

MATERIALI per TECNOLOGIE CHIMICHE

INDICE:

versione#B2 - Prof.A.Tonini - www.andytonini.com

[PROPRIETA'](#) - [GHISE](#) - [ACCIAI](#) - [RAME](#) - [ALTRI Me](#) - [POLIMERI](#) - [CERAMICI](#) - [APPENDICI](#) - [NANOMATERIALI](#) -

0) GENERALITA':

La scelta di un materiale per uso tecnologico dipende da diversi fattori:

costo apparecchiatura, manutenzione, durata; resistenza a corrosione; aspetto esteriore; ambiente dove operare; saldabilità; lavorabilità; sostanze cui viene a contatto; disponibilità;...

1) CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI: [vedi tab. a lato]

METALLICI: ferrosi e non ferrosi;

NON METALLICI: plastici o polimeri, elastomeri o gomme, ceramici, vetrosi, compositi, ... [vedi oltre - caratteristiche]

[INIZIO]

METALLICI	FERROSI	FERRO ACCIAI GHISE	COMPOSITI	FIBRA VETRO FIBRA CARBONIO POLIMERI RINFORZATI CERMETS
	NON FERROSI e leghe	Al Cu Ti Ni Mg Cr		ALLUMINA SILICE SILICATI CARBURI Si NITRURI Si
POLIMERI	PLASTOMERI	PE PP PS PVC PMMA PET PTFE ...	CERAMICI E VETRI	CEMENTI
	ELASTOMERI	GOMMA NAT BUNA S BUNA R		LEGNO PELLE CUOIO COTONE LANA SETA GOMMA NAT.
	FIBRE	NYLON PP	NATURALI	

2) PROPRIETA' DEI MATERIALI:

- **PROPRIETA' FISICHE** - caratterizzano il comportamento di un materiale quando è sottoposto ad azioni di natura fisica e dipendono dalla struttura intima della materia: **termiche** (comportamento all'energia, T_{fusione}, calore specifico, dilatazione, conducibilità,...), **elettriche** (conducibilità), magnetiche, acustiche, ottiche...

- **PROPRIETA' CHIMICHE** - individuano la possibilità di agire (reazione) su un determinato materiale, modificarne la struttura anche superficiale (cromatura...) o di resistere a particolari sostanze aggressive (vedi altro documento su corrosione).

- **PROPRIETA' MECCANICHE** - capacità di resistere a sollecitazioni di tipo meccanico, statiche e dinamiche: trazione, compressione, durezza, resilienza, allungamento, flessione, taglio, torsione, sollecitazione a fatica, taglio, attrito,...

- **PROPRIETA' TECNOLOGICHE** - definiscono l'attitudine di un materiale a lasciarsi lavorare mediante un determinato procedimento tecnologico: fusibilità colabilità (ghise, bronzi,...) lavorabilità plastica (acciai, ottoni,...) malleabilità (lavorabili in lamine) duttilità (lavorabili a fili) saldabilità flessibilità,...

CARATTERISTICHE MECCANICHE (vedi tab. materiali in [appendice](#))

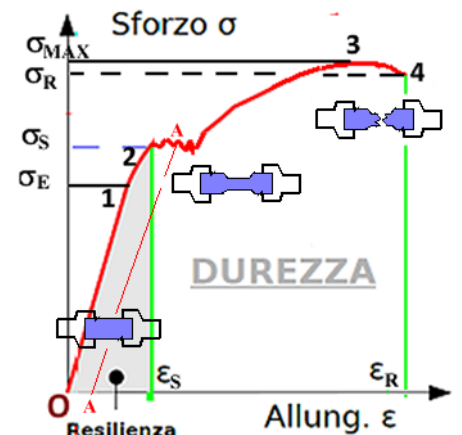
- Prova a TRAZIONE - diagr.sforzo/allungamento -

Consiste nel sottoporre un provino del materiale da esaminare, ad allungamenti programmati tramite una apposita macchina in grado di misurare lo sforzo applicato per provocare un dato allungamento. Lo sforzo (σ), detto tensione o carico unitario, rappresenta la forza applicata sull'unità di superficie e viene misurata in N/m²; le deformazioni vengono descritte tramite l'allungamento specifico (ϵ), dato dal rapporto dimensionale tra la variazione di lunghezza e la lunghezza iniziale.

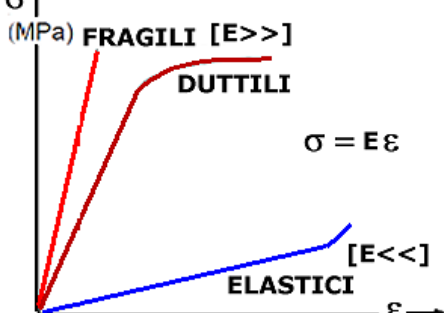
$$\sigma = \text{forza}/\text{sez.} = F/A_{\text{iniz.}} \quad [A_{\text{iniz.}} = \text{sez. provino}]; \quad \epsilon = [L-L_0]/L_0 \quad [L_0 = \text{lungh. iniziale}].$$

Sulla curva sforzo-allungamento sono riconoscibili dei tratti caratteristici:

- 0-1: andamento rettilineo, c'è proporzionalità diretta tra l'allungamento specifico e lo sforzo necessario per ottenerlo; le deformazioni sono elastiche.
- 1-2: comportamento elastico, ma senza proporzionalità.
- 2: snervamento, inizio di deformazione permanente, con strizione del provino; A-A: linea di scarico del provino deformato al p.to A (deformaz. permanente O-A)
- 2-3: aumento dello sforzo; 3: massimo carico;
- 3-4: diminuzione dello sforzo.
- 4: rottura.



PROPRIETA' MECCANICHE

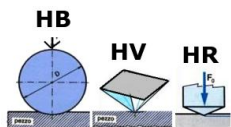


DEFINIZIONI:

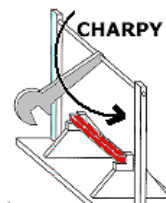
- **modulo di Young E**, o modulo di elasticità: nel campo elastico (tratto lineare) ed è una caratteristica intrinseca del materiale; [legge di Hooke $\sigma = E \cdot \epsilon$ deform. elast. proporz.]
- **carico di snervamento σ_S** : valore del carico nominale teorico a partire del quale il materiale inizia a deformarsi plasticamente (strizione); si assume un carico di snervamento convenzionale che corrisponde a allungamento permanente dello 0,2% della lungh. totale;
- **carico di rottura σ_R** : carico massimo sopportabile dal provino poco prima della rottura;
- **allungamento a rottura ϵ_R** : importante nel definire la duttilità del materiale;
- **duttilità**: capacità di deformazione plastica prima della rottura.
- **durezza**, data dal valore numerico dell'area sottesa dalla curva;
- **resilienza**, rappresentata dall'area sottesa della parte lineare della curva e che fornisce una misura della resistenza a rottura per sollecitazione dinamica (urto-strappo).
- **tenacità**: capacità di assorbire energia di deformazione;

Ogni materiale presenta un grafico diverso; es.: solidi ionici= hanno un modulo E di Young molto elevato, per cui avviene la rottura prima di arrivare alla deformazione plastica; alcune gomme e gli elastomeri hanno modulo di YOUNG molto basso, per cui si avranno basse tensioni per grandi allungamenti. ($E \gg$ = materiale rigido, con basso ϵ).

- **DUREZZA**: resistenza che un materiale oppone a una deformazione permanente della sua **superficie** (scalfittura) provocata dalla penetrazione di un corpo (sfera cuneo cono). Per misurare la durezza si usano penetratori di forma opportuna che vengono spinti sulla superficie del materiale in esame, misurando le deformazioni conseguenti. I metodi più usati sono il metodo Brinell, il Vickers, e il Rockwell. La durezza determinata con il metodo Brinell è consigliata per materiali molto duri; la Rockwell viene usata sugli acciai temperati.



