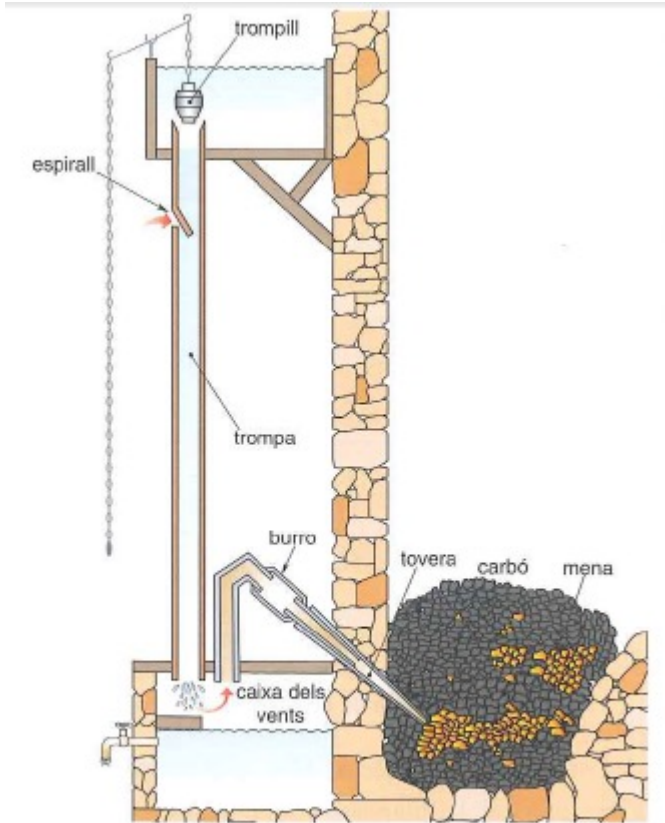


SIDERÚRGIA



. Farga catalana.



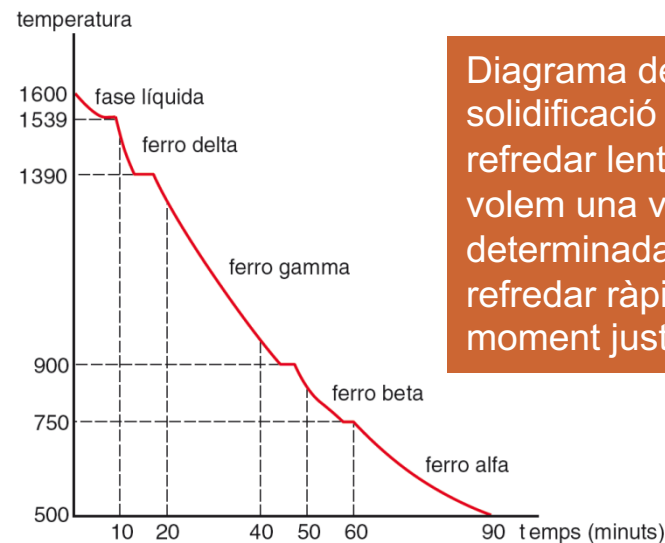
TECNOLOGIA INDUSTRIAL 2

El ferro

El **ferro pur** és l'aliatge ferro-carboni quan el contingut d'aquest últim és inferior al 0,03%. Poques aplicacions industrials (corrosiu i poca resistència) com xapes per nuclis de transformadors

Varietats
al·lotròpiques
del ferro

- alfa (α).
- beta (β).
- gama (γ).
- delta (δ).



Propietats del ferro pur:

Tf = 1539 °C ; d=7,87 gr/cm³; Dúctil, mal·leable, bon conductor i fàcil de magnetitzar

Propietats de les varietats al·lotròpiques del ferro

Varietat	Magnetisme	Solubilitat del carboni	Interval de temperatures
α (alfa)	Magnètica	Molt baixa	Fins a 750 °C
β (beta)	Poc magnètica	Molt baixa	De 750 a 900 °C
γ (gamma)	No magnètica	Alta	De 900 a 1390 °C
δ (delta)	Poc magnètica	Baixa	De 1390 a 1539 °C

Els aliatges ferro-carboni

El **ferro** estarà en alguna forma al·lotròpica i el **carboni** en forma de carboni pur, carbur de ferro, grafit, etc. Les diferents combinacions, velocitats de refredament i proporció de carboni donen fins a onze constituents diferents.

