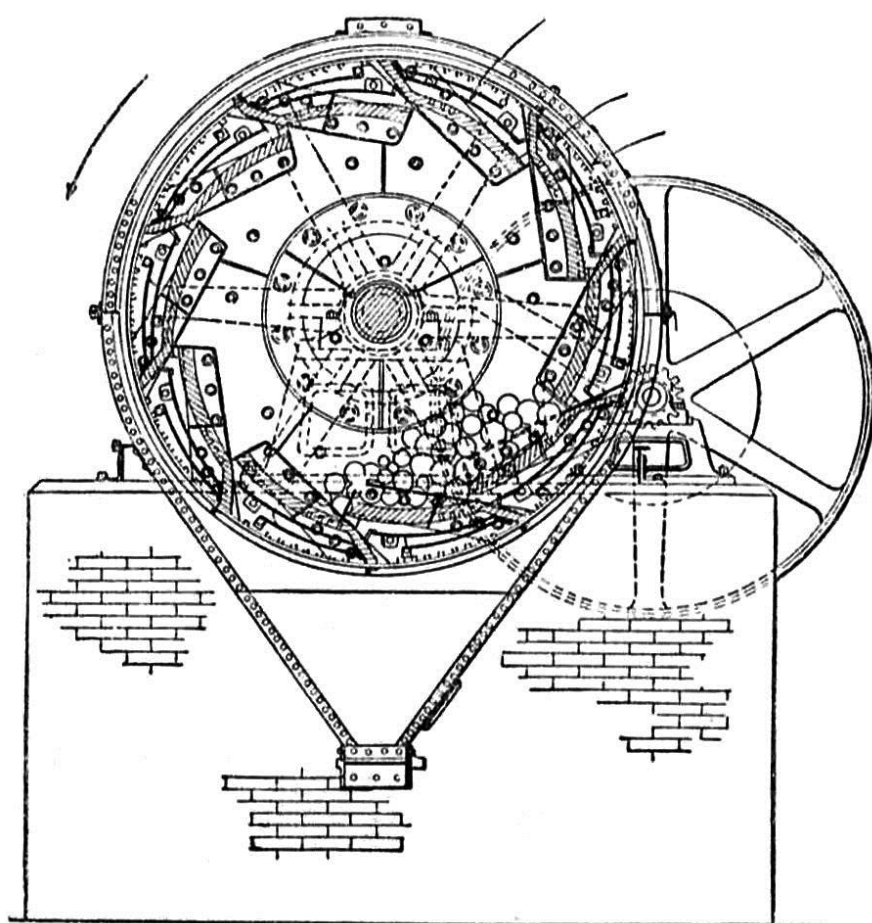


Materials 1

(Fusta i ferro)



Nom

Curs

Data

Índex

Materials de fabricació

Origen dels materials

Materials naturals

Materials artificials

La fusta i els seus derivats

Espècies de fusta natural

Fustes dures

Fustes toves

Fustes tropicals

Les espècies forestals catalanes

Derivats de la fusta

Metalls i aliatges

Els metalls fèrrics

Siderúrgia tradicional

La farga catalana

La siderúrgia moderna

El ferro dolç

Del ferro colat a l'acer

El convertidor Bessemer

El forn Martin - Siemens

El convertidor d'oxigen

Els forns elèctrics per arc voltaic

Materials de fabricació

Si mirem al nostre voltant, podrem observar una gran varietat d'objectes, molts dels quals es componen de peces de diferents materials. Els materials fonamentals que l'ésser humà ha utilitzat són tan significatius que fins i tot han donat nom a algunes èpoques de la història, com l'edat de pedra, l'edat de bronze o l'edat de ferro.

Per construir tot tipus d'objectes calen materials de molt diverses característiques. De fet, és aquest un camp, el de la tecnologia dels materials, a on més s'ha avançat als darrers anys i a on més s'està investigant a l'actualitat.

Teixits especials, com el "Goretex", que deixen passar la transpiració, però no la humitat exterior, per fer sabates i roba d'abric, en són un bon exemple. També tenim altres materials assimilables pel cos per construir cors artificials, materials ceràmics per fer recobriments de naus espacials, nous materials per la **nanotecnologia**; la llista és inacabable.



Sense materials com els plàstics, desapareixerien molts dels envasos que fem servir i del nostre ordinador quedaria només una petita quantitat de metall.

Origen dels materials

En darrer terme tots els materials tenen un origen natural, doncs tots provenen d'algun element de la natura. Ara bé, alguns els fem servir directament tal com són i altres els transformem mitjançant determinats processos industrials.

Atenent a això podem diferenciar dos grups de materials:

Materials naturals, que són aquells que extraiem directament de la natura. Un llistó de fusta l'hem serrat directament del tronc d'un arbre i l'hem deixat assecar. La planxa de granit de la superfície d'una taula de cuina s'ha serrat d'un gran bloc extret amb explosius d'una pedrera. Els

texans estan fets amb les fibres de cotó que s'extreuen de les motes del cotoner.

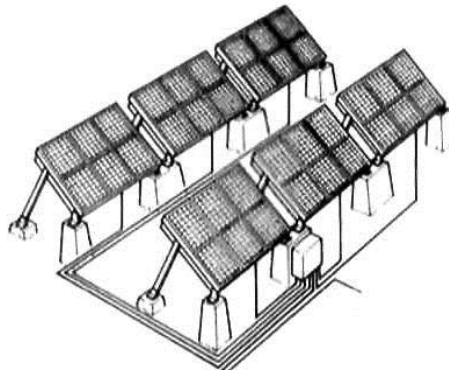
Els materials naturals els podem classificar en tres grups:

Materials d'origen mineral, com el marbre, el granit, l'asfalt, l'argila, etc.

Materials d'origen vegetal, com la fusta, el suro, el cotó, el lli, etc.

Materials d'origen animal, com la llana.

Materials artificials, que són aquells que són el resultat de procedir a fer una transformació important de les matèries naturals de les quals procedeixen.