- **RESILIENZA**: rappresenta la capacità di resistere agli **urti-strappi** (sollecitazione dinamica). I materiali che presentano elevata **durezza** presentano anche bassissima **resilienza** (fragilità). Si sottopone un provino ad un urto causato da una mazza a caduta pendolare, lasciando cadere la mazza da un'altezza sufficiente a rompere il provino. La misura della resilienza è data dal rapporto tra l'energia consumata nella rottura e la sezione del provino, misurata in $\text{Kg} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$; le rotture **DUTTILI** avvengono con deformazione del materiale, le **FRAGILI** avvengono per cedimento del materiale senza essere preceduto da deformazioni;



bassa resilienza = **FRAGILITÀ**; alta resilienza = **TENACITÀ**, rottura dopo deformazione vistosa.

N.B.: un materiale deve lavorare in un campo di carichi opportuno: noto il carico a rottura σ_R , il carico di **sicurezza** σ_S sarà $=1/3 \div 1/5$ di σ_R per carichi statici, $=1/10 \div 1/20$ di σ_R per carichi dinamici.

ALTRE PROVE:

- **Allungamento % a rottura**: deformazione permanente, dopo la rottura, espressa come % della lunghezza iniziale.
- **Resistenza a fatica**: resistenza a sollecitazioni intermittenti, ma ripetute in continuo, cicliche, anche a carichi inferiori a σ_E .
- **Scorrimento viscoso**: resistenza a prove di trazione a temperatura alta, misurando l'allungamento a carico e T costanti; (importante nell'uso di materiali).

MATERIALI E PROPRIETA' IN BREVE:

- **metallici** - hanno un relativamente alto modulo di Young. Possono essere resi più resistenti se in lega, attraverso trattamenti a caldo o trattamenti meccanici pur mantenendo comunque una certa duttilità. A causa in parte della loro duttilità hanno scarsa resistenza alla fatica e rispetto alle altre classi di materiali sono i meno resistenti alla corrosione. Struttura: sono solidi policristallini a struttura reticolare, conformati come insiemi di grani.

- **polimeri e elastomeri** - hanno un basso modulo di Young orientativamente 50 volte inferiore a quello dei metalli ma possono comunque essere resistenti quasi come i metalli. Una conseguenza di questa capacità è che le deformazioni elastiche sono elevate e se sottoposti a carico possono nel tempo assumere un assetto permanente. Le loro proprietà dipendono molto dalla temperatura tanto che un polimero tenace e flessibile a 20°C può divenire fragile alla temperatura di 4°C o deformarsi rapidamente in acqua bollente a 100°C .

Ciò rende le applicazioni con questa classe di materiali limitate sotto i 200°C . Ciò nonostante trovano un largo utilizzo e questo grazie alle loro molteplici proprietà. Hanno un'importante resistenza per unità di peso comparabile con quella dei metalli, sono facili da modellare in forme più o meno complicate e facilmente assemblabili grazie alla loro elasticità e se vengono accuratamente fabbricati non necessitano particolari processi di finitura. Sono resistenti alla corrosione e presentano un basso coefficiente d'attrito. (VEDI DOCUMENTO MATERIE PLASTICHE E POLIMERI a parte).

- **ceramici e vetri** - hanno anch'essi un elevato modulo di Young e a differenza dei metalli sono fragili.

Sono particolarmente fragili se sottoposti a sforzi in tensione mentre in compressione presentano un carico a rottura circa 15 volte superiore. A causa del fatto che non sono duttili sono molto sensibili agli sforzi concentrati e agli sforzi superficiali. Mentre i materiali duttili riescono a distribuire gli sforzi attraverso la deformazione i ceramici e i vetri non presentano questa capacità. Ciò nonostante presentano caratteristiche interessanti. Sono rigidi, duri, resistenti all'abrasione e alla corrosione e conservano le loro caratteristiche alle alte temperature. Sono da considerarsi un'importante classe di materiali per l'ingegneria.

- **compositi** - combinano le proprietà più interessanti delle altre classi di materiali pur comunque mantenendo degli svantaggi. Fondamentalmente sono duri, resistenti e tenaci. La maggior parte dei compositi utilizzati nell'ingegneria sono di matrice polimerica, epossidica o poliestere normalmente rinforzati con fibre di vetro, carbonio o Kevlar. Non possono essere utilizzati oltre i 250°C a causa dell'ammorbidimento della matrice polimerica anche se a temperatura ambiente hanno delle eccellenti prestazioni. In generale sono materiali costosi e che presentano una difficile predisposizione ad essere formati e saldati. Quindi nonostante le loro interessanti proprietà in generale vengono utilizzati solo quando l'aumento delle prestazioni dovuto al loro utilizzo giustifica i costi aggiuntivi che ne derivano.

3) MATERIALI METALLICI FERROSI: GHISE E ACCIAI

I metalli sono caratterizzati dalla particolare **struttura cristallina** per cui gli elettroni non sono rigidamente associati a nuclei nei rispettivi atomi, ma sono liberi di muoversi. Questa caratteristica determina elevata conducibilità elettrica e termica. A temperatura ambiente si presentano allo stato solido; hanno elevato peso specifico, sono malleabili, duttili e opachi. I metalli puri vengono usati poco (causa spiccate singole proprietà), sono più spesso usate le leghe.

3.1. GHISE

Le ghise sono leghe ferro-carbonio con percentuali di carbonio che in pratica vanno dal 1,7% al 4,5%, in genere circa il 3%. Presentano resistenza a trazione molto più bassa degli acciai, mentre resistono meglio alla compressione. Hanno un'elevata durezza e facilità con cui possono essere foggiate (colate) in stampi. Gli aspetti negativi sono: la bassa resilienza, la resistenza alla corrosione, la lavorabilità alle macchine utensili; possono essere migliorate con l'aggiunta di leganti. Suddivisione:

- ghise **GREZZE**, ottenute direttamente dall'altoforno: (buona fusibilità colabilità, non malleabili e duttili; → produz. acciai)
- ghise **GRIGIE**: C libero sotto forma di grafite; per raffreddamento della colata lento – economiche, per pezzi fusi, basamenti ingranaggi flange alberi trasmissione, resistenti a acidi e corrosione;
- ghise **BIANCHE**: C legato al Fe come carburo (chiaro); per raffreddamento della colata rapido; elevata durezza, resistenza a usura, scarsa a urti; +Ni/Cr → sfere per mulini, mascelle di frantoi, parti resistenti a abrasione, acidi, soluzioni saline, corros..
- ghise di **QUALITÀ – SPECIALI**: da lavorazione-trattamenti termici ghise grezze + aggiunte elementi.

tipi di ghise speciali	Caratteristiche principali
Ghisa sferoidale	C:3,7%;Si:1,7%;Mn:0,5%;... così chiamata in quanto il carbonio è presente sotto forma di piccole sfere la cui formazione è provocata dall'aggiunta di magnesio. Contiene anche silicio, manganese, nichel, fosforo e zolfo. Possiedono caratteristiche simili agli acciai. Vengono utilizzate per ingranaggi, ruote, ecc.
Ghise aciculari	C:3,1%;Si:2,6%;Mn:1,2%;... così chiamate per la struttura ad aghi che assicura una grande resistenza agli urti. Contengono anche silicio, manganese, fosforo e zolfo.
Ghise all'alluminio	Al:4÷8%; grande resistenza all'ossidazione ed alla corrosione da gas solforosi a caldo.
Ghise al cromo	Cr:12÷32%; resiste all'ossidazione a caldo.
Ghise al molibdeno	Mo:≤3,5%; grande resistenza agli urti, alla flessione ed agli sbalzi termici.
Ghise al nichel	Ni: ≤36%; presentano maggiore lavorabilità e possono essere saldate. Resistono alle alte temperature e dagli ambienti corrosivi

3.2. ACCIAI - Caratteristiche e classificazione [vedi in **appendice** la designazione]

Vengono definiti acciai le leghe ferro-carbonio che contengono una percentuale massima di carbonio dell'1,78%, in generale non superiore allo 0,9%. Ottenuti per affinamento della ghisa.