A partir de la gràfica podrem deduir les propietats del acer obtingut gràcies a les propietats dels seus constituents

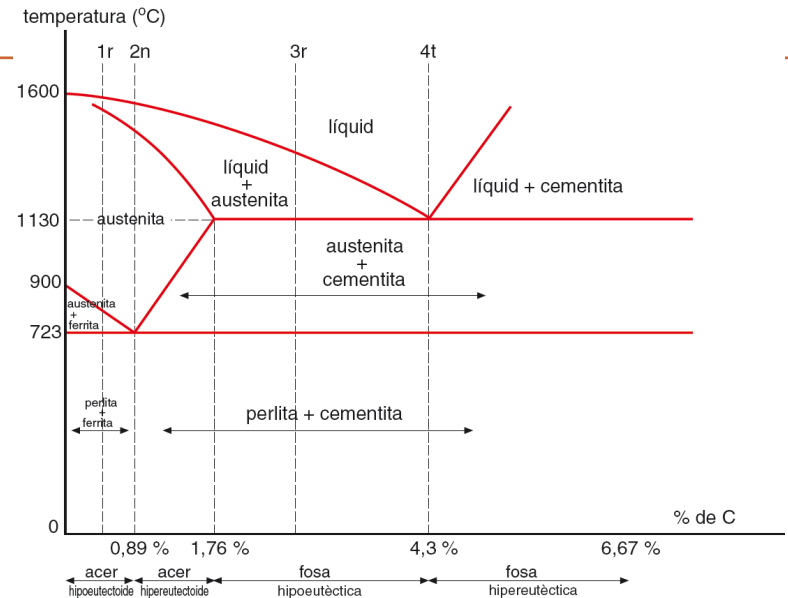


Diagrama d'equilibri ferro-carboni

Constituent	Forma del ferro	Màxim de carboni que admet (%)	Duresa (HBW)	Resistència al trencament σ_r (MPa)	Allargament ϵ (%)	Magnetisme
<i>Ferrita</i>	Ferro alfa	0,02	90	275	37	Magnètica
<i>Cementita</i>	Carbur de ferro (CFe_3)	6,67	700	Fràgil		Magnètica (fins a 220 °C)
<i>Perlita</i>	+ 86,5 % ferrita +13,5 % cementita		200	785	15	
<i>Austenita</i>	Ferro gamma	1,76	300	980	30	No magnètica
<i>Martensita</i>	Ferro alfa	0,89	de 495 a 745	de 1700 a 2500	de 2,5 a 0,5	Magnètica

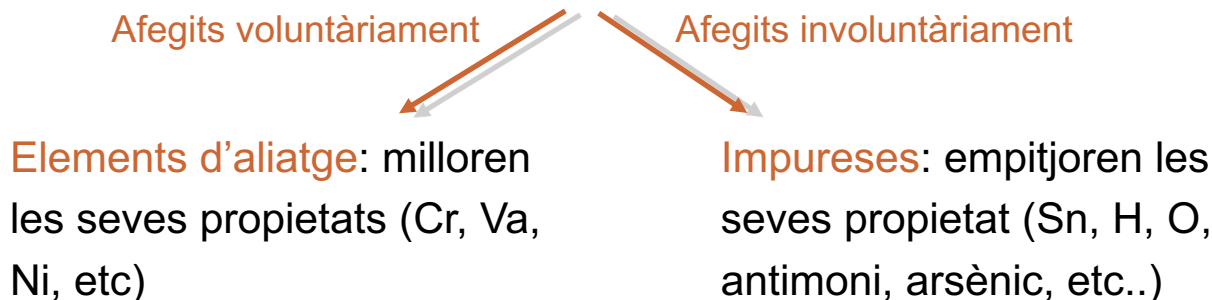
Els productes siderúrgics: acers i foses (I)

Els **acers** són els aliatges de Fe amb un contingut de C comprès entre el 0,1% i l'1,76%.
Les **foses** són els aliatges de Fe amb el contingut de C comprès entre l'1,76% i el 6,67% i, a més, contenen silici.

Aliatges ferro + carboni	Acers	No aliats (al carboni)	
		Aliats	
	Foses	Blanca	
		Grisa	Laminar
			Esferoïdal (dúctil)
			Nodular (mal·leable)

Procediments per donar forma als metalls {
▪ **Forja**: l'acer és forjable i fon a $>1400^{\circ}\text{C}$
▪ **Emmotllament**: la fosa s'emmotlla bé i fon $<1130^{\circ}\text{C}$

Altres elements que pot contenir el ferro:



Els productes siderúrgics: acers i foses (II)

Propietats i aplicacions dels acers segons el seu contingut de carboni

Contingut de carboni	% de carboni	Duresa	Resistència	Ductilitat	Tenacitat	Aplicacions
<i>Baix</i>	< 0,3	Tous	Baixa	Alta	Alta	Carrosseries d'automòbils, bigues, tubs, làmines per a envasos...
<i>Mitjà</i>	de 0,3 a 0,6	Durs	Mitjana	Mitjana	Mitjana	Rodes i carrils de trens, engranatges, cigonyals...
<i>Alt</i>	de 0,6 a 1,4	Més durs	Alta	Baixa	Baixa	Eines de tall, molles, matrius i motlles...