El silici monocristal·lí d'aquests mòduls fotovoltaics és un vidre produït amb un grau de puresa molt alt

El ciment utilitzat a la construcció d'edificis s'ha aconseguit coent una barreja de roques a dins d'uns forns especials, la qual cosa fa que canviï la seva composició química. El ferro per fer tot tipus de màquines s'extreu als anomenats alts forns, a partir dels seus minerals. A dins del forn la seva composició química també canvia, deixant de banda unes substàncies i afegint-ne d'altres. El polietilè, amb el que es fan les bosses de la compra i de les escombraries, s'aconsegueix ajuntant petites molècules obtingudes a partir d'alguna matèria orgànica, com el petroli, per fer unes molècules molt grans, anomenades polímers.

Dels materials que, com el polietilè, s'aconsegueixen fent reaccionar substàncies químiques més simples es diuen **materials sintètics**. Molts dels plàstics són materials sintètics.

Al igual que hem fet amb els materials naturals, els materials artificials també els podem classificar en funció del seus orígens:

Materials d'origen mineral, com els metalls, el ciment, el vidre, la ceràmica, molts plàstics i tots els materials derivats del petroli.

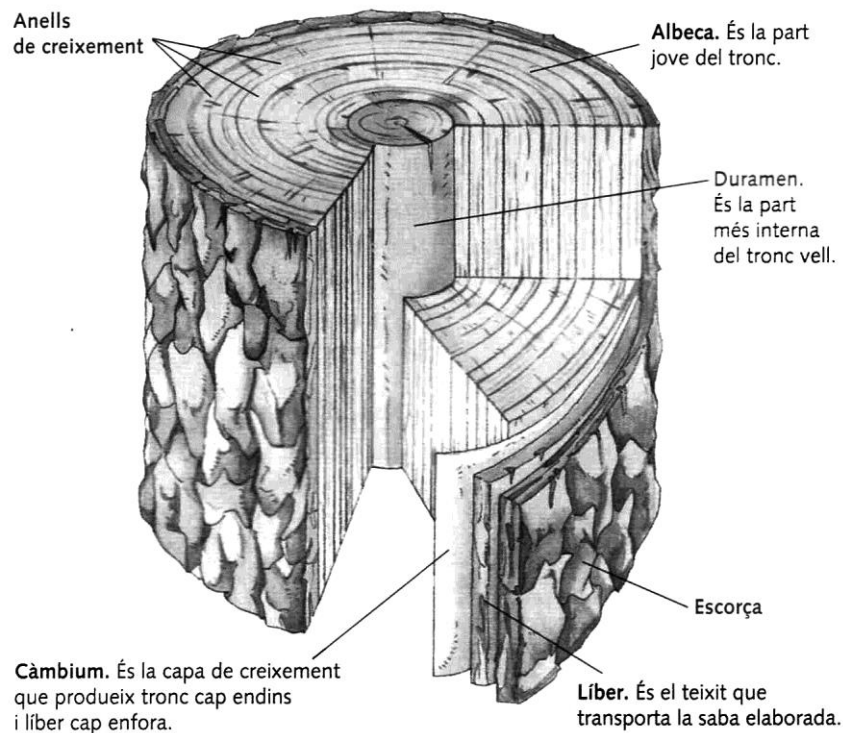
Materials d'origen vegetal, la resina utilitzada per vernissos i pintures, el paper i els derivats de la fusta.

Materials d'origen animal, com el cuiro i les coles de caseïna, que es un producte que s'extreu de la llet.

La fusta i els seus derivats

La fusta és un material que ha estat usat des dels inicis de la humanitat i encara és bàsic per la nostra civilització.

La fusta és un dels materials indispensables en la història de la tecnologia. Ha estat aprofitada des de bon començament per a fer foc, per a elaborar els mànecs de les destrals i de les llances de pedra i per a construir bigues i parets dels habitatges, carros, rodes i arades i tota mena de màquines i aparells, i així mateix taules, mobles i molts altres elements de la llar.



La fusta natural procedeix dels troncs dels arbres. Es pot aprofitar directament serrant-la, en la direcció de l'eix del tronc, per a obtenir-ne peces llargues, com **bigues, taulons, posts i llistons**. Abans de fer-ne ús, però, la fusta natural s'ha de deixar assecar, sigui a l'aire lliure o artificialment, amb aportació de calor, per a evitar que es deformi. La millor fusta, és a dir, la més forta i la més dura, s'extreu del cor de l'arbre.

Al comerç es troben peces de fusta amb diferents denominacions i mides, tals com el tauló, peça de secció rectangular que fa entre 100 i 300 mm d'amplada, entre 50 i 100 mm de gruix i entre 2 i 5 m de llargada, el post o taula, peça de secció rectangular de fins a 30 mm de gruix, entre 100 i 600 mm d'amplada i

entre 2 i 2,5 m de llargada i el llistó, peça de secció quadrada o rectangular de fins a 80 mm de costat i entre 2,5 i 3 m de llargada.

La fusta és un material **anisòtrop**, perquè no presenta les mateixes propietats en totes les direccions. En la direcció de les fibres, que coincideix amb l'eix del tronc de l'arbre és molt més resistent. La fusta es tenaç, flexible i té gran resistència a la tracció i a la compressió, raó per la qual s'utilitza molt per fer estructures. La fusta està formada per fibres de **cel·lulosa** unides amb **lignina**. Resulta més fàcil separar les fibres que trencar-les, per això resulta menys difícil serrar en la direcció de les fibres que no de través.

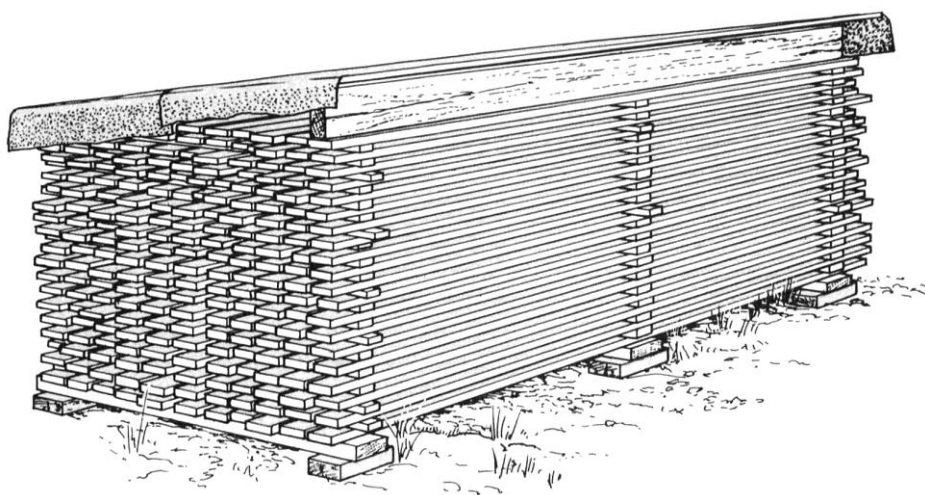
Com qualsevol altre material, la fusta s'ha de sotmetre a una transformació des que s'obté de l'arbre fins que s'utilitza. Per obtenir fusta aprofitable per a la indústria se segueixen aquests passos:

Abatiment o tala de l'arbre. Per evitar la desaparició massiva de boscos es pot fer una tala selectiva, talant, amb l'ajut de motoserres, només els arbres que arribin a una mida determinada i replantant el bosc.

