

ELS ACERS DE CONSTRUCCIÓ I LA NITRURACIÓ DELS ACERS ¹

Es sabut que el ferro és un dels minerals més antigament coneguts. De fet, és, també, un dels elements que més abunden en la Natura; s'el troba per tot: barrejat amb l'alúmina forma les argiles; en les pedres, en les plantes i en l'home.

Del punt de vista industrial, el ferro pur té, avui, poca importància, vistes les seves escasses aplicacions. En canvi, les seves al·ligacions, o aquelles mescles on el ferro forma el suport, tenen una importància primordial.

Podem dir que, pràcticament, fou Catalunya la qui donà una norma molt particular a la producció del ferro. Les fargues catalanes, escampades arreu de la nostra terra, produïen un metall elàstic, dúctil, homogeni i verament apreciat. Desgraciadament, avui el procediment català, si bé és molt usat, poques vegades porta aquest nom. Arreu del món és conegut per "ferro de Suècia", el metall que produeix aquest país seguint els mateixos procediments que els nostres besavis empraven, això és: la fusió del ferro amb carbó de llenya, mitjançant el qual procediment s'evita la introducció en el metall del sofre i del fòsfor, que són els dos enemics més grans de la seva resistència.

No farem ací la història del ferro, car essent un dels metalls que l'antigor ja ha utilitzat amb més profit, la seva tècnica és tan interessant com intensa i no fóra possible en aquestes ratlles donar tots els detalls de la tecnologia.

* * *

Hem dit que les al·ligacions del ferro són les més emprades. La primera, la que quasi no pot evitar-se, degut, precisament, al procés mateix de fabricació, és l'al·ligació ferro-carboni, a la qual, sempre que el tant per cent de carboni no sigui superior a 2 %, es dona el nom general d'acer.

La presència del carboni en l'acer té la particularitat molt apreciable d'augmentar la resistència del metall i això proporcionalment al percen-

¹ Conferència donada a la "Societat de Química de Catalunya", el dia 25 de març de 1930.

tatge de carboni. Però, per altra banda, a mesura que augmenta aquest metal·loide, el metall esdevé més fràgil i menys dúctil.

Hom ha observat, també, que en refredar bruscament un acer portat a alta temperatura, la seva resistència augmenta considerablement. L'acer té, doncs, la qualitat d'ésser trempable, sempre que el tant per cent de carboni sigui superior a 0,2 %; la temperatura a la qual cal portar el metall per a assolir un bon tremp, depèn del seu contingut en carboni. Segons ens mostra el gràfic núm. 1, a menor contingut de carboni més

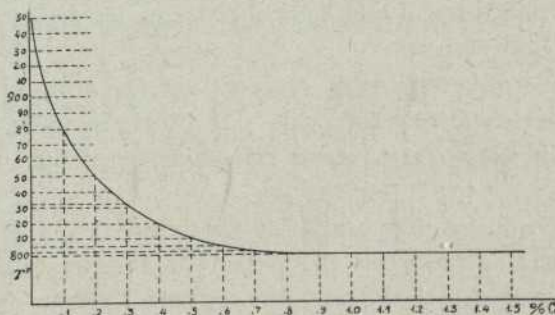


Fig. 1

alta serà la temperatura de tremp, essent pràcticament ineficaç, per als acers de menys de 0,2 % de carboni, de portar-los a temperatures superiors a 900° C.

Si comparem la resistència de diferents acers, veurem que poden ésser classificats de la manera següent:

| | | | | |
|-----|-----------------|--------------------------------|---------------|----------------------------|
| 1.º | Acer extra dolç | menys de 40 Kg/mm ² | 0.1 a 0.2 C % | 0.3 a 0.2 Mn % |
| 2.º | » dolç | de 40 a 50 » | 0.2 a 0.4 » | 0.4 a 0.15 » |
| 3.º | » mig dur | de 50 a 60 » | 0.4 a 0.6 » | 0.8 a 0.5 » |
| 4.º | » dur | de 60 a 70 » | 0.6 a 0.8 » | 0.6 a 0.1 » |
| 5.º | » molt dur | de 70 a 80 » | 0.7 a 1 » | 0.5 a 0.01 » |
| 6.º | » extra dur | més de 87 » | 1.0 a 1.2 » | Traces de Mn de Cr i de W. |

Una de les al·ligacions que té més importància i que és la que dona "duresa", és la que en metal·lografia s'anomena "cementita"; correspon a la fórmula Fe_3C amb 0,83 de carboni.

Un punt molt important en l'estudi dels acers, és la determinació dels punts de transformació d'aquest metall a determinades temperatures.

És sabut que si comparem els temps d'escalfament o de refredament d'un cos amb la seva temperatura, es pot dibuixar una corba que ens

donarà la variació entre les temperatures T_1 i T_2 en funció dels temps. La corba ideal fora la representada en *a* (fig. 2); però en els metalls, que és el que ens interessa, en passar de l'estat de fusió al sòlid, hi ha un punt en què el producte es manté a temperatura constant (corba *b*) i on, àdhuc, es pot observar un augment de temperatura (corba *c*); és la sobre-fusió.

Els qui més han impulsat aquests estudis, són OSMAND i ROOZEBOOM, els quals donaren a aquestes corbes formes diferencials. Generalment, però, el que s'estudia és la temperatura del cos en funció de la dilatació (dilatòmetres) o les temperatures en funció del temps.

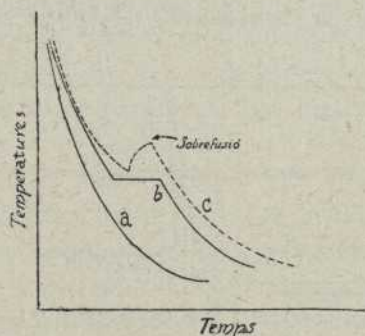


Fig. 2

- a) corba sense canvis d'estat;
b) corba amb canvi d'estat;
c) corba amb sobre-fusió

En principi, si mesurem per mitjà de dos termo-elements les temperatures de dos cossos—un sense punts de transformació i l'altre objecte de l'estudi— i fem que la variació de corrent sigui indicada per un galvanòmetre combinat, il·luminat per un raig de llum, podrem tenir la imatge del doble moviment sobre una placa fotogràfica. La figura 3 dóna un gràfic d'aquesta mena.