Per % baixos de C, són acers barats, soldables, i fàcils de mecanitzar amb torn, fresa, trepant, etc. Amb % mitjos o alts, tenen aplicacions de gran resistència mecànica

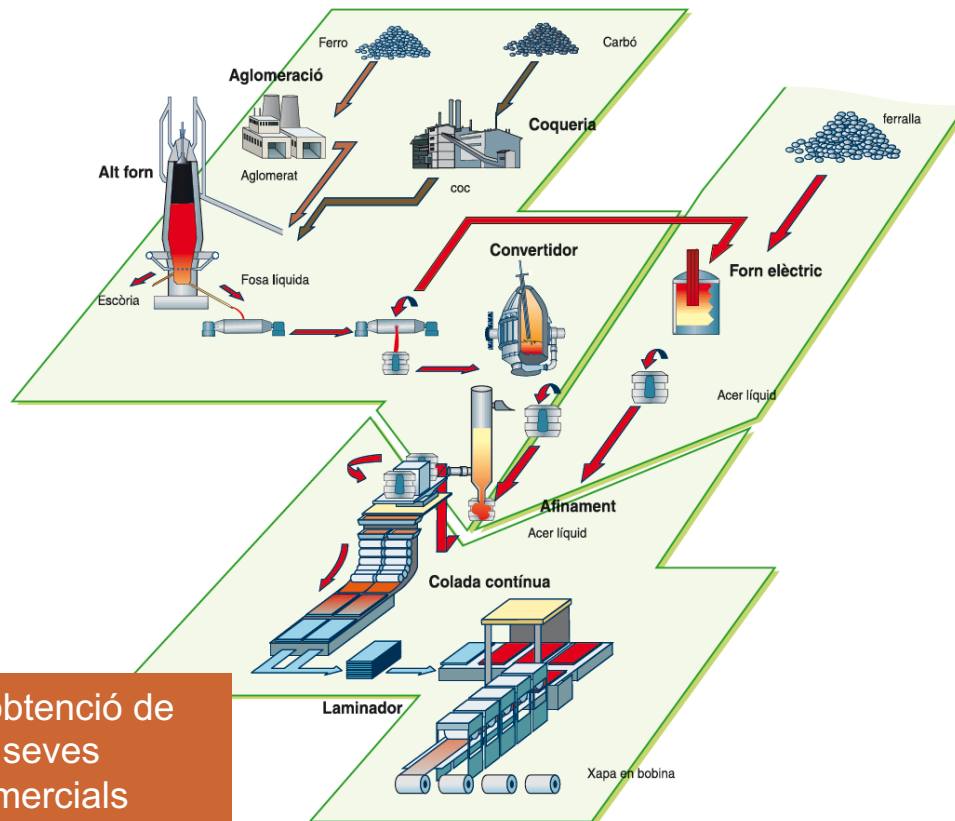
Propietats i aplicacions dels diferents tipus de foses

Tipus de fosa	Propietats	Aplicacions
<i>Blanca</i>	Molt fràgil, molt dura i molt resistent al desgast. No es pot mecanitzar i no té ductilitat. Es forma quan es produeix un refredament ràpid.	Cilindres dels trens de laminatge de l'acer.
<i>Grisa laminar</i>	Fràgil, poc resistent a la tracció però molt resistent a la compressió. Molt resistent al desgast. Bon esmorteïment de les vibracions. Molt barata.	Bancades i estructures de màquines.
<i>Grisa mal·leable (nodular)</i>	Resistent, dúctil i mal·leable.	
<i>Grisa dúctil (esferoïdal)</i>	Resistent, més dúctil. Propietats que s'acosten a les de l'acer.	Vàlvules, cossos de bombes, cigonyals, pistons i elements de màquines en general.

Siderúrgia

El **ferro** és el segon metall més abundant de la Terra, i es troba en els minerals formant diferents compostos químics:

Òxids	Hematites (també es troba en l'oligist i la limonita)	Fe_2O_3
	Magnetita	Fe_3O_4
Carbonats	Siderita	FeCO_3
Sulfurs	Pirita (també es troba en la marcassita)	FeS_2