Eliminació de l'escorça i de les branques. La majoria de les vegades només s'aprofita el tronc de l'arbre per obtenir la fusta per a la indústria.

Especejament i trossejament de l'arbre. Es fa segons la mida del tronc i la geometria de les peces que es volen obtenir amb serres de cinta i alimentadors automàtics de troncs.

Assecatge de la fusta. Moltes de les propietats de la fusta depenen d'aquest procés d'assecatge.



La fusta natural s'ha d'assecar per poder-la utilitzar

L'explotació forestal està destruint molts boscos d'arreu del món. Si el ritme de tala és elevat, els arbres replantats (si és que se'n replanten) no tenen temps de créixer. Això pot ser molt perjudicial per diversos motius:

Es malmet l'ecosistema del bosc, amb les repercussions consegüents per als altres éssers vius que hi viuen: molses, fongs, aus, esquirols, insectes que s'alimenten de fulles, etc. i finalment per a les persones que depenem del cicle de l'aigua, del carboni i dels recursos que els boscos proporcionen.

Desapareixen les reserves de fusta, de manera que en el futur ja no hi haurà fusta per tallar.

Espècies de fusta natural

En el mercat podem trobar una gran varietat de fustes, que provenen d'arreu d'Europa i del món. Les fustes naturals solen classificar-se en quatre grans grups:

Les fustes dures provinents de frondoses generalment procedents d'**arbres de fulla caduca** que creixen en zones temperades, com el faig o el roure. Són fustes més pesants i fortes i costen més de treballar.

Les fustes toves són menys denses i s'extreuen generalment d'arbres de fulla perenne, com les **coníferes**, que creixen generalment en regions fredes, tals com l'avet o el cedre. Són lleugeres i fàcils de transformar.

Les fustes tropicals procedeixen d'arbres que creixen en climes càlids i humits. Hi ha una gran varietat d'espècies que proporcionen fustes de color, textura i duresa molt. En són exemples la teca, el sapel·li, l'eben (banús), etc. Provenen de zones tropicals d'Àsia, Amèrica i Àfrica.

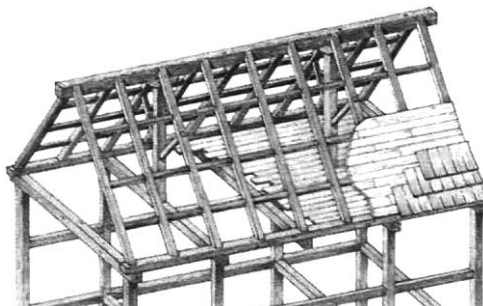
Les fustes certificades són aquelles que venen acompanyades d'una documentació emesa per un organisme internacional que assegura que procedeixen de boscos ben gestionats, de forma que la seva explotació no pugui provocar desforestació, erosió o desertificació.

L'any 1993 es va crear el Consell de Certificació Forestal (Forest Stewardship Council, FSC) per tal d'establir les normes per garantir la sostenibilitat dels boscos en explotació forestal.



Logotip del FSC que identifica les fustes extretes de boscos ben gestionats (<http://www.fsc-spain.org>)

Al mercat es troben tant fustes europees certificades com fustes certificades tropicals. Encara no s'ha aconseguit que la majoria de fusta venuda sigui etiquetada, però la tendència és a augmentar la seva participació en el mercat mundial.



Habitatge amb estructura de fusta

Fustes dures

Entre les espècies més utilitzades de fusta dura podem trobar:

La fusta d'alzina s'extreu a Europa. Fusta de gran duresa, resistència i durada. Resisteix bé l'acció de l'aigua. Es fa servir per obres hidràuliques i mobles.

La fusta de castanyer es troba a Europa. És una fusta de color marró pàl·lid, més tova i més lleugera que la del roure, encara que força duradora. Aguenta bé a la intempèrie. Amb ella es fan parquetes i mobles.

La fusta de cirerer es produeix a Europa i Àsia. Es tracta d'una fusta compacta i tenaç de fibra fina. Admet poliment. Quan es seca és força estable. Amb ella es fan mobles de qualitat.

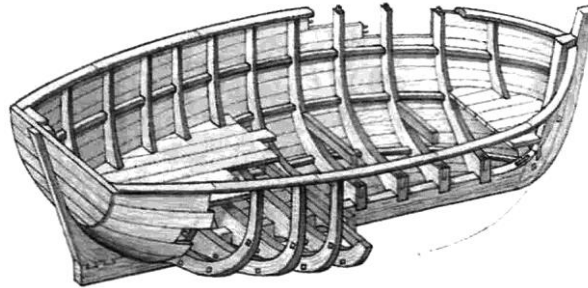
La fusta de faig procedeix d'Europa. És una fusta de color crema pàl·lid, pesant i dura. No és propensa a esquerdar-se. De bon treballar; s'hi obtenen bons acabats. S'utilitza per fer mobles funcionals, estris de cuina, mànecs d'eines i joguines.

La fusta de freixe es troba a Europa. És resistent i flexible. Fa de bon treballar i s'hi obtenen bons acabats. Serveix per mànecs d'eines i construcció de carros.

La fusta d'om s'obté d'Europa. És consistent, difícil de treballar i resistent a l'aigua. Amb ella es fa mobiliari interior i de jardí.

La fusta de noguera es produeix a Europa, Amèrica i Àfrica. És molt apreciada, duradora i de bon treballar. Amb ella es fan mobles, fullola i mànecs d'armes.