Les puntes *Ac* i *Ar*, són els punts de transformació, dels quals *Ac* correspon a l'escalfament i *Ar* al refredament. Aquests són els punts crítics de l'acer i de llur posició relativa depenen les qualitats del metall. L'lur estudi ha fet avançar enormement la tècnica dels acers.

GRENET ha utilitzat la propietat dels punts crítics per a classificar els acers en quatre categories:

a) Acers amb punt crític de refredament que gairebé coincideix amb el punt crític d'escalfament. A aquesta categoria corresponen els acers al carboni i la majoria dels acers de construcció.

L'àrea compresa entre *Ac* i *Ar* porta el nom d'*histèresi*. GRENET comprèn en aquest primer grup els acers d'*histèresi* inferior a 150° C.

b) Acers que en ésser refredats *molt lentament* tenen els punts crítics quasi coincidents; però que en refredar-els *lentament* presenten una gran histèresi. Són d'aquesta categoria els acers anomenats ràpids.

S'anomena *refredament molt lent*, quan la temperatura baixa d'uns 100°C en 30 minuts, i *refredament lent*, quan el descens és d'uns 100°C en 10 minuts.

c) En la tercera categoria, hi han els acers de punts crítics molt distanciat l'un de l'altre, àdhuc quan el refredament és molt lent. Pertanyen a aquest grup, els acers crom-níquel, de composició.

$$\text{Cr} = 1 \text{ a } 2 \%; \text{Ni} = 3.5 \text{ a } 6 \%; \text{C} = 0.5 \%$$

Aquests acers tenen la particularitat d'adquirir tremp, àdhuc quan se'ls

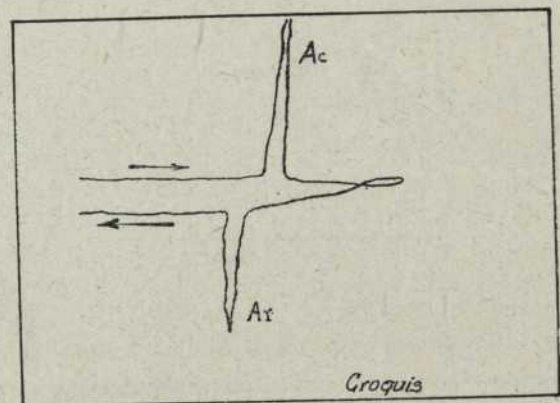


Fig. 3

refreda molt lentament, si la temperatura ha arribat per sobre del punt crític A_c i, finalment,

d) Els acers el punt crític de refredament dels quals està per sota de la temperatura ambient.

Així com en la història de la humanitat hom ha dividit el temps en èpoques: edat de la pedra tallada, edat del ferro, etc., jo em permetria dividir la civilització dels segles XIX i XX en tres èpoques:

- a) Època del ferro pesat,
- b) Època dels acers especials,
- c) Època dels aliatges lleugers.

El primer període comprèn la segona meitat del segle XIX, puix fou aleshores quan començaren les grans construccions metàl·liques a base d'acer al carboni: vaixells, navilis de guerra, locomotrius i els primers generadors

elèctrics. Totes aquestes construccions són feixugues, car la resistència del metall és baixa: de 25 a 35 Kg/mm².

Vers 1860, MUSQUET patentà una al·ligació de ferro-tungstèn que és la primera aplicació que hom coneix d'acers especials per a treballar els metalls. Vers 1875, comencen ja a produir-se acers al crom; són acers al carboni, als quals hom afegeix quantitats creixents de Cr, destinats als usos de la guerra. Hom arriba, així, a produir acers al 2 % de Cr, per a cuirasses i altres enginys. En 1897, GUILLAUME va presentar el seu treball sobre el desplaçament dels punts crítics de l'acer amb percentatges creixents de Ni fins a 25 %.

El segle xx ens dona els acers especials. Ràpidament apareixen, un darrera l'altre, acers nous de característiques insospitades: acers al crom-níquel, acers al crom-níquel-vanadi, al crom-níquel-tungstèn, al cobalt, al silici, etc. Aquesta és l'època més activa de la ciència metallúrgica; els dubtes d'ahir són realitzats avui; les teories més fantàstiques són substituïdes per les realitats; l'home s'ha llançat a Europa, Amèrica i Japó a una activitat industrial febril; viu a cent per hora. Deu anys són ben poca cosa en la història de la humanitat i en deu anys la indústria del ferro ha estat transformada totalment! Una fita d'aquest moviment ascensional és la introducció, per HEROULT i GIROD, del forn elèctric, gràcies a la qual esdevingué possible la fabricació metòdica dels acers especials; l'alumini neixia en la indústria i àdhuc hom venia aquest metall per sota del preu de cost, per tal de sostenir la concurrència que ja s'iniciava.

És trist haver de reconèixer que el més gran avenç de la indústria metallúrgica ha estat realitzat durant el període més cruel i més sanguinari de la humanitat. Del 1914 al 1918, mentre els governs que regien els països que anaven a la capdavantera de la civilització dirigien totes llurs activitats i energies a destruir, en els laboratoris es treballava silenciosament i febrilment per a crear. Crear per a suplantar els homes que, assassinats en gran escala, queien en els famosos camps de l'honor, on es ventilava la supremàcia d'uns quants capitalistes, el domini d'uns mercats o les estúpides ambicions d'uns quants polítics. És en aquest període vergonyós de la humanitat que neixen els aluminis especials al coure, al magnesi, al silici, que l'aviació, de guerra ahir, comercial avui, devora en grans quantitats. És, també, d'aquest trist període, la solució del problema del ferro-colat acerat per a obusos, produït actualment en xifres extraordinàries.

Barcelona, sempre de cara a Europa, entrà a la lluita en el sentit de produir tot allò que la seva organització industrial li permetia, creant, manta vegada del no res, indústries noves.

* * *

Hem dit que la resistència del ferro era d'uns 25 Kg/mm² i que a mesura que augmenta el percentatge de carboni augmenta, també, la resistència de l'acer, però disminueixen les seves elasticitat i ductilitat. D'altra banda, la indústria de l'automòbil ha posat de manifest una sèrie d'efectes que hom desconeixia o als quals no era atribuït llur valor just. Ens referim a la fatiga dels metalls per vibració i a la ruptura per xoc.