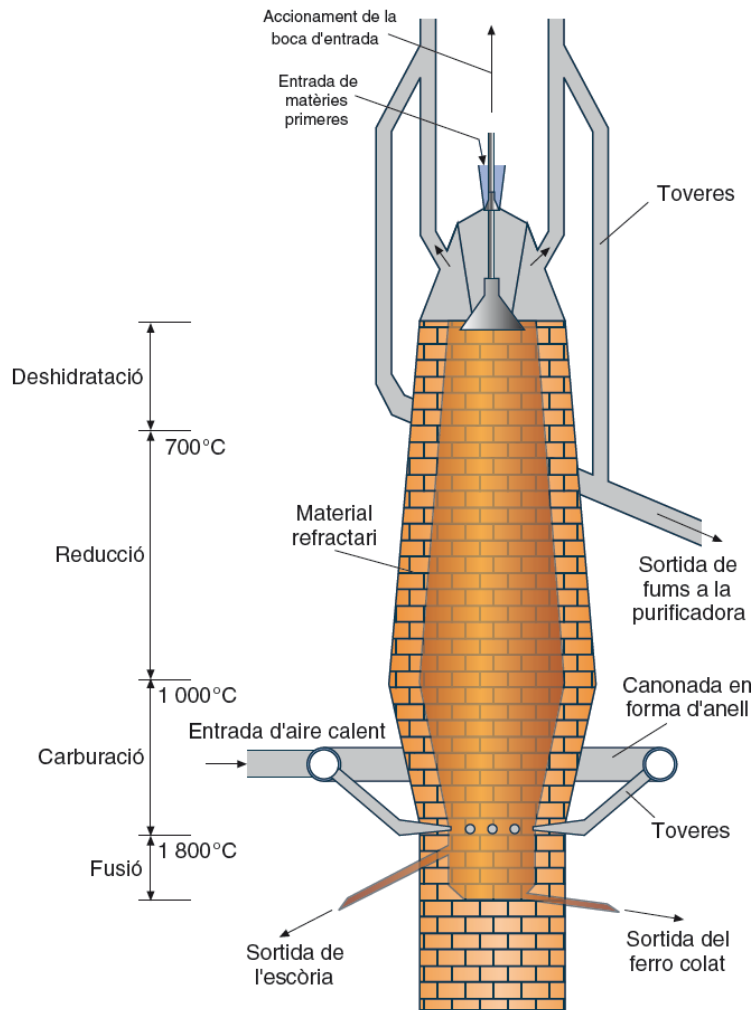


Procés d'obtenció de l'acer i les seves formes comercials

A l'obtenció dels ferros i acers, caldrà eliminar impureses com el sofre i el fòsfor (**Alts forns**), i aconseguir la % de C que volem (**Convertidors**), o acabar d'eliminar impureses (**Forn elèctric**).

El **carbón** és un element tan per aconseguir calor, com per obtenir l'acer, com per eliminar l'oxigen dels minerals.

Obtenció del ferro colat: l'alt forn (I)



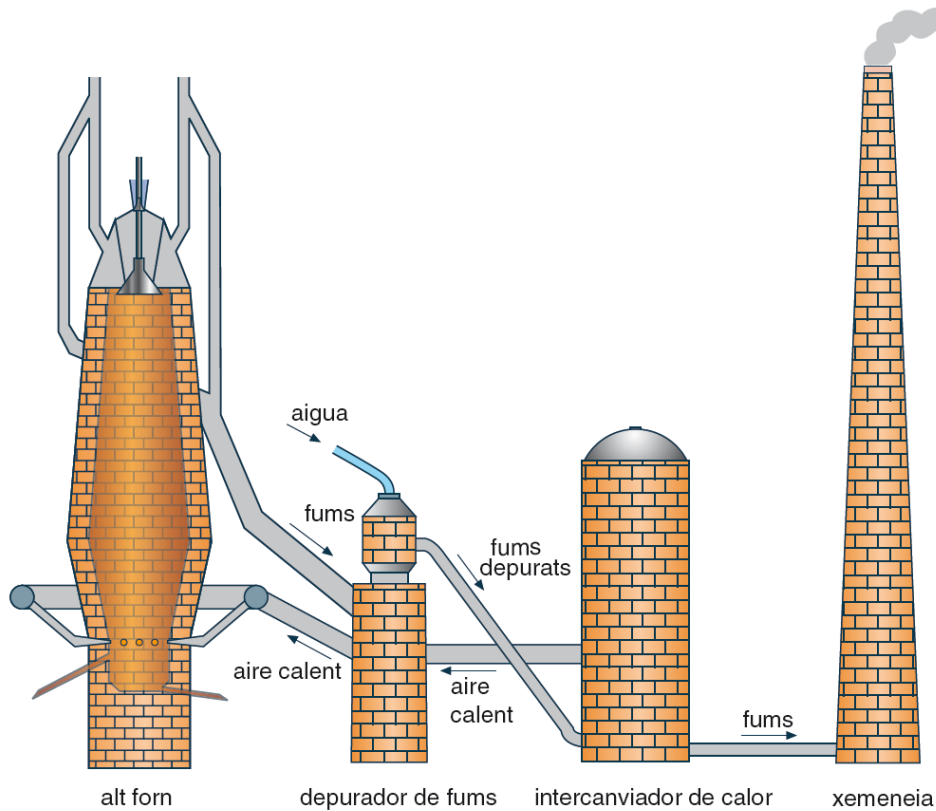
Matèries
primeres en
l'alt forn

- **Mineral de ferro.**
- **Carbó de coc.**, obtingut de la destil·lació de la hulla, i amb poder calorífic alt.
- **Pedra calcària.** Que es combina amb el sílice per crear l'escòria, que es pot aprofitar per fabricació de ciment,