È possibile modificare le proprietà meccaniche tramite opportuni trattamenti termici. Oltre a ferro e carbonio possono essere presenti altri leganti: cromo, nichel, molibdeno; vengono aggiunti per impartire determinate caratteristiche speciali: **basso legati**, se nessun elemento supera il 5%, **alto legati** se almeno uno supera il 5%.

Trattamenti acciai	caratteristiche e finalità
Tempra	Consiste nel riscaldare l'acciaio, si ha un raffreddamento più o meno rapido. Consente di ottenere elevata durezza e grande resistenza meccanica, a scapito della resilienza.
Rinvenimento	Viene effettuato per attenuare gli svantaggi della tempra, riscaldamento a temperature relativamente basse. Consente di abbassare la fragilità acquisita all'acciaio dopo la tempra.
Ricottura	Si effettua riscaldando a temperature vicine a quelle critiche, mantenendo il tempo necessario per il completamento delle trasformazioni e raffreddamento molto lentamente. Consente di eliminare gli effetti di trattamenti precedenti, nonché le tensioni interne.
Bonifica	L'insieme dei trattamenti di tempra e rinvenimento.

TIPI DI ACCIAI	IMPIEGHI PIÙ COMUNI																								
Acciai comuni al carbonio	Sono soggetti a corrosione , possono essere facilmente riparati grazie alla grande saldabilità . Alle temperature più elevate aumenta la velocità di corrosione e decadono le caratteristiche di resistenza meccanica; alle temperature più basse aumenta la fragilità. usi: tubazioni, pompe, valvole, colonne di reazione e di lavaggio, caldaie per vapore, attrezzature varie.																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>acciaio</th> <th>Contenuto di carbonio</th> <th>Resistenza a trazione (N mm⁻²)</th> <th>durezza Brinell (N mm⁻²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>extradolce</td> <td>0,12 %</td> <td>350-420</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>dolce</td> <td>0,15 %</td> <td>400-450</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td>semiduro</td> <td>0,32 %</td> <td>550-600</td> <td>1800</td> </tr> <tr> <td>duro</td> <td>0,52 %</td> <td>750-800</td> <td>2300</td> </tr> <tr> <td>extraduro</td> <td>0,85 %</td> <td>950-1100</td> <td>2700</td> </tr> </tbody> </table>	acciaio	Contenuto di carbonio	Resistenza a trazione (N mm ⁻²)	durezza Brinell (N mm ⁻²)	extradolce	0,12 %	350-420	1400	dolce	0,15 %	400-450	1500	semiduro	0,32 %	550-600	1800	duro	0,52 %	750-800	2300	extraduro	0,85 %	950-1100	2700
	acciaio	Contenuto di carbonio	Resistenza a trazione (N mm ⁻²)	durezza Brinell (N mm ⁻²)																					
	extradolce	0,12 %	350-420	1400																					
	dolce	0,15 %	400-450	1500																					
	semiduro	0,32 %	550-600	1800																					
duro	0,52 %	750-800	2300																						
extraduro	0,85 %	950-1100	2700																						

<p>Acciai debolmente legati → esempio leganti:</p>	<p>CROMO: aumenta la temprabilità, resistenza a usura corrosione ossidazione, elevata durezza, stabilità al rinvenimento; con concentrazioni > 12% è utilizzato negli acciai inossidabili ferritici e martensitici; usi: acciai inox costruzioni perni cuscinetti...; anche alte T (→400°C). NICHEL: aumenta la resistenza e la durezza dopo la bonifica; abbassa il coeff. dilatazione termica, aumenta di poco la temprabilità; partecipa alla resistenza alla corrosione dell'acciaio inox, con percentuali anche molto elevate (25% circa); Usi: inox...; uso anche basse T (→-120°C).</p>
<p>Acciai debolmente legati → esempio leganti:</p>	<p>MANGANESE : aumenta elasticità durezza resistenza a sfregamenti, agisce come desolforante e disossidante (max percentuale tollerata 0,8%); in alte percentuali aumenta il tasso di incrudimento; uso anche basse T (→-120°C). SILICIO: aumenta limite elasticità, permeab. magnetica, disossidante (massima percentuale tollerata 0,4%); usi: molle balestre lamierini x trasformatori...; MOLIBDENO: aumenta temprabilità resistenza a caldo durezza a caldo e la resistenza a usura; aumenta la resistenza alla corrosione degli acciai inox, la resistenza meccanica ad alta temperatura; viene utilizzato con concentrazioni notevoli (9% circa) per produrre acciai per utensili; anche alte T (→400°C). VANADIO: aumenta resistenza meccanica e all'usura; alza il limite elasticità; usi: molle,...; anche alte T (→400°C). TUNGSTENO: aumenta resistenza all'usura e durezza; impiegato con tenori che vanno dal 13 al 25% negli acciai rapidi per utensili; TITANIO E NIOBIO: disossidante denitruante affinante del grano, previene la corrosione intergranulare negli acciai inox; NIOBIO E TANTALIO: essenziali negli acciai indurenti, aumentano resistenza meccanica resistenza a fatica resistenza a corrosione resistenza all'usura. AZOTO: promuove l'invecchiamento dell'acciaio al carbonio; aumenta la resistenza meccanica degli acciai inossidabili; stabilizza l'austenite negli acciai inossidabili;</p>
<p>Acciai inossidabili austenitici (AISI 300)</p>	<p>Oppongono una buona resistenza agli ambienti corrosivi ossidanti; es. 18/8 e 18/10 (Cr-Ni) con formazione di strato di ossido protettivo. Assolutamente da evitare per gli ambienti riducenti. Indicati per gli impianti di produzione di HNO₃ e H₂SO₄; uso pompe valvole tubazioni recipienti.</p>
<p>Acciai inossidabili martensitici (AISI 410 420)</p>	<p>Presentano resistenza alla corrosione inferiore agli acciai austenitici, vengono impiegati in ambienti meno aggressivi. Opportunamente trattati raggiungono elevatissimi valori di resistenza a trazione, sono adatti per gli impieghi ad alte pressioni.</p>
<p>Acciai inossidabili ferritici (AISI 430)</p>	<p>Resistono in maniera eccellente all'ossidazione ad alta temperatura. Non sono ideali per gli acidi riducenti come HCl, mentre resistono meglio all' HNO₃.</p>
<p>TIPI DI ACCIAI</p>	<p>IMPIEGHI PIÙ COMUNI</p>

N.B.: struttura austenitica; stabile solo ad alta temperatura (sopra i 723 °C), si trasforma in perlite, bainite o martensite; per acciai inossidabili austenitici (+ Cr + Ni), l'austenite è stabile a temperatura ambiente. **[vedi documento diagrammi di stato]** [vedi **appendice** designazione - denominazione acciai]

[INIZIO]

4) Leghe di RAME – cenni

Hanno un'elevata conducibilità termica ed elettrica, vengono utilizzate nelle apparecchiature di scambio termico. Il rame metallico possiede una notevole resistenza alla corrosione, un'elevata resistenza alle atmosfere corrosive e all'acqua di mare, è altamente sconsigliato per gli acidi ossidanti e per l'ammoniaca. Le leghe di rame più comune sono gli ottoni, i bronzi e leghe cupronichel.



Gli **ottoni** sono leghe di rame e zinco (fino al 40%); al variare della percentuale di zinco variano le caratteristiche della lega; rispetto al Cu ha migliori proprietà meccaniche se la percentuale di zinco si mantiene sotto il 20% (valvole, fasci tubieri di scambiatori di calore, ...); sopra il 20% continuano a migliorare ma con scadimento della resistenza a corrosione.

I **bronzi** sono leghe di rame stagno. Possiedono caratteristiche meccaniche simili agli ottoni e caratteristiche di resistenza alla corrosione inferiore; (valvole, agitatori, ingranaggi, ...).