La teoria del xoc és, avui, encara poc coneguda. Malgrat això, l'automòbil i l'aviació han creat enginyers que estan sotmesos a un seguit de xocs més o menys elevats en força, però molt repetits i a l'acció dels quals la tècnica ha hagut de posar remei. Hom ha observat que un metall sotmès a una sèrie de vibracions, sense depassar el límit elàstic, arriba a trencar-se. La fibra del metall es transforma de fibrosa a cristal·lina i, naturalment, la poca cohesió molecular fa que, al més petit cop, la peça es trenqui. És per aquesta causa que s'explica la ruptura, sense l'existència d'un esforç exagerat, de peces de secció degudament calculada. Aquesta transformació molecular es fa sentir molt clarament en els acers al carboni.

Un metall (acer ja que dels acers parlem) recuit—és a dir, sotmès a una temperatura superior al punt crític *Ac* (excepte per als acers de la quarta categoria com ja hem explicat) i deixat refredar lentament—adopta una estructura molecular en forma d'uns petits cristalls molt apretats l'un amb l'altre. Però si la temperatura de tractament és molt superior al punt crític *Ac* i si, a l'ensens, la durada d'escalfament és molt llarga, els cristalls augmenten de tamany i l'estructura és, cada vegada, més basta. En aquest estat, llur resistència disminueix i és per això que, generalment, no es depassa la temperatura crítica en més de 25° o 30° C, durant el temps d'escalfament estrictament necessari perquè la temperatura arribi al cor de la peça. Així, per exemple, una peça de 30 cm de gruix requerirà dues hores a 950°C.

En aquestes condicions, l'acer adquireix un estat que podríem dir normal; és dúctil, permet un gran allargament i la resistència és regular en tota la peça. Ara bé, si aquesta és sotmesa a vibracions contínues, els cristalls de la seva estructura van modificant-se com si es separessin els uns dels altres i la peça esdevé molt fràgil, tant, que un xoc molt inferior al que pot rebre normalment pot trencar-la. CHARPY descobrí que un acer polit ratllat per una punta fina (llima o diamant) presenta una secció fràgil, per la qual es trencarà la peça si rep un cop en sentit oposat a la secció ratllada.

Aquesta fragilitat dels acers i llur aplicació creixent en l'automòbil i en l'aviació, amb dimensions cada vegada més reduïdes, han fet necessari i indispensable el control dels acers de construcció. Aquest control, avui ab-

solutament indispensable en una manufactura que tingui pretensions d'ésser moderna, s'efectua mitjançant diferents aparells, un dels quals, universalment adoptat, és el *pèndol de CHARPY*.

Tal com mostra la figura 4, el pèndol de CHARPY és una massa d'acer collada a l'extremitat d'un braç de palanca, que pot oscillar. Si el deixem

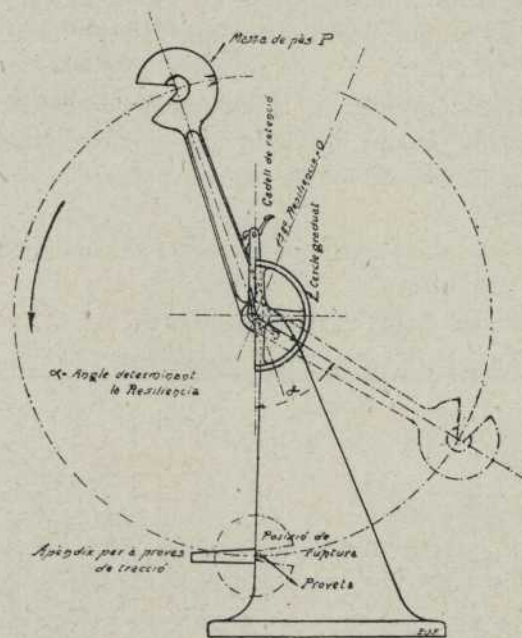


Fig 4

caure des del punt superior, la força viva farà remuntar el pèndol d'un cert angle, per la part oposada (generalment de 155° a 160°). Però si en la part superior corresponent a la vertical posem una proveta d'acer de 55 mm de llargada i de 10 per 10 mm de secció, amb una entalla feta amb una broca de 2 mm, tangent a una de les cares, el pèndol, en caure, trobarà una determinada resistència a trencar la proveta; li restarà, però, una certa força viva amb la qual es remuntarà d'un angle determinat vers la part oposada. Aquest angle és el que mesura la força viva que reté el pèndol i dóna, amb les taules de la conversió, la mesura de la *resiliència*, inversa de la *fragilitat*.

En els acers al carboni recuits, la *resiliència* és elevadíssima; en els acers al carboni trempats és quasi nul·la. Ací entren en joc els acers especials de construcció, car si una peça de molta resiliència no té resistència, caldrà adoptar mesures prohibitives per a determinades construccions.

Prenguem un exemple. Hom construeix avui cigonyals per a motors de 500 CV, els quals no pesen més de 8 a 22 Kg. El mateix cigonyal construït d'acer al carboni, hauria de pesar, per tal de reunir les mateixes característiques de seguretat, uns 200 Kg. (No hem d'oblidar que la velocitat normal amb què giren els actuals motors d'aviació, és de 1500 a 2000 voltes per minut, la qual cosa representa un gran seguit de cops repetits a cada explosió). Heus ací perquè dèiem abans que el segle XIX és el segle del ferro pesat.

Aquests resultats magnífics en la utilització dels acers de construcció han permès construir motors d'aviació que, complets—amb carburadors, magnetos, bombes d'essència, fils de bugia i boixa d'hèlix—no pesen més de 750 gr per CV.

Els acers de construcció emprats en avions i automòbils, poden dividir-se en quatre categories:

- 1.^a Acers al crom-níquel de tractament (0,35 % C).
 - 2.^a Acers al níquel, al crom o al crom-níquel de cementació (0,15 a 0,2 % C).
 - 3.^a Acers d'auto-tremp (0,5 % C).
- i des de fa poc ;
- 4.^a Acers de nitruració.

Els primers, la composició dels quals oscilla sobre un promig de 0,3 C, 0,7 Cr, 2,5 Ni, 0,4 a 0,5 Mn, tenen excel·lents característiques mecàniques. Resistència: 90 a 100 Kg/mm². Allargament: 18 %; Resiliència: 122 Kg/cm².