Els gasos es depuren i s'aprofita la calor en uns intercanviadors de calor per reutilitzar-lo com a aire calent necessari en l'alt forn

Alt forn

Obtenció del ferro colat: l'alt forn (II)



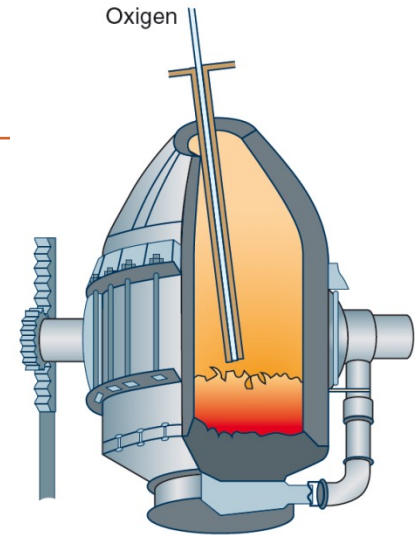
Alt forn amb recuperadors,
col·lectors de pols i
xemeneia

El **ferro colat** obtingut a l'alt forn és un aliatge de ferro i carboni amb un contingut aproximat del 4% de carboni, el 2% de silici i quantitats menors de fòsfor (que li donen fragilitat), sofre (que disminueixen la mal·leabilitat) i oxigen.

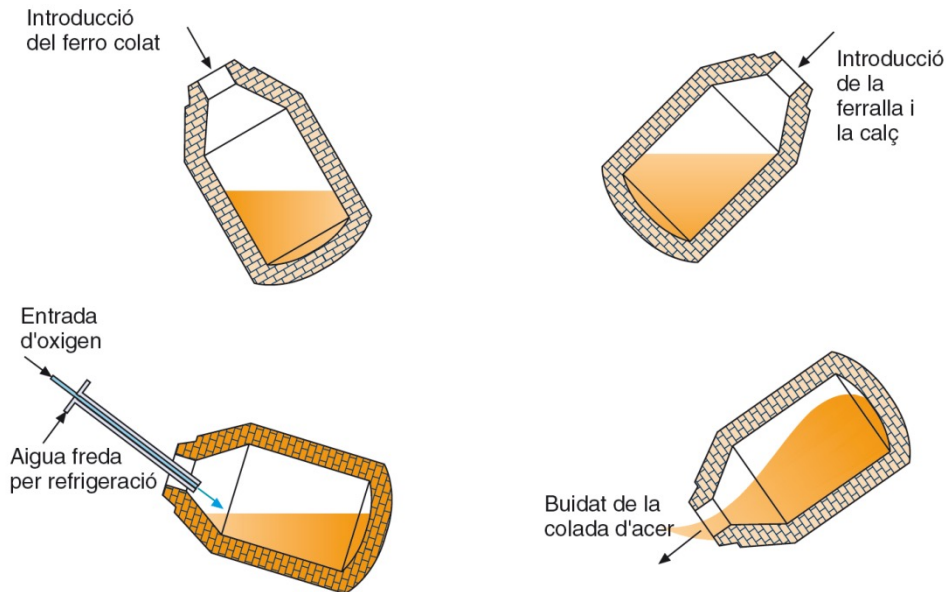
Obtenció de l'acer (I)

Instal·lacions per obtenir acer sense impureses i descarburat, a partir del ferro colat:

Instal·lació	Tipus
Convertidor	Bessemer
	Thomas
	D'oxigen
Forns	Martin-Siemens
	Elèctric