Le leghe **cupronichel** sono costituite da rame e nichel in percentuali dal 10% al 30%. Presentano la più elevata resistenza alla corrosione; (tubi per scambiatori di calore in particolare in caso di uso di acque marine..).

LEGA OTTONE	Composizione	Caratteristiche ed usi
Ammiragliato allo stagno	Zn=28%; Sn=1,2%	Usati per la costruzione di piastre tubiere di scambiatori di calore.
Ammiragliato all'alluminio	Zn=40%; Al=4%; As tracce	Usati per fasci tubieri di condensatori ad acqua di mare o salmastra.
Ammiragliato al manganese	Zn=40%; Mn=4%; Fe e Al	Impropriamente denominato "bronzo", utilizzato per costruire valvole e parti di pompe.

Lega	Composizione	Caratteristiche ed usi
BRONZI COMUNI	Sn fino al 20%	Valvole, agitatori o cuscinetti e ingranaggi.
Bronzi all'alluminio	Senza stagno con Al fino al 7,5%	Vengono definiti bronzi all'alluminio monofase. Resistono agli ambienti corrosivi. Vengono utilizzate nella produzione di parti di pompe e di centrifughe.
Bronzi al berillio	Fino al 2,5% di Be	Molto resistenti all'usura. Vengono utilizzati a temperature estremamente basse.
Bronzi al silicio	Fino al 3% di Si	Sono caratterizzati da bassa durezza, notevole duttilità e buona resistenza alla corrosione. Usati per la produzione di pareti di reattori e valvole.

5) Leghe di ALLUMINIO

– cenni



L'Al ha buona conducibilità termica ed elettrica, "leggerezza" (basso peso specifico: 2,7 Kg/dm³), buona resistenza alla corrosione (si passiva formando in superficie uno strato compatto di ossido) ma non agli acidi e alle basi. **by**

Grazie alle caratteristiche di leggerezza l'alluminio viene impiegato in lega con rame, magnesio e zinco (magnalio, electron, duralluminio) nell'industria navale, automobilistica e aerea; leghe Al-Si-Mg sono utilizzate per serramenti e infissi; Al-Zn-Mg hanno doti di resistenza alla corrosione.

Nomi	Composizione (il resto a 100 è Al)	Carico di rottura (Kg/mm ²)	Limite di elasticità (Kg/mm ²)	Durezza Brinell	Allungamento (%)
Aluminon (aluman)	1,5% Mn	16 ÷ 20	14 ÷ 18	45 ÷ 60	4 ÷ 6
Anticorodal	1=2% Si; 0,6% Mg; 0,6% Mn; 0=0,3% Fe	Crudo 33 ÷ 36 Ricotto 11 ÷ 13	27 ÷ 30 6 ÷ 7	90 ÷ 100 28 ÷ 30	11 ÷ 14 25 ÷ 27
Duralite	0,6% Si; 3% Cu; 0,5% Mg; 0,6% Mn; 1,5% Fe; 0,6% Ni	25 ÷ 35	23 ÷ 32	110 ÷ 130	0,5 ÷ 2,5
Duralluminio	0,2 ÷ 0,5% Si; 3,5 ÷ 5,5% Cu; 0,5% Mg; 0=1% Mn; 0,30% Fe; 0 ÷ 1% Ni	48 ÷ 62	30 ÷ 54	100 ÷ 125	18 ÷ 20
Silumin	5 ÷ 14% Si; 0,3% Mg; 0 ÷ 0,6% Fe	25	12	75	3 ÷ 5

6) Leghe di MAGNESIO – cenni

Il magnesio si lega con Al, Zn, Cr, Mn; le leghe di magnesio non possono sopportare la lavorazione plastica a freddo, solo con alluminio è possibile sottoporle a trafilatura a caldo.



7) Leghe di NICHEL – cenni

Il nichel e le sue leghe hanno come principali caratteristiche, la duttilità, la saldabilità, la lavorabilità alle macchine e la buona resistenza agli ambienti aggressivi (alcali ac.solforico vapore soluzioni saline); il principale svantaggio è il suo costo elevato, per cui è utilizzato in lega con altri metalli. Usato in lega.

Legato con rame, il nichel è presente nelle leghe monel (70% Ni) aventi notevole resistenza alla corrosione da parte degli agenti chimici, nella costantana (45% Ni) usata per resistenze elettriche.

_ Hastelloy _ leghe ad alto contenuto di Ni 53-62% contenenti Fe 6-22%, oltre a Si Cu Cr e W; molto resistenti a corrosione, costose e poco lavorabili;

_ Monel _ lega 67% Ni, 30%Cu 1,4%Fe... ;buona lavorabilità, malleabile, e resistenza chimica; usi per giranti alberi pompe valvole raccordi,...

_ Inconel _ lega 80% Ni, 14% Cr, 6% Fe; alta resistenza chimica meccanica, anche a alte T.



8) TITANIO e leghe –

Tende a rivestirsi di pellicola di ossido molto resistente; basso peso specifico (4,5 Kg/dm³), notevole resistenza meccanica, forte resistenza a cloro e cloruri, all'acqua marina, a acidi forti, a sali metallici;

costoso; difficile lavorabilità.



9) ALTRI MATERIALI METALLICI – cenni:

ALTRI MATERIALI	Caratteristiche
Zirconio	Utilizzato come contenitore delle barre di combustibile nucleare ed in altri ambiente corrosivi.
Tantalio	Praticamente inerte a molti acidi ossidanti o riducenti. Utilizzato nelle apparecchiature di scambio termico che operano in condizioni drastiche.
Piombo	Utilizzato in passato per le sue caratteristiche di resistenza alla corrosione in acido solforico. Veniva usato anche per costruire tubazioni per acqua.
Cobalto	In lega con altri metalli possiedono grande resistenza alla corrosione. Tra le leghe molto usata è la stellite, 58% Co ed il resto Cr e Ni, dotata di elevatissima durezza e resistenza all'abrasione.

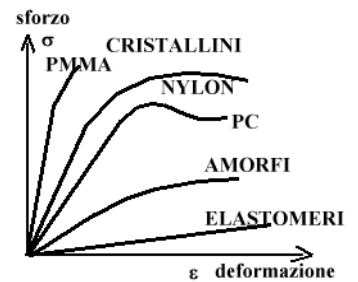
10) MATERIALI POLIMERICI – cenni – [→vedi DOCUMENTO approfondito sui POLIMERI a parte]

VANTAGGI: leggerezza lavorabilità resistenza chimica basso costo;

SVANTAGGI: proprietà meccaniche in genere scarse, scarsa resistenza termica, scadimento e invecchiamento nel tempo, scarsa resistenza a usura;

2.1-PLASTOMERI: materiali plastici sintetici o artificiali con struttura macromolecolare che in determinate condizioni di temperatura e pressione subiscono variazioni più o meno permanenti di forma:

- **Termoplastiche:** materie plastiche che acquistano malleabilità, cioè rammolliscono, sotto l'azione del calore. In questa fase possono essere modellate o formate in oggetti finiti e quindi per raffreddamento tornano ad essere rigide. Questo processo, teoricamente, può essere ripetuto più volte in base alle qualità delle diverse materie plastiche. (nella maggior parte dei casi sono costituite da polimeri lineari, con legami deboli da spezzare). Riciclabili.[PE PP PVC PTFE...]
- **Termoindurenti:** sono un gruppo di materie plastiche che, dopo una fase iniziale di rammollimento dovute al riscaldamento, induriscono per effetto di reticolazione tridimensionale; nella fase di rammollimento per effetto combinato di calore e pressione risultano formabili. Se questi materiali vengono riscaldati dopo l'indurimento non ritornano più a rammollire, ma si decompongono carbonizzandosi. Oggetti duri resistenti ma fragili.[PU PF EP...]