La fusta de roure es troba a Europa, Japó, EUA i Iran. És una fusta de color groguenc molt dura i de gran resistència a l'aigua, ja que submergida en l'aigua s'endureix. Duradora i resistent; s'hi obtenen bons acabats. Presenta un color clar quan és jove i es torna de color marró fosc quan envelleix. Amb ella es fan mobles de luxe, embarcacions, botes, adornaments i parquets.



Vaixell de fusta

Fustes toves

Entre les espècies més utilitzades de fusta tova podem trobar:

La fusta d'avet es troba a Àsia, Europa i als EUA. És bastant forta, amb nusos durs i petits, resistent a les esquerdes i poc duradora. S'utilitza en interiorisme, mobles de fusta blanca, embalatges i instruments musicals.

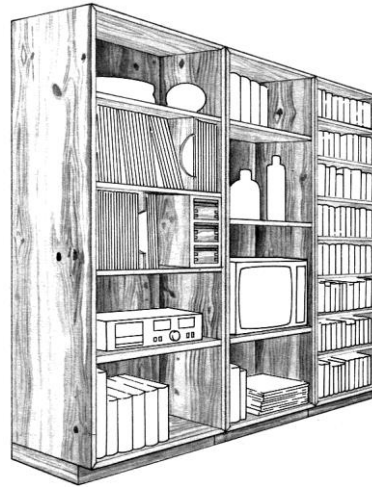
La fusta de cedre s'obté a Canadà i als EUA. Es tracta d'una fusta sense nusos, tova i fàcil de treballar, però cara i feble. Es fa servir per revestiment d'exterior i de parets, ebenisteria i construcció.

La fusta de pi es troba a l'Europa central, països escandinaus, Amèrica del Nord i Brasil. És una fusta de color blanc i groguenc, molt resinosa i olorosa. Les tonalitats canvien segons les varietats de pi (de Flandes, garriguenc, negre, etc.). S'utilitza en la construcció (estructures, escales, portes i finestres) gràcies a la seva llarga durada. També es fa servir en la fabricació de mobiliari.

La fusta del pi de Flandes s'extreu al nord d'Europa i Rússia. És força nuosa, bastant forta, de bon treballar, barata i fàcilment accessible. Es fa servir a la construcció i ebenisteria.

La fusta de pi melis (Làrix) s'obté a Europa i Amèrica. És fusta de color castany que és molt resinosa, lleugerament dura, gairebé sense nusos, tenaç i compacta. Es treballa bé, és resistent als atacs dels insectes i insensible a la humitat. Procedeix del pi pinyoner silvestre del Canadà. S'utilitza en treballs exteriors de la construcció i per la fabricació de mobles.

La fusta de pollancre s'obté a Europa. Es tracta d'una frondosa de fulla caduca i creixement ràpid. Fàcil de treballar. Es fa servir per fer embalatges, estructures de teulades i pasta de paper.



Llibreria de fusta massissa

Fustes tropicals

Entre les espècies més utilitzades de fusta tropical podem trobar:

La fusta de balsa prové d'Amèrica del sud (Ecuador). És una fusta de color blanc pàl·lid que procedeix de les regions tropicals americanes. És molt lleugera i fàcil de treballar, però poc resistent. S'utilitza per a fabricar els bastonets dels gelats, per a fer maquetes, en aeromodelisme, embalatges i com a aïllant en sistemes de refrigeració.

La fusta d'eben (banús) s'extreu d'Àfrica i Amèrica. És una fusta de color negre molt intens, massissa, pesant (no sura), llisa, molt dura, inatacable pels insectes i de gran rigidesa. Amb ella es fa mobiliari de luxe. És tan apreciada en la construcció de mobles que ha donat nom a l'ofici de construir-los (ebenisteria).

La fusta de caoba s'extreu d'Àfrica i Amèrica. És una fusta de color vermell fosc que admet un poliment de gran vistositat. És bastant fàcil de treballar i es pot corbar sense gaires problemes. Amb ella es fa mobiliari de luxe. Gràcies a la seva gran estabilitat i a la seva excel·lent aparença, es fa servir per a fabricar mobles, llibreries, portes, escales, etc.

La fusta de cumaru s'extreu a Brasil. Es tracta d'una fusta molt resistent i difícil de treballar. S'utilitza per fer parquets.

La fusta d'iroko s'extreu d'Àfrica. És una fusta no gaire forta, però de gran durabilitat. Amb ella es fan embarcacions, taulells i bancs.

La fusta de sapel·li es troba a Àfrica. És una fusta fibrosa, duradora i resistent. S'utilitza per fer portes interiors.

La fusta de teca prové d'Àfrica. És una fusta dura i resistent a podrir-se. Difícil de treballar per la seva duresa. Es fa mobiliari per exteriors, construcció naval i ebenisteria.

La fusta de wengué s'extreu d'Àfrica (Zaire, Camerun i Gabon). És fosca i forta. S'utilitza per ebenisteria, empostissats i xapes per a revestiments decoratius.

Les espècies forestals catalanes

Els boscos de Catalunya també proporcionen fusta, encara que les quantitats que se n'obtenen no satisfan, ni de bon tros, les necessitats del mercat interior, fet que obliga a importar-ne. La major part de la fusta de Catalunya procedeix del Pirineu i del Prepirineu, i les varietats més importants són les extreïdes del pi negre, l'avet, el pi roig, també anomenat rojalet, i la pinassa. En molts altres indrets també es produeix fusta, de varietats com el faig, el roure, el castanyer i el freixe, que es fan servir per a obrar, el pollancre i altres tipus de pi, molt usats en la fabricació de pasta de paper, i l'alzina, que tradicionalment s'ha destinat a l'elaboració de carbó vegetal.



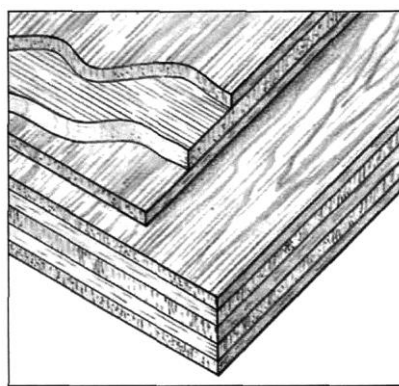
Cadira plegable de faig

Derivats de la fusta

Actualment, per a la construcció de determinats objectes, com ara mobles i portes, i per a altres usos, no es fa servir la fusta natural tal com arriba de l'arbre, sinó fusta que ha estat transformada per a obtenir-ne plaques o taulers. Les varietats de fusta transformada més habituals són les següents:

La fullola o xapa de fusta és una làmina de fusta molt prima que ha estat tallada amb màquines proveïdes de ganivetes especials molt precises. Es fa servir en l'acabament de mobles, portes i elements decoratius construïts amb tauler d'aglomerat. Generalment, la fullola és feta de fusta bona o molt decorativa, i si s'aplica bé, sembla que tot el moble sigui fet de fusta massissa.