L'estructura d'aquests acers està formada d'uns grans molt fins que, naturalment, augmenten la cohesió i, per tant, la resistència a la ruptura; però la presència del níquel els dóna la gran *resiliència* que presenten i un notable allargament (fins a 24 % per a alguns acers fins).

Si estudiem el funcionament d'un automòbil de manera pràctica, això és, en carretera, veurem que l'eix de les rodes del darrera està sotmès a una vibració constant, la qual cal sumar a l'esforç de tracció normal. Això fa que els acers al carboni i els acers al crom-níquel amb poca quantitat d'aquests metalls cristallitzin fàcilment, la qual cosa origina la ruptura dels eixos sense que hi hagi causa aparent ni falla en la qualitat de l'acer ni, per tant, culpa del constructor. L'ur ruptura es presenta irisada, com feta a tall de ganivet; hom no veu cristallització en la part trencada ni esforç de torsió exagerat. L'eix de davant, l'eix d'unió entre rodes i les maniveles de direcció són, també, sotmesos a vibracions enormes; d'ací que, en aquest cas, la seguretat contra la ruptura hagi d'ésser absoluta, la qual cosa mena

a utilitzar únicament els acers al níquel o al crom-níquel amb elevat percentatge de Ni.

El cigonyal i les bieles del motor estan sotmesos, a més d'esforços normals de torsió, a cops repetits deguts a les explosions dins del cilindre. Ací tenim, doncs, una nova aplicació obligada dels acers al crom-níquel. En aviació, hom utilitza acers al crom-níquel-molibdèn, car en aquests motors convé donar alta resistència al metall per a reduir el pes i tenir, a l'ensem, una resiliència elevada (de 14 a 18 i fins 20 Kg/cm²). Hi ha, finalment, certes peces que, sense haver de transmetre grans esforços, necessiten presentar una gran resistència al desgast. En aquests casos, hom

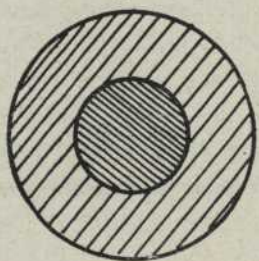


Fig. 5

emprarà els acers de 0,15 a 0,2 per 100 de C, al níquel o al crom-níquel, cementats.

Els acers al carboni queden, doncs, reduïts allà on l'esforç a transmetre sigui petit; per a la creu de cardan o bé les rodes d'engranatge, hom utilitzarà, encara, els acers especials.

En el motor d'aviació, són ben poques les peces construïdes d'acer al carboni, car llur poca resistència en el cor de la peça obliga a donar dimensions més fortes, la qual cosa fa augmentar el pes.

Hem dit, en començar, que quasi era impossible d'obtenir acers sense carboni. Això és degut a la propietat que té el ferro de dissoldre aquest element. Aquest fet es pot demostrar fàcilment: en una barra d'acer de 1,8 % de carboni, per exemple, hom fa un forat al centre (fig. 5) i aquest forat es tapa amb una altra barra amb 0,15 % carboni. Es posa la peça en un forn de mufla a 850° o 900° C i, després de refredar-se, hom troba que l'acer de 0,15 % de carboni ha augmentat aquest tant per cent a la superfície, mentre que l'acer a 1,8 % n'ha perdut al voltant del forat. Hi ha hagut, doncs, cessió de carboni de l'acer exterior i absorció de l'acer interior i això d'una manera difosa. Aquesta penetració del carboni en l'acer depèn de la temperatura i, sobretot, del temps d'escalfament.

Això ens permetrà d'obtenir acers d'alt contingut de carboni en la superfície i, per tant, de gran duresa de tremp, en els quals el cor tindrà una gran *resiliència*. Una peça degudament cementada és, pràcticament, indèstgastable. Per a cementar un acer, cal, doncs, sotmetre la peça a alta temperatura durant un cert temps, que dependrà de la profunditat de cementació que hom vol assolir, en una atmosfera de carboni.

Les matèries que hom utilitza com a cements són de molt variada qualitat: hom pot emprar els hidrocarburs, l'òxid de carboni o altres matèries sòlides. Pràcticament, hom utilitza una barreja de 70-75 % de carbó de llenya i 25 ó 30 % de carbonat de bari.

Si es tracta d'una peça de dimensions reduïdes o, en un cas d'urgència, hom pot utilitzar el cianur, que dona una cementació molt ràpida. Les peces preparades i deixades a una mida poc més de la definitiva, són posades dintre caixes de ferro, que puguin resistir fàcilment 1000° C i es posen totalment voltades de cement. Totes les obertures són tapades amb argila grassa a fi d'impedir l'entrada d'aire que cremaria el carbó inútilment. Hom comprèn, fàcilment, que la producció de carboni debilita el poder cementador del carbó de llenya i, per tant, aquest s'haurà de renovar de tant en tant.

La cementació és coneguda des de molt antic. Hom recorda que en el segle xv un frare tractava les limes amb restes de cuiro i els donava gran duresa superficial.

En la construcció de l'automòbil i en aviació, la cementació és una de les operacions més delicades, ja que les peces de formes complicades i quasi sempre amb forats i angles vius, són sotmeses a una sèrie de tensions internes que poden provocar llur ruptura durant el tremp o, allò que és pitjor, iniciar una ruptura invisible que provocarà la ruptura ulterior de la peça en marxa o al magatzem.

D'altra part, l'alta temperatura a què està sotmesa la peça (850° a 950° C) durant moltes hores (de 4 a 10) fa que el metall surti de la cementació en un estat cristal·lí absolutament inadequat a ésser utilitzat i això obliga a donar a les peces un doble tractament: el revingut.

Generalment, les peces cementades seran deixades refredar dintre de la mateixa caixa o en aire tranquil, i quan arriben a uns 200° C, es tornen al forn deixant-les pujar lentament fins a uns 650° C. Ràpidament es porten a 850° C, i segons la classe d'acer, es trenpen en l'oli o en l'aigua. Un cop fredes, es tornen a escalfar per a eliminar les tensions degudes al tremp i s'escalfen aleshores a uns 750° o 800° C, refredant-les en l'aigua o en l'oli, segons l'acer. D'aquest doble tractament, la peça en surt molt forta a la part cementada i no gens fràgil al cor.

La penetració de cementació és d'uns $3/4$ de mm per a cada 4 hores d'estar a alta temperatura. Heus ací alguns tractaments:

Acer 3 % Ni: $R=90$ Kg/mm² sota de la capa cementada:

Primer tremp a 900° C en l'oli.