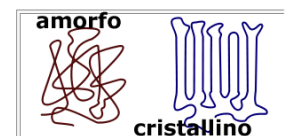
2.2- ELASTOMERI: sostanze (naturali e sintetiche) in grado di estendersi facilmente quando sono sottoposte a trazione e di riprendere con facilità la forma iniziale una volta scomparsa la causa che ha determinato la deformazione (modulo di Young <<). Tali sostanze possono essere naturali o sintetiche, chimicamente sono polimeri e si lavorano in modo analogo alle materie plastiche.[NR...]

2.3- FIBRE – vedi documento polimeri-

2.3.STRUTTURA:Un aspetto importante riguarda il **grado di ordine** delle macromolecole:

S. **AMORFA:** caratterizzata da distribuzione disordinata delle catene, a causa spesso di gruppi ingombranti laterali, o disposizione irregolare di catene lineari;(es. PS PMMA PVA PVC ...).

S. **CRISTALLINA:** caratterizzata da disposizione di catene ordinata, con zone a orientamento comune parallelo (cristalliti); struttura regolare facilitata da catene lineari; tra le catene vicine si instaurano forze di coesione di Wan der Waals e legami a H, che impartiscono alta resistenza meccanica, chimica ai solventi, alta T rammollimento, a volte alta fragilità; (es. PE PS PP PTFE PA fenoliche poliestere PMMA...)

**ALCUNI ESEMPI:**

Polietilene PE: ottima resistenza agli agenti chimici e ai solventi; degrada sotto l'effetto delle radiazioni ultraviolette della luce; ha una limitata resistenza termica in quanto rammollisce attorno ai 100°C, ha costi molto contenuti.

Polipropilene PP: E' il materiale termoplastico per impieghi strutturali meno costoso; ha una densità molto contenuta, pari a 0,9 g/cm³ ; può dare polimeri isotattici, atattici, sindiotattici; quelli isotattici (moplen) hanno carico di rottura di 30-40 MPa e resistono fino a 150°C. Queste proprietà sono ulteriormente migliorabili se si aggiungono cariche e rinforzanti. Presenta però un ritiro elevato allo stampaggio e una tendenza allo sbiancamento se esposto alla luce, per cui è necessario additarlo di stabilizzanti e di sostanze coloranti molto scure.

Polistirene PS: Polimero amorfo, trasparente, duro, con carico di rottura di 40-50 MPa, fluido a caldo e quindi adatto allo stampaggio per iniezione; usato in forma espansa come isolante termico e acustico. Impiegato in numerosi copolimeri , ad es. con il butadiene per dare l'elastomero SBR o con acrilonitrile e butadiene per dare il copolimero ABS che, come il polistirene, mostra una discreta resistenza all'urto, buone proprietà meccaniche, salvo l'allungamento elastico che è modesto; impiegato in applicazioni estetiche (buona finitura superficiale), come espanso come isolante termico.

Resine poliviniliche: policloruro di vinile (PVC) e acetato di polivinile (PVAc). Il più importante è il **PVC**, un polimero duro, che può diventare morbido e flessibile in presenza di plastificanti, molto resistente al calore e alla fiamma. La presenza di plastificanti, nella misura del 50 % in peso, ne abbassa la temperatura di transizione vetrosa da circa 100°C a circa - 40°C; trova applicazione nell'isolamento di cavi elettrici, nella forma estrusa; per produrre finta pelle e laminati, nella forma calandrata; per produrre guarnizioni di tenuta, tubazioni pompe valvole contenitori rivestimenti. L'acetato di polivinile viene usato come filmogeno nella produzione di vernici.

Resine fluorurate: politetrafluoroetilene **PTFE** teflon; polimero lineare altamente cristallino, impiegabile a temperature insolitamente alte, 330°-350°C. Viene ottenuto per sinterizzazione di polveri compresse o estruse a freddo e poi riscaldate a 370°C. Presenta una eccezionale inerzia chimica, ha ottime proprietà meccaniche ed elettriche fino ad almeno 250°C, è piuttosto costoso e difficile da lavorare; alta resistenza chimica, idrorepellente, antiadesività, resistenza a alte temperature, Trova impiego in applicazioni impegnative: guarnizioni tubi flessibili giunti di dilatazione sfere per valvole rivestimenti...

Resine poliammidiche: PA; polimero: nailon 6 e polimero: nailon 6,6. Presentano elevata cristallinità, temperature di fusione elevate, 250°-260°C, alti carichi di rottura e buona resistenza all'abrasione. Sono quindi tecnopolimeri per eccellenza dotati anche di ottima verniciabilità. Sono di costo relativamente elevato e vengono impiegati in organi meccanici : sedi per teste a snodo, boccole, inserti per dadi autobloccanti... fibre...

NANOMATERIALI – [VEDI **APPENDICE**]

[INIZIO]

3. MATERIALI CERAMICI: classificazione -

C.**tradizionali** (argilla silice feldspati): mattoni - porcellana (comune dura e gres) vetri - refrattari – abrasivi - leganti;

C.**avanzati** o **tecnoceramici**: Al.ossido - Si.carburo (usi per alte T) - Si.nitruro;

PROPRIETÀ: T fusione molto alte; elevata durezza e modulo elastico di Young, alta resistività elettrica, bassissima conducibilità termica e dilatazione, buona resistenza chimica; fragilità, particolarmente se sottoposti a sforzi in tensione mentre in compressione presentano un carico a rottura circa 15 volte superiore. Non sono duttili, quindi molto sensibili agli sforzi concentrati e agli sforzi superficiali; mentre i materiali duttili riescono a distribuire gli sforzi attraverso la deformazione i ceramici e i vetri non presentano questa capacità.

CARATTERISTICHE SPECIFICHE:

-resistenti a corrosione, abrasione, all'attacco di molti agenti chimici, superficie liscia vetrosa impermeabile dura superficialmente, bassa conducibilità termica, alta T fusione, resistenza meccanica anche alta T.

USI TECNOLOGICI:

- **porcellana** dura: tubazioni valvole pompe per ambienti corrosivi, serbatoi reattori colonne;
- **gres**: per rivestire pareti pavimenti, per tubazioni,...
- **refrattari**: materiali resistenti alte T e agenti aggressivi, per forni e reattori. Tipo acidi (alla silice), basici (magnesia).
- **vetro**: rivestimento di reattori chimici, tubi per gas corrosivi, elem.riempimento colonne, contenitori con inerzia chimica, ma bassa resistenza meccanica; problemi per giunzioni e fragilità.

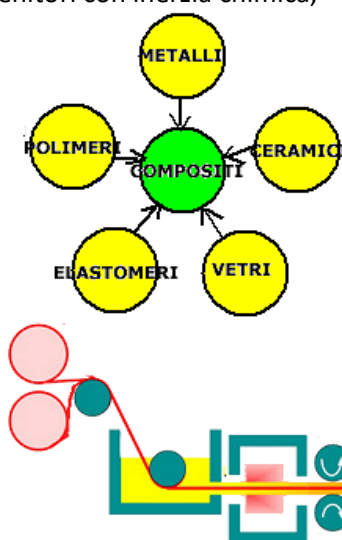


4. MATERIALI COMPOSITI:

fase matrice (→continua omogenea) + **fase rinforzante dispersa** (→resistenza e rigidezza: pannelli fibre particelle).

- compositi a **matrice polimerica**: termoplastici (Nylon e ABS) o termoindurenti (resine epossidiche - vetroresina), resistenti ma bassa densità e lavorabilità, resistenza chimica (serbatoi tubi valvole...). Le matrici di resina termoindurente più comunemente usate includono poliestere, epoxy, estere vinile e fenoli. La scelta dei tipi di resine impiegate varia le caratteristiche di temperature d'esercizio, resistenza agli agenti chimici e aggressione degli agenti atmosferici, le proprietà di conducibilità elettrica e alla resistenza al fuoco.
- compositi a **matrice metallica**: alluminio, o titanio e loro leghe, raramente magnesio o altri;
- compositi a **matrice ceramica**: carburo di silicio o allumina;

Rinforzi comunemente usati sono il vetro (fibre), il carbonio e le fibre aramidiche, quest'ultime disponibili in varie forme (continue, frammentate, multi-assiali o intessute).