El tauler de contraplacat es compon d'un conjunt de fulloles encolades de manera que les fibres que les formen quedin encreuades. El gruix final depèn de la quantitat i el tipus de xapa. Les xapes es col·loquen alternant les direccions de les seves fibres per a donar al material una resistència uniforme i evitar variacions en les dimensions de la fusta en guanyar (es dilata) o perdre (es contreu) humitat.



Tot i que aquest tipus de tauler pot ser molt prim (uns 3 mm), és consistent i difícilment deformable. S'utilitza extensament en la fabricació de plafons de portes. La fusta contraplacada és més econòmica que la fusta natural, ja que el seu nucli es pot fer amb fusta més barata i les làmines externes de fusta noble.

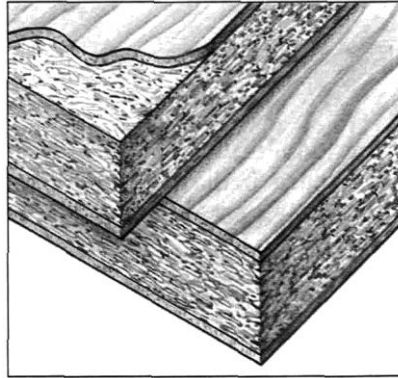
Els taulers de partícules són taulers elaborats a partir de partícules obtingudes de la mateixa fusta o de les fibres d'aquesta. Cal que distingim entre *taulers aglomerats* i *taulers de fibres*.

Els taulers aglomerats (d'encenalls i de partícules) s'obtenen en barrejar partícules de fusta amb cola sintètica; la barreja es comprimeix i després s'asseca sotmesa a pressió i calor. La fusta utilitzada en aquests taulers procedeix de la trituració de les parts no aprofitables de l'arbre, com les branques, i dels retalls obtinguts del trossejament dels troncs.

Els taulers obtinguts s'acostumen a xapar amb làmines de fustes decoratives o làmines plastificades (melamina, fòrmica, etc.). Es fan servir per a la construcció de mobles, ja que són molt més econòmics que la fusta natural. Ofereixen avantatges importants: tenen unes dimensions considerables i una gruixària calibrada, resisteixen l'atac d'insectes i no pateixen cap de les malalties

típiques de la fusta, i permeten a més aprofitar tota la seva superfície.

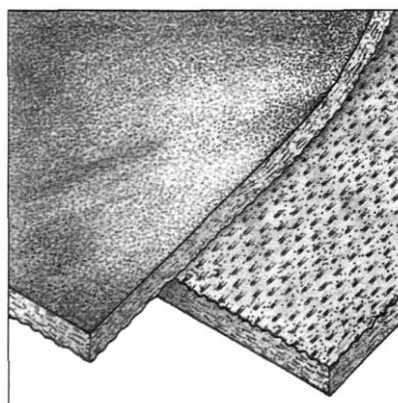
Els taulers aglomerats també tenen inconvenients: són poc resistents a la flexió, són molt sensibles als canvis de temperatura i humitat i els seus cantells tenen poca resistència per a ser cargolats, sobretot en taulers fabricats amb poca cola.



L'aglomerat és d'ús corrent en la fabricació de mobles i prestatgeries, tant si es recobreix amb una xapa prima de fusta natural o amb làmines de material plàstic, com si es pinta o s'envernissa directament. Es troba en molts gruixos normalitzats, però el més corrent són 10 i 16 mm.

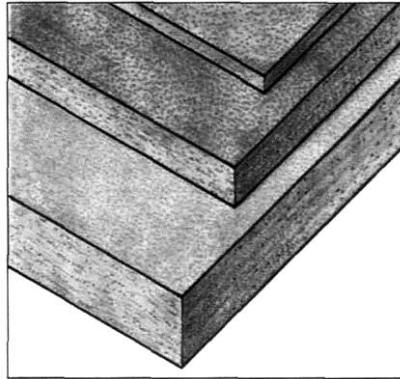
Els taulers de fibres es fabriquen esmicolant fustes toves i convertint-les en una pasta formada per les fibres de la fusta que es barreja amb resina sintètica i es compacta a altes pressions. Hi ha *taulers de fibres durs*, que són pesants respecte al seu volum, i taulers més lleugers, anomenats *taulers de densitat mitjana* (*taulers DM*).

Els taulers de fibres durs (tablex) tenen poc gruix (de 3,5 o 6 mm). Generalment, tenen una cara llisa i una altra de granulada. El color més habitual és el marró fosc, encara que se'n troben d'altres colors.



Són flexibles i no s'estellen ni s'esquerden ja que no tenen vetes ni nusos, no es podreixen ni són atacats pels insectes. S'utilitzen per a fons de calaixos i de mobles i poden portar una de les cares xapada.

Els taulers de densitat mitjana (DM) són més lleugers que els aglomerats i, com que són més econòmics, han substituït aquells en la fabricació de mobles. Es poden tallar fàcilment i xapar-los amb làmines de fusta noble, per la qual cosa també s'utilitzen per a fabricar motllures i marcs.



La fusta és un material reciclable; certs tipus de derivats de la fusta permeten l'aprofitament de fusta vella procedent de mobles, portes i altres objectes. D'aquesta manera s'evita que sigui llençada o incinerada i també d'excessiva tala d'arbres.

Metalls i aliatges

Els metalls són sòlids a temperatura ambient, bons conductors del corrent elèctric i de la calor i tenen una lluentor particular. S'obtenen, normalment, dels seus minerals, barreja de substàncies químiques que els contenen a dins de la seva composició. Per obtenir els metalls a partir dels seus minerals se'ls ha de separar d'altres substàncies com l'oxigen, el sofre, el carboni, el clor o d'altres, normalment a altes temperatures a dins de forns especials.