Segon tremp a 800° C en l'oli.

Aquest acer serveix per a eixos de pistó, rodes dentades, eixos d'articulació, eixos d'excèntriques, etc.

Acer de 1,2 % Cr i 3,5 % Ni; $R=130$ Kg/mm².

Primer tremp a 900° en l'oli.

Segon tremp a 800° en l'oli.

Amb aquests acers, hom pot, en rigor, donar un sol tremp a 800° en l'oli.

Acer crom-níquel-molibdèn (d'auto-tremp); $R=140$ a 180 Kg/mm². Generalment, els acers d'autotremp no es cementen. L'ur tremp es farà a 850° C en l'oli o en l'aire.

Acers de construcció: 0,3 % C; 0,6 Cr; 2,5 Ni. No es cementen. Tractats a $830-850^{\circ}$ C en l'oli; es revenen a temperatura que pot variar entre 450° a 600° , per tal de deixar la peça a una resistència de 75 a 90 Kg/mm².

Totes les peces cementades haurien d'ésser sotmeses, a més, a un revingut de 150° a 200° abans de tornar-les al taller, per tal d'eliminar totalment les tensions degudes al tremp.

Del que procedeix, queda clara la necessitat de vigilar la fabricació de les peces destinades a serveis tan delicats com són el motor modern d'automòbil i d'aviació. La cementació, pel procés que acabem d'indicar en línies generals, té, però, el greu inconvenient d'ésser lenta; a més, del fet de sotmetre les peces molt temps a alta temperatura, aquestes són deformades, en quantitats sovint, exagerades.

Avui, la cementació passa a segon terme, car els acers especials descoberts aquests últims anys, permeten de donar-los una duresa considerable, inatacable a la lima, que ratllen el vidre i el quars, sense sotmetre'ls a altes temperatures. Aquest procediment és la *nitruració*.

Des de fa ja molts anys, se sap que el ferro dissol el nitrogen. Un ferro o acer sotmès a la temperatura de 600° a 800° C en una atmosfera productora de nitrogen—d'amoniac per exemple—absorbeix aquell element.

L'acer així tractat té una superfície molt dura, però s'esquerda i és molt trencadís. Aquest procediment, no té cap utilitat pràctica. Però gràcies als treballs dels Dr. Adolf Fry, enginyer en cap del Laboratori de

la Krupp a Essen, la nitruració dels acers ha entrat en la pràctica i avui no hi ha cap indústria que no pugui beneficiar-se de la utilització dels acers nitrurats, ni tampoc hi ha cap manufactura d'esperit modern que no disposi, almenys, d'un forn per a nitrurar.



Fig. 6
ADOLF FRY

FRY va descobrir que determinats acers, tractats a certa temperatura, tenen la propietat d'absorbir el nitrogen; llur superfície adquireix, aleshores, una duresa extraordinària i això sense deformat la peça nitrurada ni produir esquerdes en llur superfície. Els treballs de FRY a Alemanya, AUBERT a França, C. R. EVERITT a Anglaterra, HORACE H. LESTER, RINZEL, SERGESON, WALSTED i HARDEN als EE. UU. han fet entrar la nitruració dels acers en la pràctica de la tècnica moderna.

Per a procedir a la nitruració, les peces acabades i netes es posen en una caixa que pugui aguantar l'alta temperatura i que sigui indiferent a l'acció del nitrogen; s'escalfen entre 510° i 520° C, aproximadament, mentre circula

un corrent d'amoniac per la caixa. Segons la penetració de nitruració que hom vol obtenir, les peces estaran al forn de 5 a 90 hores. Després, es deixen refredar dintre mateix de la caixa i quan són fredes, ja poden ésser utilitzades. Moltes vegades, les peces nitrurades agafen un color blau irisat o gris, que desapareix fregant-les amb tela d'esmeril.

Hom no pot mesurar directament la duresa de la capa nitrurada amb l'aparell de BRINELL, car la pressió de 3.000 Kg aixafa la bola de 10 mm, i la impressió dona lloc a errors. S'utilitza la impressió per diamant, amb la màquina de WICKERS, de FIRTH o de ROCKWELL.

L'angle que fa la punta del diamant és de 120° i el pes que aquest cos suporta per a fer la impressió, és de 150 Kg, o 100 Kg per a metalls tendres.

La penetració del diamant és tan petita, que permet de verificar la duresa de la capa cementada, però en el cas de nitrurar, aquesta penetració pot arribar a ésser ja exagerada. Per a evitar-ho, es talla la peça nitrurada de biaix i d'aquesta manera les dureses es verifiquen sobre una llargada molt més important i sense atènyer les capes tendres o no nitrurades.

La duresa d'un acer nitrurat, mesurat en números BRINELL, és de 950 a 1.100. La penetració del diamant amb l'aparell de FIRTH, és de 0,03 mm amb 1.000 Firths i de 0,043 amb 500 Firths.

Això vol dir que, pràcticament, l'error degut a les capes inferiors no nitrurades, no té cap importància.

Si comparem les resistències dels acers de tractament, amb la capa nitrurada d'un acer especial, veurem que la duresa d'aquest és de 250 a 300 unitats més elevada que la d'un acer de composició

$$C=0,16 \quad Cr=1 \quad Ni=4,25$$

i és de 250 unitats més elevada que un acer de composició

$$C=0,7 \quad Cr=4 \quad W=18,0 \quad Va=1$$

Aquestes dureses corresponen a una profunditat d'impressió de 0,5 a 0,75 mm.

Hom podria suposar, després del que ha ensenyat la pràctica de la cementació, que amb aquestes dureses la capa nitrurada saltarà en esquitlles. En la realitat, però, això no succeeix. La penetració de la nitruració és tan real i tan suau, que aquest defecte no es presenta en els acers ben nitrurats, car no hi ha cap solució de continuïtat, com tan sovint esdevé en els acers cementats. D'altra part, si bé és possible portar la nitruració a una profunditat més gran, no hi ha cap interès a arribar a profunditats superiors a 0,8 mm. La penetració depèn, només, del nombre d'hores que la peça estigui al forn a alta temperatura, en contacte amb l'amoniac. Un

altre avantatge de la nitruració és que la capa nitrurada no perd la seva duresa, encara que la peça sigui sotmesa a revinguts que s'acostin als 500° C, mentre que un acer de tractament comença a perdre duresa a partir ja de 200° C.