Una scelta opportuna dei tipi di rinforzo permette di tarare le caratteristiche di forza e resistenza della struttura finale su quasi ogni esigenza richiesta dal prodotto finito.

→esempi: fibra di vetro; fibra di carbonio (costituite da carbonio grafittico e carbonio amorfo); fibre ceramiche (ad esempio carburo di silicio o allumina); fibre aramidiche (come il Kevlar); fibra di basalto.

→svantaggi: scarsa resistenza superficiale a usura e carichi concentrati, costo elevato, problemi di smaltimento e riciclaggio.

[INIZIO]

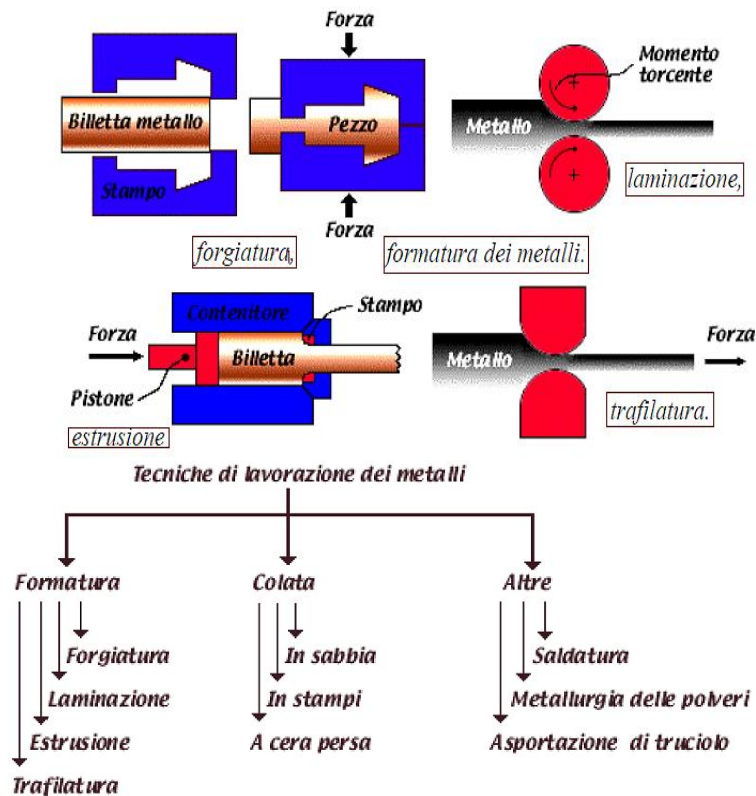
APPENDICE

A1- PROPRIETÀ DEI MATERIALI:

Materiale	Abbreviazione	Resistenza chimica	Temperature ammesse	
			costante	di punta
Cloruro di polivinile non plastificato (rigido)	PVC	Resistente alla maggior parte delle soluzioni acquose di acidi e basi, alle soluzioni saline e ai composti organici solubili nell'acqua. Non resistente agli idrocarburi aromatici e clorurati.	60°	80°
Cloruro di polivinile surclorato	PVC-C	Utilizzabile come il PVC rigido ma fino a temperature di 90°.	90°	110°
Polietilene ad alta densità	PE-50	Resistente alle soluzioni acquose di acidi, basi e sali e a un gran numero di solventi organici. Non adatto per acidi concentrati ossidanti	60°	80°
Polipropilene stabilizzato al calore	PP	Resistenza chimica simile al PE-50 ma impiegabile a temperature più elevate	90°	110°
Polifluoruro di vinilidene	PVDF (SYGEF)	Resistente agli acidi alle soluzioni saline, agli idrocarburi alifatici, aromatici e clorurati, agli alcoli e agli alogenati. Particolarmente resistente ai chetoni, agli esteri, agli eteri, alle basi organiche e alle soluzioni alcaline	140°	150°
Polibutene-1	PB	Come per il PE-50 ma utilizzabile fino a 90°	90°	100°
Poliossimetilene	POM	Resistente alla maggior parte dei solventi e delle soluzioni acquose delle basi. Non adatto agli acidi	60°	90°
Poli tetrafluoroetilene (p.e. Teflon®)	PTFE	Resistente a tutti gli agenti chimici presenti nella seguente tabella	250°	300°
Gomma nitrilica	NBR	Buona resistenza agli oli e alle benzine. Sconsigliato per i fluidi ossidanti	90°	120°
Gomma butilica e gomma etilenica-propilenica	IIR EPDM	Buona resistenza all'ozono e alle intemperie. Particolarmente adatto per agenti chimici molto corrosivi. Non adatto agli oli e ai grassi	90°	120°
Gomma al cloroprene (p.e. Neoprene®)	CR	Resistenza chimica simile a quella del PVC, a metà tra la gomma nitrilica e butilica	80°	110°
Gomma al fluoro (p.e. Viton®)	FPM	Il più resistente degli elastomeri ai solventi	150°	200°
Poli etilene clorosolfonato (p.e. Hypalon®)	CSM	Resistenza chimica simile a quella dell'EPDM	100°	140°

TAB. I. — PROPRIETÀ MECCANICHE DI VARI MATERIALI DA COSTRUZIONI

Materiale	Modulo di elast. E, kg/mm ²	Car. lim. rottura σ_R , kg/mm ²	Allungamento %, σ_R	Durezza H _a , (Brinell) H _A	Res. lim. a trazione, kg/mm ²
Acciaio al carb. dolce	20000	25-35	15-20	200	10
Acciaio al carb. di qualità	21000	40-50	25-30	300	15
Ghisa grigia	19000	20-48	—	400	1
Rame	12500	30-45	5-20	50	20
Alluminio lav. a caldo	7200	20-25	30-40	15	18
Nichel	20000	50-60	45-50	100	10
Piombo	1600	1-2	20	20	30
Bronzo fuc. a caldo	12000	30-35	30	—	—
Ottone	—	20-35	30-45	100	—
Hastelloy	19000	80	40-50	200	—
Grafite	820	0,5	—	—	—
Grès	5500	1	—	100*	—
Gomma nat. non vulcan.	400	25	1200	—	—
Gomma nat. vulcanizzata	4000	200	760	—	—
Gomma nat. vulc. + nero fumo	—	300	600	—	—
Neoprene	3000	0,8-3	700	10-90*	—
Resine polipropilene	1000	3-4	400-800	10-100*	30
Resine polistireniche	5000	3,5-5	150-200	30-150*	5
Resine fenoliche	0,5-1	4-5	30-40	50-80	20
Vetro	7200	10	—	100	1



A2 – TECNICHE DI LAVORAZIONE e FORMATURA:

A3 . SISTEMI DI DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI:

NORME AISI: importanti ancora per acciai inox; la classificazione è per struttura cristallografica principale e tipo di leganti: AISI 304 = a.austenitico CrNi 1810 = X5CrNi1810 (norme UNI- vedi seg.)