Els aliatges són les mescles de metalls i de vegades de metalls i no metalls, com el carboni o el silici, en petites quantitats. Amb la barreja de metalls s'aconsegueixen materials nous amb propietats diferents de les que tenen els metalls que componen l'aliatge.

Entre els aliatges més coneguts estan el bronze i el llautó, materials de bona fusibilitat i que proporcionen millor resistència i qualitats mecàniques que els metalls que els formen (coure, estany i zinc).

Als metalls i aliatges s'acostuma a classificar-los en fèrrics i no fèrrics, segons que tinguin, o no, el ferro a la seva composició.



Forjant el metall a un taller de l'antiga Grècia

Els metalls fèrrics

Els metalls i aliatges fèrrics són aquells que estan compostos bàsicament de ferro. L'obtenció dels metalls fèrrics es fa a partir de minerals de ferro com l'oligist, la siderita, la magnetita i d'altres. Aquests minerals es barregen amb carbó i altres matèries dins de l'alt forn d'on s'obté el lingot d'alt forn, aliatge de ferro ric en carboni, silici, fòsfor i altres; aquests lingots es transformen, en altres forns, en acer.

L'acer és l'aliatge de ferro amb un percentatge de carboni inferior al 2% i altres materials com níquel, crom, etc. El ferro colat és l'aliatge de ferro amb un percentatge de carboni del 2% al 4%.

Siderúrgia tradicional

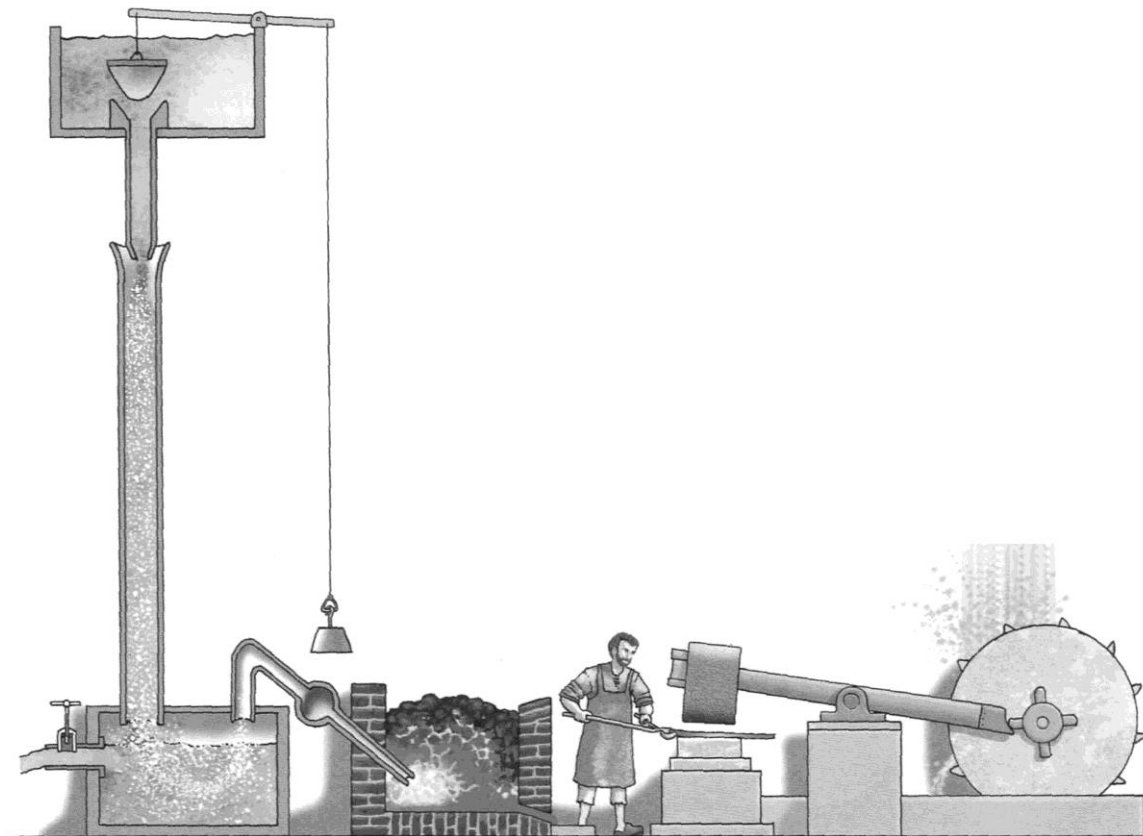
El ferro és un material fonamental per a la construcció d'estructures i de tota mena de màquines. Conjuntament amb el carbó, el ferro i l'acer van constituir els pilars tecnològics sobre els quals es va bastir la **“Revolució Industrial”**.

El ferro, metall bàsic per a la producció d'acers, s'extreu de minerals com la magnetita, l'oligist, la limonita, la siderita, etc. La indústria que transforma aquests minerals en ferro i acer s'anomena indústria siderúrgica. La base per a obtenir ferro a partir d'òxids d'aquest material és una reacció química anomenada reducció. Durant aquest procés el carboni, provinent del carbó, reacciona amb l'oxigen de l'aire i forma diòxid de carboni (CO₂).

La farga catalana

El procés d'obtenció de ferro a partir de minerals fèrrics es remunta a l'edat del ferro. A Catalunya, des de l'edat mitjana i fins al final del segle XVIII, el ferro es produïa en unes factories anomenades fargues mitjançant el procediment de la farga catalana.

A les fargues, el mineral o mena es trinxava, es barrejava amb carbó vegetal i es cremava en un forn quadrat situat a terra. Per a afavorir la combustió, s'hi injectava aire. Aquest aire es generava en un enginyós aparell anomenat **trompa**, que feia baixar aigua i aspirava l'aire per l'**efecte Venturi** a una canonada que desembocava en un recipient anomenat **caixa dels vents**, on s'acumulava l'aire a pressió, que es conduïa cap al forn a través de la **tovera**, mentre que l'aigua s'evacuava a l'exterior. Amb aquest sistema s'aconseguia un flux d'aire constant, regulable i humit que resultava molt apropiat.