El convertidor d'oxigen

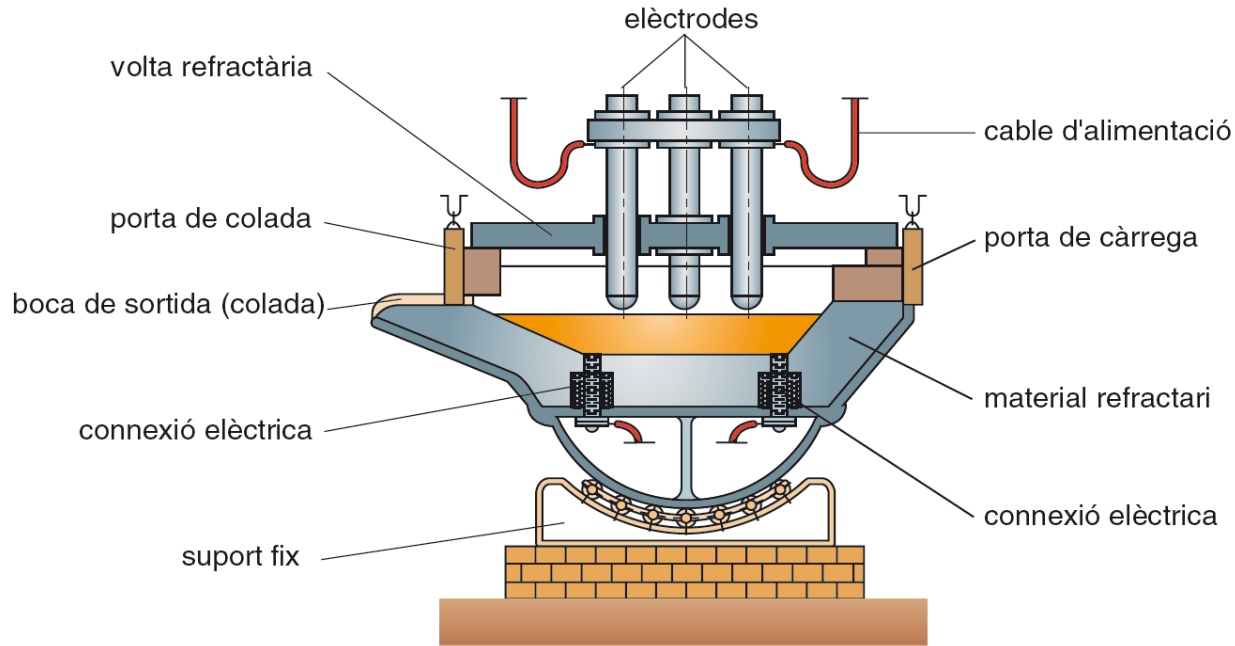


Cicle de treball del convertidor d'oxigen (1600-1700 C). Combustió per gas

L'oxigen pur a pressió redueix la % de carboni. El fòsfor i el sílice es combina primer amb l'Oxigen (produint calor per mantenir la fase líquida) i després amb la calç per formar escòria, que s'aprofitarà com adobs per l'agricultura pel fòsfor que conté.

Obtenció de l'acer (II)