La capa nitrurada és inatacable per l'aire humit, les barreges d'aire i vapor, l'àcid clorhídric a 10 %, la suor de les mans, el clorur de ferro a 5 % i la grassa líquida. Hom s'adona, tot seguit, de la gran importància dels acers nitrurats i del avantatges d'aplicació industrial, dels qual hom no sap veure, ara, cap límit.

Els acers nitrurats no necessiten cap tractament tèrmic després de la nitruració, al revés de tots els acers de tractament que, un cop trempats, necessiten un revingut per a anular les tensions de tremp.

Gràcies al tractament tèrmic fet a baixa temperatura, hom pot assegurar que no hi haurà cap deformació de la peça tractada, a condició que aquesta hagi tingut abans de l'acabat els tractaments de normalització que demanen tots els acers especials i que, en el cas dels acers nitrurats, hom ha de portar amb tota la deguda atenció, donat que, un cop tractada una peça, no podrà ésser adreçada, sense risc d'esquerdar la capa nitrurada.

D'altra part, hom ha observat que l'acer nitrurat no es modifica després de tractat, encara que hom el deixi molt de temps al magatzem; aquesta qualitat té una gran importància en els aparells científics i de mesura, on la seguretat de la invariabilitat de les peces és absolutament necessària.

Una qualitat molt interessant és l'observada als Laboratoris de Krupp.

Una barreta nitrurada fou sotmesa a la prova de cops repetits tot voltant la proveta. Amb els acers de construcció, hom observa grans variacions en el nombre de cops que suporten les provetes d'un mateix acer tractat de la mateixa manera. En canvi, en l'acer nitrurat, hom arriba a xifres verament extraordinàries i això dintre una uniformitat molt gran. Les provetes estudiades reberen 14.000.000 de cops sense trencar-se. És la xifra més alta obtinguda en aquesta classe de proves. La resistència a la vibració, podem dir també que és verament notable.

En quant a l'aplicació de l'acer nitrurat, ja hem dit que té un camp d'utilització sense límits. Heus ací uns quants exemples:

Plats de fricció (embragatges d'automòbil), cilindres d'auto i d'aviació, eixos d'excèntriques, cigonyals, cardans, rodes dentades, bieles, calibres, bombes, eixos de filatura, guies de vàlvules, cilindres de gravar, politxes d'ascensors, peces de màquines d'escriure, distribució i bieles de locomotrius, màquines de fer punt, panys, tambors per a films, vis-sens-fi, etc. etc.

PRACTICA DE LA NITRURACIÓ

Amb els acers de construcció, hom pot, en rigor, donar el tremp i revingut, a les peces de forja o d'estampa.

Amb els acers de nitruració, aquesta pràctica no és permesa. L'acer, un cop forjat, haurà d'ésser treballat a totes les dimensions que hauran d'ésser ulteriorment nitrurades.

Aquest treball és molt important, ja que serà necessari treure de 2 a 3 mil·límetres de material, a fi de deixar a la superfície material absolutament sà. Els acers de nitruració són acers especials i, en ésser sotmesos a l'alta temperatura de forja o d'estampa, es cremen fàcilment a llur superfície,

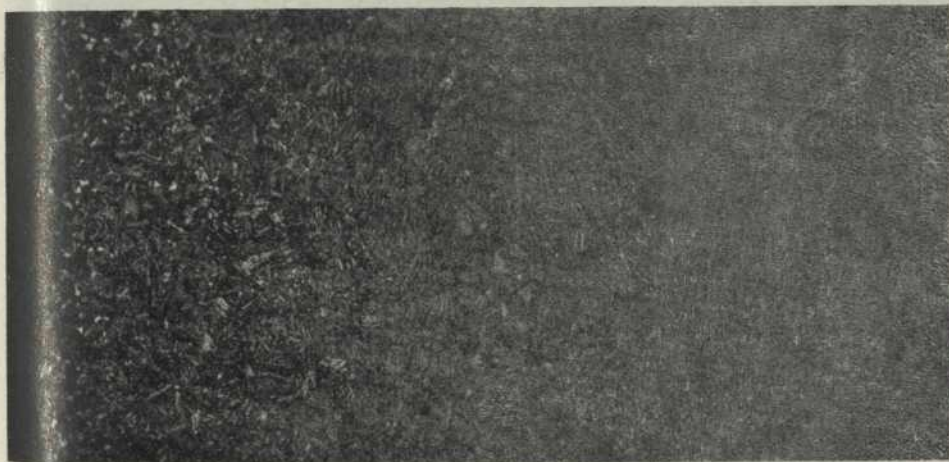


Fig. 7
Textura d'una proveta nitrurada

en una profunditat que pot arribar a 2 mm segons el temps de la calda i la temperatura d'aquesta.

Sense aquesta precaució, la nitruració fóra desigual i fràgil.

D'altra banda, cal nitrurar les peces en estat absolutament neutre, és a dir, sense tensions interiors que provocarien deformacions durant la nitruració. Aquest defecte, imputable solament a manca de precaució, disminuiria el valor de la nitruració.

L'acer que ha d'ésser nitrurat serà sotmès a un doble tractament. Per exemple (acer de: C = 0,46. Mn = 0,41; Cr = 1,61; Al = 1,27; Mo a 0,25):

1.º—Una peça forjada es deixarà amb 5 o 8 mm de més de la mesura final. Deixar més material fóra contraproductiu, car es dificultaria la penetració del tremp.

2.º—Trempar de 850 a 875° C en l'oli.

3.º—Revingut, segons la duresa que hom vol obtenir. Generalment de 650 a 700° C.

4.º—Acabar el treball de la peça deixant 1 mm o 0,5 mm, segons les peces, sobre les superfícies a nitrurar.

5.º—Revingut de 525° a 560° durant sis hores, deixant refredar la peça regularment i lentament.

6.º—Acabar a mesures exactes de fabricació.

7.º—Nitrurar.

8.º—Polir amb tela d'esmeril les superfícies nitrurades.

Com sigui que la nitruració augmenta el volum de les peces (2/1000 de mm o sigui 0,001 mm sobre el radi) i que aquest augment és format d'una capa poc dura, convé treure aquesta capa amb la tela d'esmeril o amb una rectificació ulterior. Però en tot, cal tenir present que no ha de rectificar-se mai un acer nitrurat més de 0,3 mm.