NORME DI RIFERIMENTO: UNI EN 10027 : –parte1°: designazione alfanumerica (UNI EN 10027 -1)
 –parte2°: designazione numerica (UNI EN 10027 -2)

–partel°: designazione alfanumerica (UNI EN 10027 -1)

GRUPPO 1 – simboli per impiego – GRUPPO 2: simboli per composizione chimica –

• **UNI EN 10027-parte 1: Designazione alfanumerica**
 Classificazione delle designazioni alfanumeriche in due gruppi:

Gruppo 1: designazione in base all'impiego ed alle caratteristiche meccaniche o fisiche	Gruppo 2: designazione in base alla composizione chimica
<p>Primo simbolo: una lettera</p> <p>B Acciai per cemento armato D Acciai prodotti piani per formatura a freddo E Acciai per costruzioni meccaniche G Acciai da getto di acciaio H Acciai ad alta resistenza HS Acciai rapidi L Acciai per tubi di condutture M Acciai magnetici P Acciai per impieghi sotto pressione R Acciai per rotaie S Acciai per impieghi strutturali T Acciai per banda nera, stagnata e cromate Y Acciai per cemento armato precompresso</p>	<p>Primo simbolo: una lettera</p> <p>C Acciai non legati al carbonio X Acciai legati (di cui gli acciai inossidabili)</p> <p>Primo simbolo: una cifra</p> <p>Acciai non legati (tenore in Mn < 1%) Acciai non legati (tenore in Mn > 1%), legati (tenore ciascun elemento di lega < 5%) Acciai legati (tenore almeno un elemento di lega > 5%)</p>

Esempi e confronto tra designazione alfanumerica e numerica:

*gruppo 1: E295 ($\sigma_s \geq 295$ MPa);
 *gruppo2:

X2CrNiMo17-12-2
acciaio legato al 0,02%C
17%Cr 12%Ni 2%Mo

Esempi di designazione

Alfanumerica	Numerica
S185	1.0035
S235JR	1.0037
E295	1.0045
C35E	1.1181
25CrMo4	1.7218
X5CrNi18-10	1.4301

N.B.:

Gruppo 2: La designazione varia a seconda del tipo di acciaio e dalla percentuale degli elementi di lega:

- acciai non legati con tenore di manganese < 1%: C seguita da un numero pari a 100 volte il tenore percentuale di carbonio medio prescritto (% di C * 100) –
- acciai non legati con tenore di manganese $\geq 1\%$ e gli acciai legati con tenore di ciascun elemento di lega < 5% (acciai bassolegati): numero pari a 100 volte il tenore percentuale di carbonio medio prescritto (% di C * 100) seguito dai simboli chimici degli elementi di lega presenti in ordine decrescente di concentrazione seguiti ulteriormente dai rispettivi valori (separati da trattino) delle loro concentrazioni divisi per i seguenti fattori:
 - 4 per il cromo, cobalto, manganese, silicio, tungsteno, nichel;
 - 10 per alluminio, berillio, rame, molibdeno, titanio, piombo, vanadio, ecc.;
 - 100 per azoto, fosforo, zolfo e cesio;
 - 1000 per il boro.
- acciai legati con tenore di almeno uno degli elementi di lega $\geq 5\%$ (acciai altolegati = acciaio inox): X seguito da un numero pari a 100 volte il tenore percentuale di carbonio medio prescritto (% di C * 100) seguito dai simboli chimici degli elementi di lega presenti in

ordine decrescente di concentrazione seguiti ulteriormente dai valori (separati da punto o senza separazione) delle loro concentrazioni –

- acciai rapidi: sono indicati con il simbolo HS seguito da %W-%Mo- %V-%Co- es HS 18-0-1

Simbolo principale: S per gli acciai per impieghi strutturali (E per gli acciai per costruzioni meccaniche) seguito dal *carico unitario di snervamento minimo* in N/mm² per la gamma di spessore più piccolo (≤ 16 mm) più altri *simboli addizionali*.

Gruppo acciaio da costruzione	Caratteristiche meccaniche	Resilienza (J)			Caratteristiche fisiche		
		Carico unitario di snervamento R _e minimo in N/mm ²		Temp. °C	Gruppo 1	Gruppo 2	
		min. 27 J	min. 40 J				
S	355	J2	JR	KR	20	M laminazione termomeccanica N laminazione di normalizzazione G1 effervescente G2 calmato G3 stato di fornitura opzionale G4 stato di fornitura a discrezione del produttore	C formatura speciale a freddo D zincatura E smaltatura H profilo cavo L bassa temperatura M laminazione termomeccanica O offshore S costruzione navale T tubi W resistente alla corrosione atmosferica
			J0	K0	0		
			J2	K2	- 20		
			J3	K3	- 30		
J4	K4	- 40					
S	355	J2	G3	H			

parte2°: designazione numerica (UNI EN 10027 -2):

designazione semplificata con attribuzione a ogni acciaio di un N° caratteristico di 5 cifre:

la prima cifra è il materiale di base: 1 se materiale acciaio (p.es. 1 non legato, 4 inox); le seguenti 2 cifre, separate da un punto dal primo, indicano designazione del gruppo di acciaio; le seguenti 2 cifre indicano il n°ordine per tipo di acciaio (secondo la tab. UNI EN 10027-2). ES.: 1.0045 = a. per costruzioni meccaniche con $\sigma_s \geq 295$ MPa (= E295)

Esempi:

→AISI 304: ≡ X5CrNi1810 ≡ 1.4301

→es. C35 - acciaio dolce con 0,35% di carbonio - C10 percentuale di carbonio 0,10 % (acciaio da carbo cementazione);

→Es. un acciaio 13CrMo4-5 è un acciaio bassoalegato costituito da 0,13 C, 1%Cr (4/4) e 0,5% Mo (5/10).

→es X4CrNiMo17.12.2 acciaio inox con la seguente composizione chimica: 0,04%C, 17 % Cr, 12Ni e 2% di molibdeno.

[INIZIO]

A4) NANOMATERIALI - NANOTUBI E FIBRE DI CARBONIO

CARATTERISTICHE:

un nanotubo è un layer (strato) di grafite arrotolato a forma cilindrica, di diametro nanometrico. Le figure mostrano come la struttura di un nanotubo di carbonio sia esattamente la stessa di uno strato di grafite (piano di anelli esagonali di carbonio, ibridizzato sp²).

La strategia usata per l'assemblaggio di forme tradizionali ed esotiche di carbonio si basa sulla generazione di un vapore di atomi di carbonio che poi condensano a formare strutture differenti a seconda della temperatura, pressione, densità in cui avviene il processo di aggregazione. La densità e la temperatura del plasma durante l'assemblaggio degli atomi determinano la velocità di formazione della rete grafitea e in particolare se la struttura si chiude o no. Utilizzando questa procedura non si ottengono esclusivamente nanotubi di carbonio ma anche strutture fullereniche e strutture poliedriche concentriche a "matrioska", che vengono chiamate "cipolle". Oggi è possibile far crescere nanotubi di carbonio decomponendo molecole organiche (contenenti quindi carbonio) in presenza di nanoparticelle di metalli di transizione.

PROPRIETA':

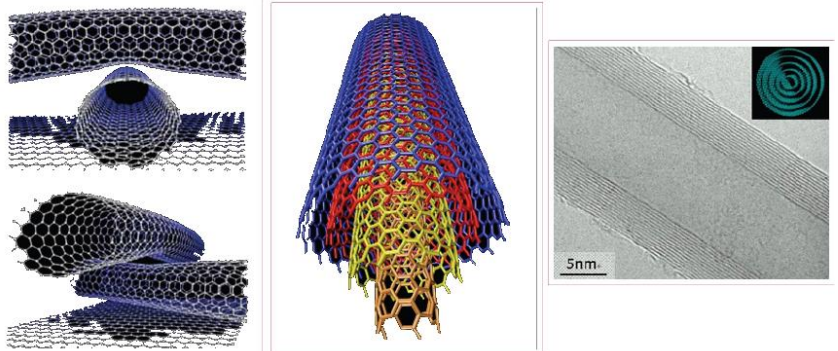
i nanotubi possono essere considerati una versione su scala nanometrica delle fibre di carbonio.

- **peso** ridotto; eccezionali proprietà **elastiche** che li rendono durissimi ma al tempo stesso anche capaci di subire grandi deformazioni senza rompersi.