El forn elèctric

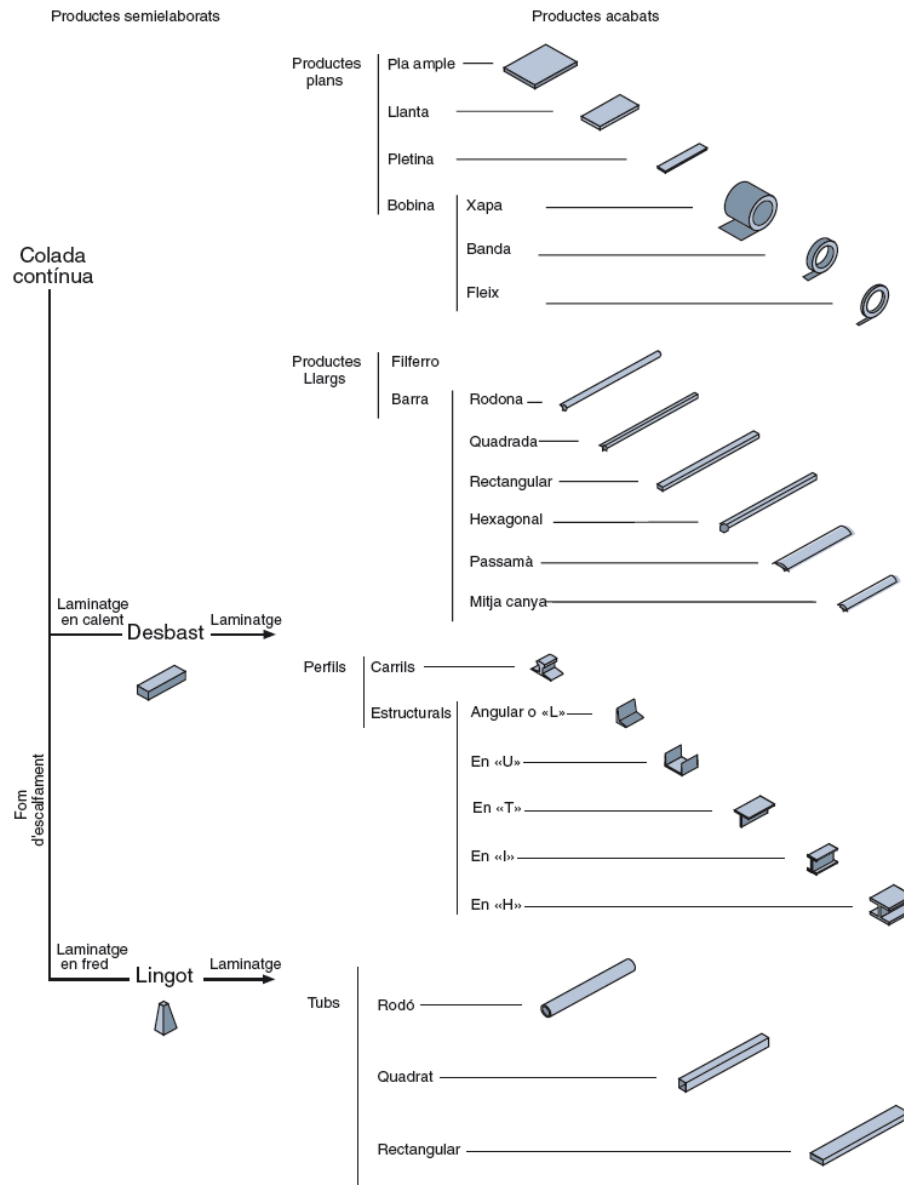


Forn elèctric

Recipient d'acer refrigerat per aigua, i de refractari a dins. Tres electròdes de grafit creant arcs voltaics que escalfen el ferro colat i la ferralla oxidada (que aporta l'oxigen). També introduïm calç per formar l'escòria.

Sistema ideal per tenir molt control de la temperatura i la composició de l'acer, i per aliatges especials amb elements d'altres T_{fusió} (Tungsté, Molibdé)

Formes comercials de l'acer (I)

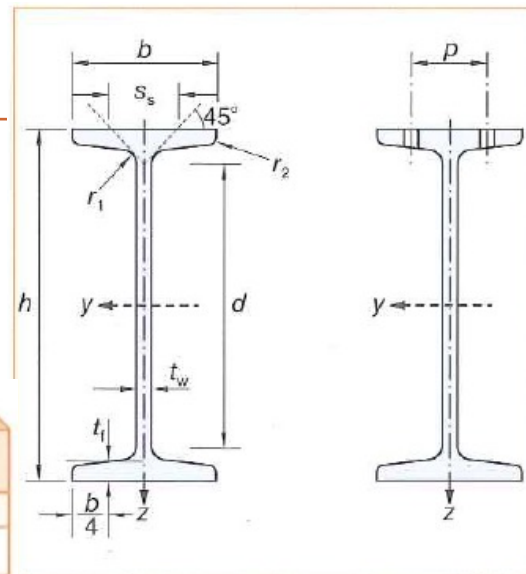


- Les característiques dels productes siderúrgics estan normalitzades.
- Indicacions per interpretar la informació subministrada pel fabricant:
 - G (kg/m): densitat lineal.
 - A (mm²): secció del perfil.
 - A_L (m²/m): superfície lineal.
 - A_G (m²/t): superfície massica.

Formes comercials de l'acer (II)

- Exemple: perfil estructural I d'ales inclinades

Denominació	Dimensions							Dimensions de construcció					Superfície	
	G kg/m	h mm	b mm	t_w mm	t_f mm	r_1 mm	r_2 mm	A mm ²	d mm	$\emptyset$	P_{min} mm	P_{max} mm	A_t m ² /m	A_g m ² /t
								x 10 ²						
IPN 80	5,9	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	7,58	59	—	—	—	0,304	51,09
IPN 100	8,3	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	10,6	75,7	—	—	—	0,370	44,47
IPN 120	11,1	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	14,2	92,4	—	—	—	0,439	39,38
IPN 140	14,3	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	18,3	109,1	—	—	—	0,502	14,94
IPN 160	17,9	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	22,8	125,8	—	—	—	0,575	32,13
IPN 180	21,9	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	27,9	142,4	—	—	—	0,640	19,22
IPN 200	26,2	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	33,4	159,1	—	—	—	0,709	27,04
IPN 220	31,1	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	39,5	175,8	M10	50	56	0,775	24,99
IPN 240	36,2	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	46,1	192,5	M10	54	60	0,844	23,32
IPN 260	41,9	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	53,3	208,9	M12	62	62	0,906	21,65
IPN 280	47,9	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	61,0	225,1	M12	68	68	0,966	20,17
IPN 300	54,2	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	69,0	241,6	M12	70	74	1,03	19,02
IPN 320	61,0	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	77,7	257,9	M12	70	80	1,09	17,87
IPN 340	68,0	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	86,7	274,3	M12	78	86	1,15	16,90
IPN 360	76,1	360	143	13	19,5	13	7,8	97,0	290,2	M12	78	92	1,21	15,89
IPN 380	84,0	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	107	306,7	M16	84	86	1,27	15,12