Una altra precaució a considerar és la supressió total dels angles vius, car degut a la gran duresa que s'obté amb la nitruració, fóra fàcil que un xoc fes saltar l'aresta nitrurada.

En una peça nitrurada, pot haver-hi parts que no convingui nitrurar, adés per a poder-les treballar després de nitrurades, adés perquè no convingui endurir-la en certes parts. Per a evitar la nitruració, hom pot cobrir la peça d'una pintura formada de silicat de sodi (vidre soluble) i pòlvors d'alumini pur o bé òxid de crom. També podrà protegir-se per mitjà d'un níquelat lleuger o bé d'un estanyat. L'estany cal que cobreixi totalment les parts que no es vulguin nitrurar i es procurarà que no quedi estany en excés a fi d'evitar que, degotant, caigui sobre superfícies que convindrà nitrurar. Les pintures tenen l'avantatge d'aplicar-se a pinzell.

Finalment, les peces a nitrurar, ho seran en forns especials, elèctrics, molt isolats exteriorment per a no radiar calor (fig. 8). D'aquesta manera, l'energia consumida és molt petita. Quan es tracta de forns petits, aquests són connectats directament als 220 volt. Un piròmetre indica la temperatura de la caixa.

L'amoniac, abans de llançar-se a l'exterior, passarà per una ampolla de vidre amb aigua i, per mitjà d'un tub de vidre cobert d'aigua (uns 8 cm d'alçada), es podrà veure la quantitat de bombolles que surten. El tub caldrà que tingui uns 10 mm de diàmetre interior i es procurarà que surtin de 50 a 70 bombolles per minut. En aquestes condicions, no és necessari preocupar-se del forn fins arribar a terme. Quan es tracta de forns de 50 o més kW, es preveu un transformador d'alta tensió a llur peu.