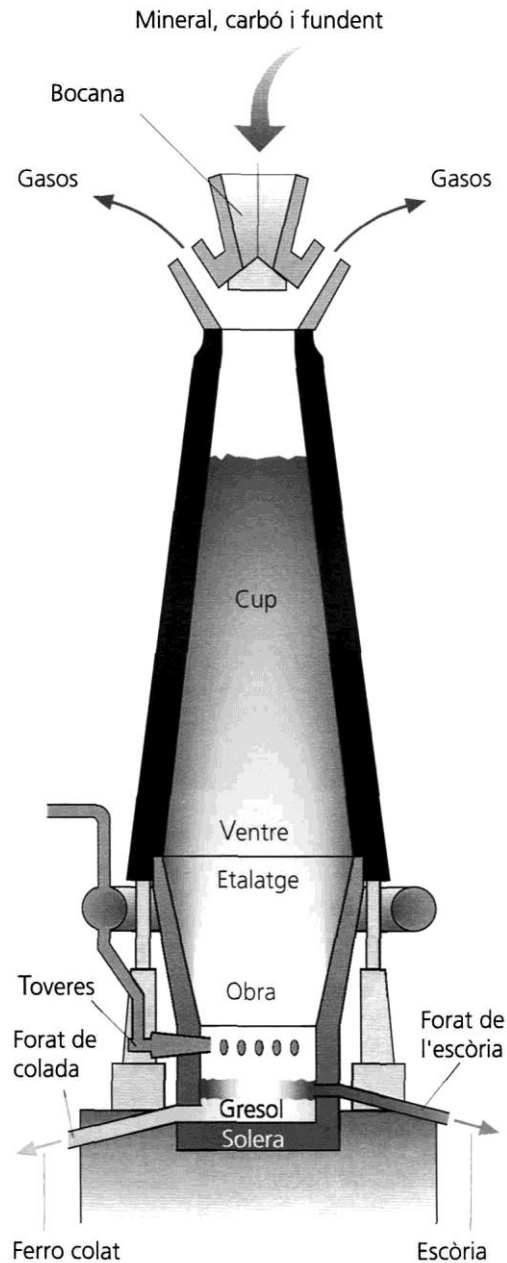
Farga catalana

Després d'escalfar el mineral durant unes hores i d'haver-ne eliminat les substàncies foses o escòries, se n'obtenia una massa de ferro roent, anomenada **masser**, que els fargaires portaven fins a un gran mall, el **martinet**, mogut per una roda hidràulica. Aquest mall colpejava el masser per a fer-ne barres o planxes, al mateix temps que permetia eliminar les substàncies no fèrriques que havien quedat barrejades amb el masser.

El ferro així obtingut era d'una alta qualitat i es venia als ferrers. Aquests l'escalfaven en un forn, el fornall, a uns 800°C, fins que es tomava vermell, i el picaven amb malls sobre una **enclusa** per a fer-ne ferradures, eines, reixes, entre molts altres productes. Aquest procediment, que duïen a terme els ferrers de la majoria de pobles, s'anomenava **forja**.

La siderúrgia moderna

A partir de la “*Revolució Industrial*”, quan la necessitat de producció de ferro es va incrementar extraordinàriament, es va desenvolupar la tècnica de l'**alt forn**.



Alt forn

L'alt forn és format per dues peces troncocòniques unides per les bases més grans; les bases més petites constitueixen l'entrada i la part inferior del forn. La part exterior és de planxa d'acer i la interior, de material **refractari**, és a dir, d'una ceràmica molt resistent a les altes temperatures. Com que ha de suportar aquestes altes temperatures (2.000°C), les parets del forn contenen circuits de refrigeració. A la part inferior hi ha unes obertures per on surt el ferro fos, i una mica més amunt unes altres que evacuen les escòries.

A la zona més ampla del forn, anomenada **ventre**, hi ha les toveres, unes embocadures per on penetra aire molt calent per a afavorir la combustió. Per la part superior del forn, mitjançant unes vagonetes elevadores, s'hi aboquen en la proporció necessària el mineral de ferro, el **carbó de coc** (carbó mineral tractat) i altres materials com les substàncies fundents, que afavoreixen les reaccions químiques i la fusió.

Quan totes aquestes substàncies, molt escalfades, arriben al ventre del forn, s'hi fa entrar l'aire calent de les toveres, la qual cosa permet assolir temperatures superiors a 2.000 °C. Llavors l'òxid de ferro es redueix i es produeix la fusió. El ferro fos es diposita al **gresol**, al fons del forn, i al seu damunt suren, també foses, les escòries, que s'eliminen per la sortida corresponent. El ferro o ferro colat s'aboca en uns contenidors que el condueixen, encara fos, fins a uns altres forns on es converteix en acer. Les escòries es transporten a unes plantes on es transformen en productes aïllants i materials per a paviments.

Durant el seu funcionament, l'alt forn produeix uns gasos molt calents que, en pujar, escalfen els materials que troben. Quan els gasos surten del forn van a parar a uns conductes que els transporten fins a uns **bescanviadors de calor**, les anomenades **torres de Cowper**, que escalfen l'aire que s'introduirà al forn a través de les toveres.

El ferro dolç

El ferro dolç és la forma més pura de ferro emprat en la indústria. S'obté a partir del ferro colat després d'haver-ne eliminat les impureses. Conté un 99,8% de ferro, es fon a 1.535 °C i té una densitat de 7,9 g/cm³. El ferro dolç és un material resistent emprat en la fabricació d'objectes que han de suportar esforços bruscos, com ara àncores, cadenes, claus, etc.

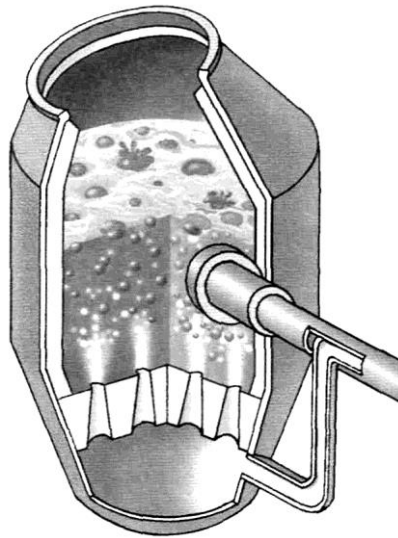
Del ferro colat a l'acer

El ferro, tal com surt de l'alt forn, conté un alt percentatge de carboni i altres substàncies dissoltes.