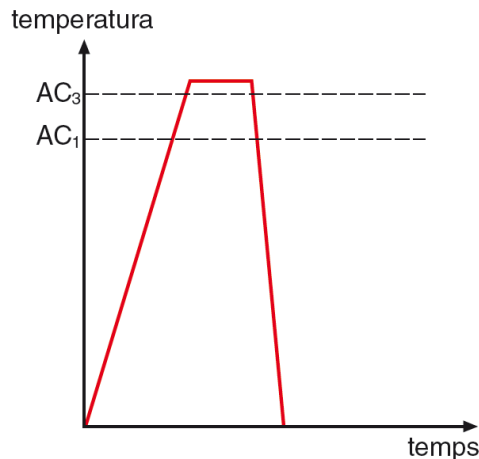


Tractaments tèrmics (I)

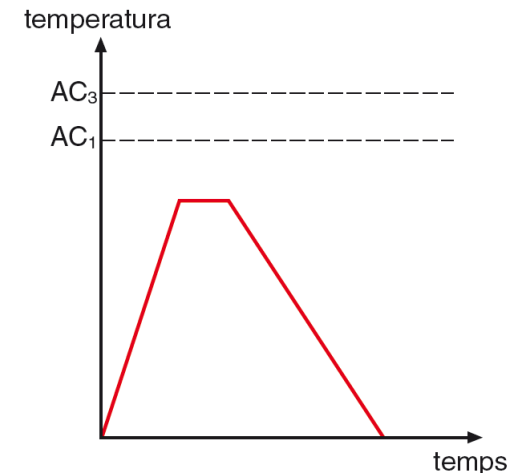
Els **tractaments tèrmics** sotmet l'acer a uns canvis controlats de T (escalfaments i refredaments successius) per tal de variar-ne les proporcions dels constituents.

El tremp : acer format per una gran proporció de martensita (Gran duresa i resistència., però més fràgil)

Velocitats de refredament (amb olis, aigua, aire, Hg o Pb fos) excessives poden produir esquerdes o deformacions. Pot ser tremp superficial escalfant amb bufador oxiacetilènic, i refredant amb aire o aigua



El revingut: refredament lenta amb aire. Guanyem tenacitat, i millora el tremp. Redueix duresa i límit elàstic

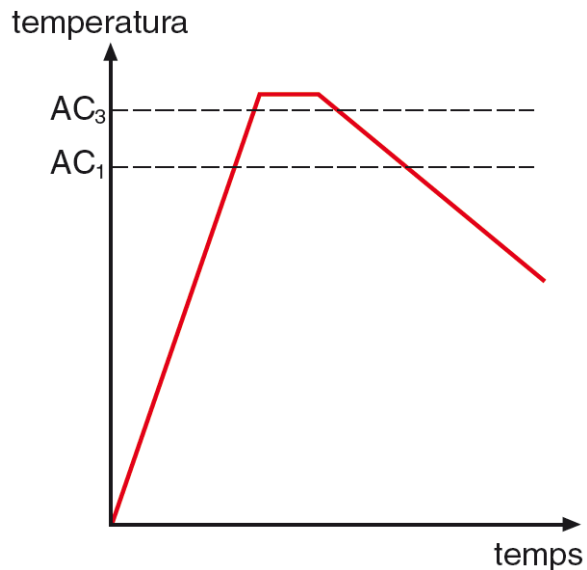


AC_1 : temperatura a la qual comença a aparèixer el constituent austenita (723°C).

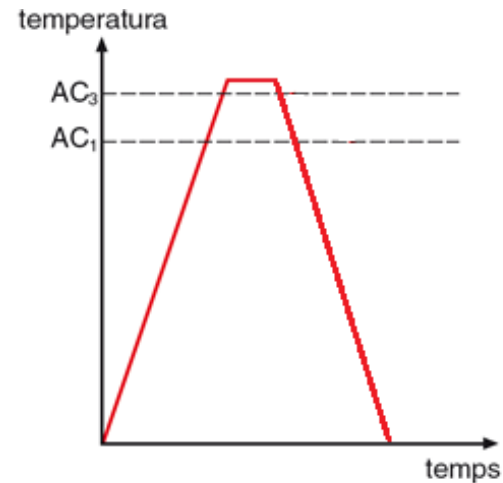
AC_3 : temperatura a la qual tota la massa d'acer s'ha transformat en austenita, que depèn de la % de carboni (veure diagrama ferro-carboni)

Tractaments tèrmics (II)

La recuita: refredament lent. Acer amb més plasticitat per poder deformar-lo i treballar-lo. Perd duresa.



El normalitzat: refredament a l'aire a velocitat entre el tremp i la recuita. Es fa a acers amb poc % de C que té tensions internes degut a deformacions en fred o calent.



Tipus d'acer	Velocitat mínima de refredament (°C/s)
No aliat (al carboni)	entre 200 i 600
Aliat	50

Taula 7.13. Velocitat de transformació de l'acer en martensita.