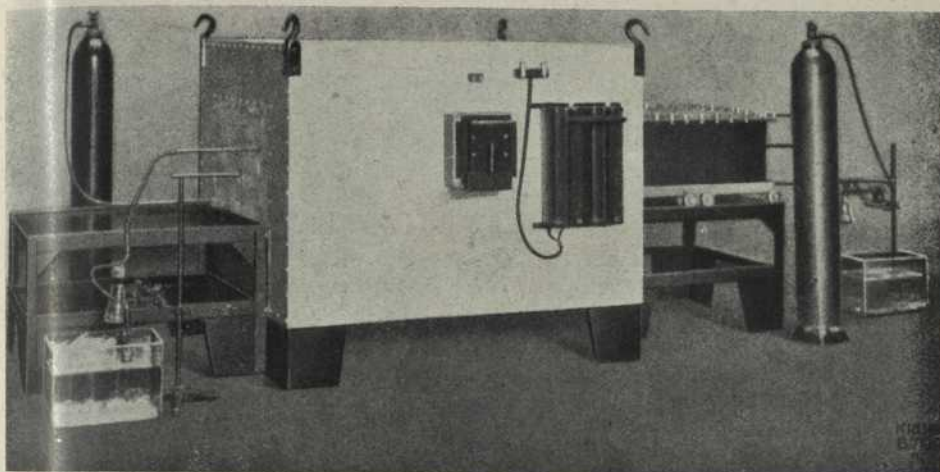


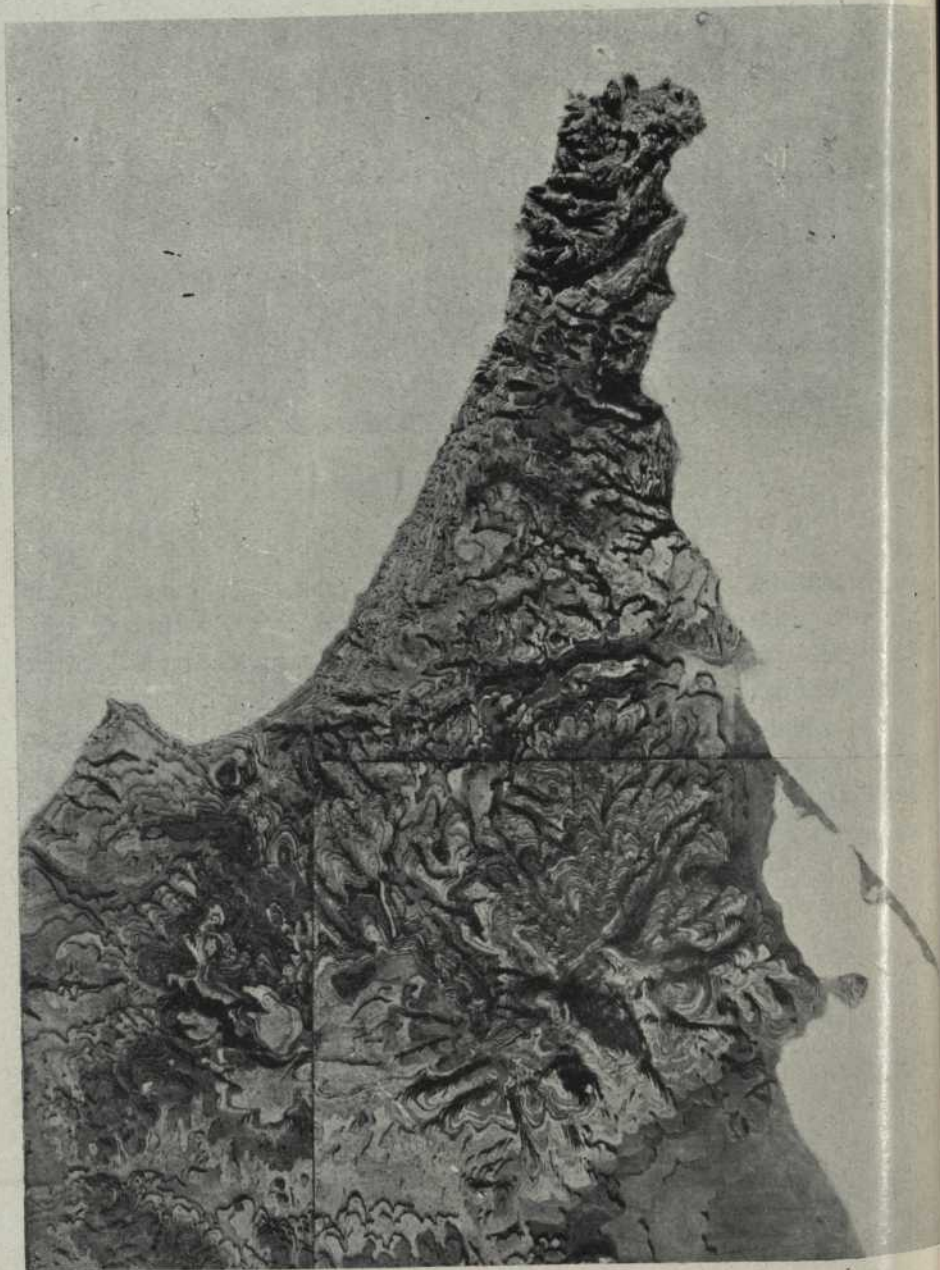
Fig 8

Forn de nitruració

Actualment, han entrat ja en pràctica els forns d'alta freqüència, car s'ha vist que la nitruració s'adapta magníficament a aquest sistema de calefacció. El consum d'aquests forns sembla que no passa de 830 kW-h per tona d'acer tractat.

Des d'aquestes pàgines m'és grat considerar un deure meu, el regradar al Dr. ADOLF FRY la gentilesa que ha tingut de trametre'm infinitat de detalls sobre la nitruració, nova pràctica que, gràcies a ell, permet d'augurar considerables avenços en la tècnica de la construcció moderna.

ENRIC J. FERRER,
Enginyer Industrial



La Península de «Tres Forcas»

NOTA SOBRE EL NEOGEN DE LA PENÍNSULA DE VIVES FORCAS

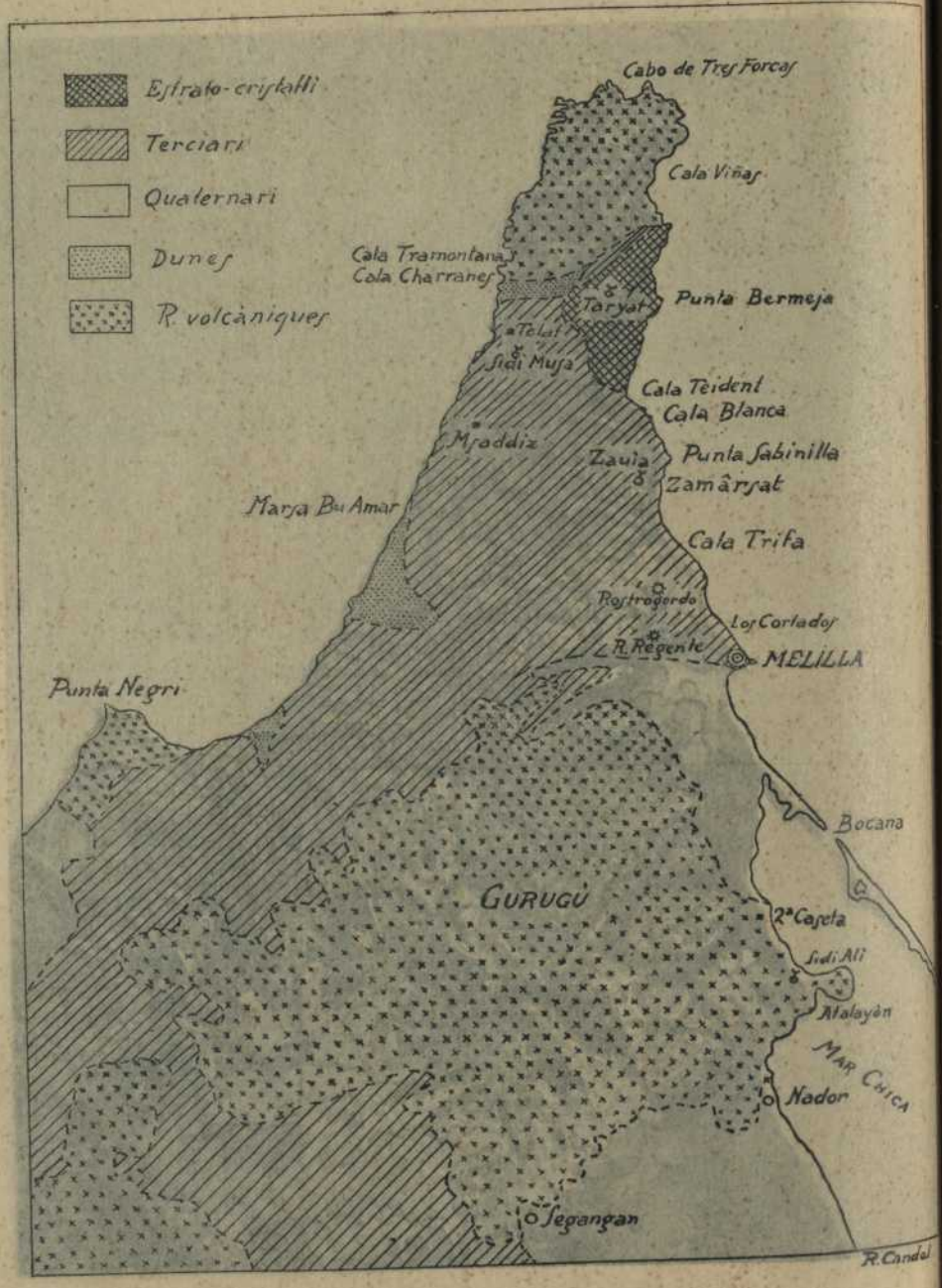
El planell de Troia, amb els seus estrats, concordants i aparentment horitzontals, és un exemple típic de la successió terciària de la Mediterrània occidental. Les formacions terciàries es troben aquí en una disposició que demostra una transgressió de l'anticlinal de NE-SW. Les formacions terciàries es troben aquí en una disposició que demostra una transgressió de l'anticlinal de NE-SW.

-  Egipte-cripalli
-  Quaternari
-  Durc
-  Terciari



Figura 1. Mapa geològica de la península de Vives Forcas, amb els seus estrats concordants i aparentment horitzontals. Les formacions terciàries es troben aquí en una disposició que demostra una transgressió de l'anticlinal de NE-SW.

Treball presentat al 54 Congrés de l'Association Française pour l'avancement des Sciences, celebrat a Alger en abril de 1930.



Península de «Tres Forcas»