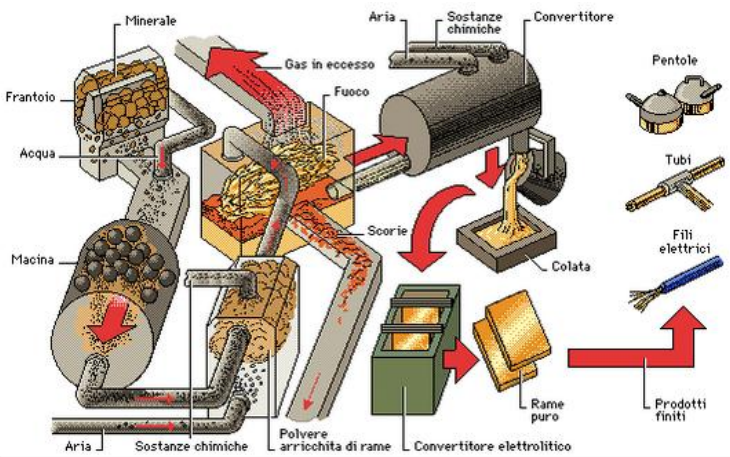
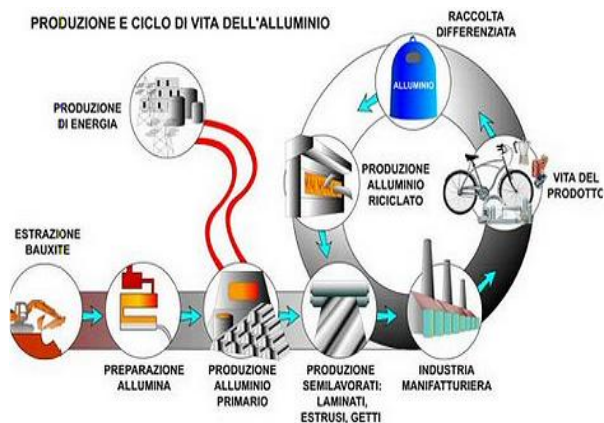
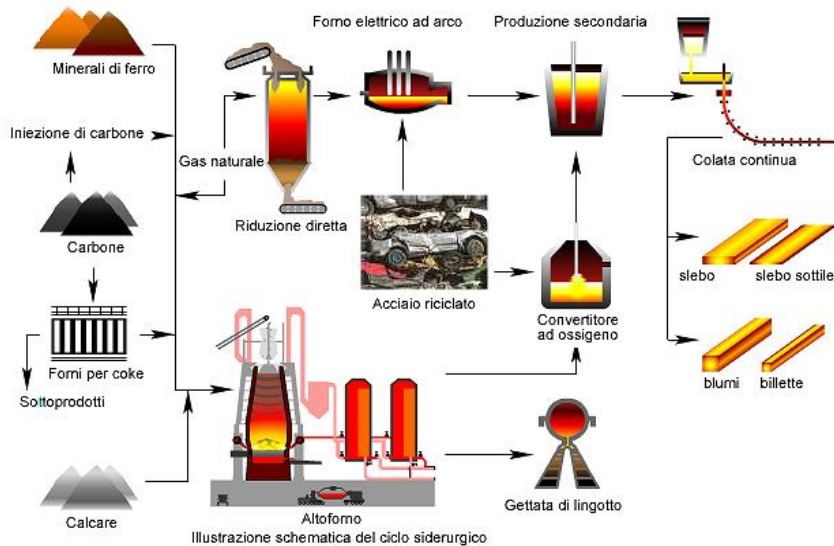
- elevatissima **resistenza** meccanica (superiore a quella del ferro) e una bassa **densità** (inferiore a quella dell'alluminio). Per questa ragione trovano applicazioni nella fabbricazione di materiali **compositi**; inseriti in una matrice polimerica costituiscono un materiale composito ad alta resistenza meccanica.

- essendo strutture cave possono essere **riempiti** con liquidi o gas (proprietà adsorbenti) e quindi essere impiegati in **catalisi** e per l'immagazzinamento di energia.

- hanno proprietà di nanoconduttori (nanowire); la presenza di impurezze appositamente inserite da caratteristiche **elettriche**: possono essere completamente isolanti, semiconduttori o conduttori. Sottoposti ad un campo elettrico emettono elettroni.



A4. SCHEMI DI LAVORAZIONE:



CICLO PRODUTTIVO DEL RAME - DA http://www.ing.unitn.it/~colombo/RAME_E_SUE_LEGHE/Leghe_di_Cu.htm

La chimica è nascosta nello smartphone



- ➔ Involucro in policarbonato e resina
- ➔ Schermo a cristalli liquidi
- ➔ Batterie al litio
- ➔ Chip a memoria flash di silicio

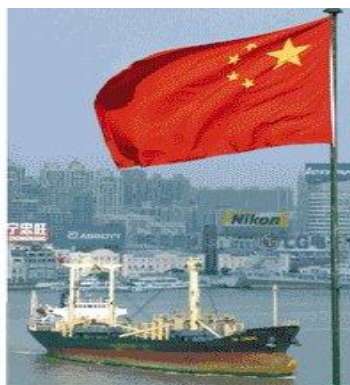


La chimica permette al telefono di essere leggero, resistente, compatto e colorato

versalis

eni

Le materie prime del futuro e la Cina



Gli elementi rari
17 elementi rari della tavola periodica sono indispensabili per tutte le tecnologie d'avanguardia, dalle auto ibride ai missili intelligenti



97%
la quota mondiale di elementi rari prodotta dalla Cina

25%
il dazio all'esportazione fissato dalla Cina

72%
la riduzione delle quote di esportazione determinate dalla Cina

<p>scandio: luci per gli stadi</p>	<p>neodimio, praseodimio, disprosio, terbio, lantanio, cerio: motori elettrici ibridi, batterie ibride</p>	<p>neodimio, praseodimio, terbio, disprosio: disco fisso dei pc, cellulari, macchine fotografiche digitali</p>	<p>promezio: macchine a raggi x</p>	<p>europio, ittrio, terbio, lantanio: lampadine a risparmio energetico</p>
<p>europio, ittrio: fibre ottiche</p>	<p>cerio, lantanio, neodimio, europio: additivi per lenti</p>	<p>neodimio: navi militari, missili intelligenti</p>	<p>samarzio: carri armati, radar</p>	

21 44.956 Sc 3
39 86.906 Y 3

50 138.91 La 3 LANTANIO
58 140.12 Ce 3,4 CERO
59 140.91 Pr 3,4 PRASEODIMIO
60 144.24 Nd 3 NEODIMIO
61 (106) Pm 3 PROMETIO
62 150.36 Sm 3,2 SAMARZIO
63 151.96 Eu 3,2 EUROPIO
64 157.25 Gd 3 GADOLINIO
65 158.03 Tb 5,4 TERBIO
66 162.50 Dy 3 DISPROSIO

CORRIERE DELLA SERA

La chimica e l'automobile

<p>CARROZZERIA Vernici (pigmenti e coloranti) Plastificanti Cere Prodotti antirombo</p> <p>TRATTAMENTO METALLI Additivi Acidi e solventi Gas tecnici</p> <p>MARMITTA CATALITICA Catalizzatori Materiali ceramici</p> <p>VETRI FARI Sali silicati Soda Film polimerici Adesivi per il fissaggio Detergenti Gas tecnici</p>	<p>BATTERIA CAVI Elettroliti Materiali polimerici per rivestimento</p>	<p>PNEUMATICI Elastomeri Nero di carbonio Ausiliari per gomma Fibre artificiali Gas tecnici</p>	<p>GUARNIZIONI Gomme siliconiche Fluoropolimeri Poliolfine</p>	<p>FRENI E MOTORE Liquidi refrigeranti Liquidi di lavoro Lubrificanti</p>	<p>CINTURE DI SICUREZZA</p> <p>SEDILI Fibre sintetiche Poliuretano espanso Ausiliari per cuoio e pelle</p> <p>PARAURTI</p> <p>GRIGLIE VOLANTE</p> <p>CRUSCOTTO</p> <p>ARREDO INTERNO Plastiche Fibre sintetiche Tecnopolimeri Poliuretano Additivi</p>
---	---	--	---	--	--




eni

versalis
Vernici per plastiche

Le trasformazioni di un barile di petrolio