Per a l'obtenció dels diferents tipus d'acers cal reduir-ne el percentatge de carboni (l'acer ha de tenir d'un 0,05% a un 1,7% de carboni) i d'altres substàncies i afegir-li els productes adequats per a formar els diferents aliatges. Segons quins siguin els elements que acompanyen al ferro podem parlar d'acers de dos tipus:

Els acers ordinaris són els que només contenen ferro i carboni com a elements bàsics. En general, són acers dúctils (se'n poden fabricar fils primers i filferros), mal·leables (es poden estendre en làmines molt primes)

i són fàcils de soldar. En augmentar el contingut de carboni adquireixen duresa i resistència, i ja no són tan deformables i es tornen trencadissos.



Convertidor Bessemer

Aquests acers es fan servir en la fabricació de peces i elements mecànics de resistència mitjana per a maquinària i vehicles de tota mena. També es fan servir en la fabricació d'eines corrents, cargols, ferralla, rails i perfils en barra de diverses seccions.

En els acers aliats intervenen, a més a més del ferro i el carboni, altres elements que s'hi afegixen durant el procés de fabricació. D'aquesta manera, es milloren força les qualitats de l'acer amb carboni i fa que hi hagi una gran varietat d'acers:

L'acer amb silici té una gran elasticitat i resistència i es fa servir en molles, ballestes i xapes per a transformadors.

L'acer amb manganès presenta una resistència més gran al desgast i se solda amb facilitat. Es fa servir en rails i en perfils estructurals.

L'acer amb crom i vanadi té una resistència més gran a les deformacions en fred. S'empren en eines, en eixos de màquines o per a peces de gran responsabilitat en vehicles.

L'acer amb tungstè i molibdè (acer ràpid) té una gran duresa i resistència a la deformació en calent i es fa servir en eines de tall: broques, limes, fulles de serra, gúbies, etc.

L'acer amb níquel i crom té una gran duresa i resistència a la dilatació i a la corrosió, i és inoxidable. S'utilitza en arbres de transmissió, engranatges, cables, instruments de mesura, de precisió i quirúrgics, i en coberteries i ornamentació.

L'aparença externa de les diferents menes d'acer fa que no calgui cap tècnica d'acabat després de la fabricació.

L'obtenció de l'acer es pot dur a terme als anomenats convertidors, com el Bessemer i el d'oxigen, o a forns com el Martin-Siemens i l'elèctric. Els sistemes Bessemer i Martin-Siemens es van inventar a mitjan segle XIX, mentre que els altres van aparèixer en les darreres dècades del segle XX.

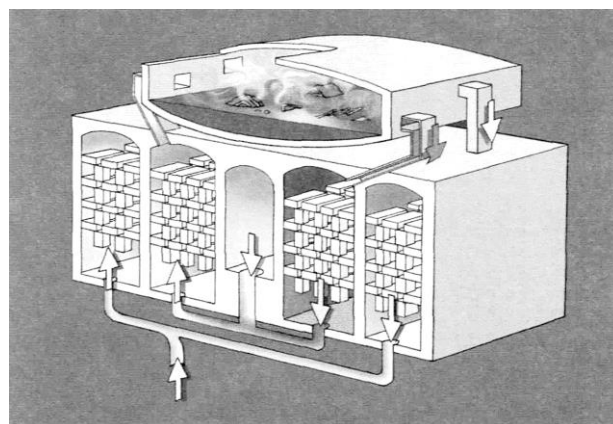
El convertidor Bessemer

El convertidor Bessemer, que fa servir com a única càrrega ferro provinent de l'alt forn, consisteix en un recipient obert per la part superior, per on s'omple, i que pot girar per a abocar-lo. Un cop introduït el ferro colat, encara fos, se li injecta aire a gran pressió per la part inferior. Aquest aire, en travessar la massa de ferro, contribueix a cremar el carboni i les altres substàncies, la qual cosa permet obtenir un acer amb el percentatge de carboni desitjat.

El forn Martin-Siemens

El forn Martin-Siemens pot fer servir com a càrrega tant el ferro colat provinent de l'alt forn com mineral de ferro i ferralla. Això permet reciclar una gran quantitat de material fèrric, la qual cosa no era possible abans d'aquesta invenció. Aquest forn és cobert amb un tipus de **volta** característica que permet aprofitar al màxim la calor, gràcies al fenomen de la **reverberació**. Pot produir diferents tipus d'acers i eliminar amb facilitat diverses substàncies mesclades amb l'acer.

Durant el procés es genera un gas combustible que es crema dins del forn. Per a facilitar la combustió, el gas combustible i l'aire passen prèviament per unes cambres regeneradores de calor on són escalfats pels gasos calents de la combustió abans de ser evacuats a l'exterior. Aquest tipus de forn és el que produïa quantitats més importants d'acer fins a l'aparició dels moderns forns d'oxigen i els forns elèctrics.



Forn Martin-Siemens

El convertidor d'oxigen

El convertidor per bufament d'oxigen es basa en el mateix principi que el Bessemer, però en comptes d'aire s'hi injecta directament oxigen per a cremar el carboni que conté el ferro. Això es fa mitjançant una llança que s'introdueix al forn, degudament refrigerada, fins a aconseguir la proporció de carboni desitjada.

Els forns elèctrics per arc voltaic

Les grans produccions d'electricitat i les elevades potències assolides han permès construir forns que aconsegueixen, amb l'ús d'aquesta forma d'energia, temperatures molt altes. Hi ha diversos procediments per a fondre el ferro, però el més estès és el d'**arc elèctric**.

El forn d'arc elèctric, que es carrega amb ferralla, es basa en el principi segons el qual si s'aplica un corrent elèctric adequat entre dos **elèctrodes**, en salta una guspira o arc elèctric. Dins del forn hi ha un elèctrode que conté un dels pols elèctrics, mentre que l'altre pol s'aplica directament sobre el material que s'ha de fondre, que actua com el segon elèctrode. El pas del corrent genera una descàrrega elèctrica en forma d'arc, el qual produeix al seu torn una elevada temperatura, que pot arribar fins a 4.000°C. Encara que aquest forn consumeix molta electricitat, té l'avantatge de ser molt ràpid, permet recuperar ferralla i pot produir aliatges d'acer d'alta qualitat.