

C O S T R U Z I O N E D I M A C C H I N E

- I materiali -

- Generalità

La progettazione di un organo di macchina non è mai un problema con un'unica soluzione per gli innumerevoli fattori che il progettista deve tener presenti. Il dimensionamento, la forma, le leggi di funzionamento, la resistenza a particolari agenti o a particolari condizioni di carico, da soli sarebbero sufficienti ad imporre sempre una soluzione di compromesso. Se a tutto ciò si aggiunge la scelta del materiale più adatto alla costruzione di quel particolare organo, si vede quanto indeterminato possa risultare il problema. E la scelta di un materiale invece di un altro non è dettata solo dalle proprietà meccaniche e tecnologiche di questo, ma anche e, spesso precipuamente, da condizioni di reperibilità e di costo.-

Pertanto è opportuno, anzi necessario avere conoscenza dei materiali che si producono ed esistenti sul mercato, delle loro caratteristiche, del prezzo, della facilità di approvvigionamento per trovare la soluzione che concili le esigenze tecniche con la convenienza economica.-

Sono di valido aiuto a chi affronta quest'arduo impegno, le tabelle di unificazione, elaborate da studiosi ed esperti cooperanti in ambito nazionale ed internazionale, che forniscono elementi di comparazione, possibilità di orientamento e di scelta, informazioni sull'impiego, dati sulle risultanze di studi ed esperienze varie.-

norme di progettazione, di costruzione, di collaudo, ecc. - A queste norme soggiacciono alcune fra le più importanti prove sui materiali di cui si dirà appresso. -

- Prove sui materiali

- Prova di trazione (UNI 556-557)

Con tale prova si determinano:

- a) - la resistenza a trazione;
- b) - l'allungamento percentuale dopo rottura;
- c) - la tensione di snervamento;
- d) - il coefficiente di strizione dopo rottura. -

Essa consiste nel sottoporre a trazione fino a rottura una provetta la quale può essere: (vedi tabella 1)

SEMBOLI E DIMENSIONI RELATIVI ALLE PROVETTE NORMALI
E A QUELLE PROPORZIONALI PER LA PROVA DI TRAZIONE
(UNI 556-557) (*)

Tabella 1

	Tratto utile (distanza tra i riferimenti) L_0 mm	Diámetro d_0 mm	Area della sezione S_0 mm ²	Simbolo dell'allungamento percentuale dopo rottura
Provetta normale lunga	10 $d_0 = 200$	20	-314	A_{10}
Provetta normale corta	5 $d_0 = 100$	20	-314	A_5
Provetta proporzionale lunga	10 $d_0 = 11,3 \sqrt{S_0}$	-	-	A_{10}
Provetta proporzionale corta	5 $d_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$	-	-	A_5

normale lunga o normale corta, a sezione circolare e con tratto utile rispettivamente $L_0 = 10 d_0$ e $L_0 = 5 d_0$ ($d_0 =$ diametro della sezione circolare della provetta). -

Può essere ancora proporzionale lunga o proporzionale

corta, a sezione non circolare, con tratto utile rispettivamente $L_a = 10 d_c$ e $L_c = 5 d_c$ ($d_c =$ diametro di una sezione circolare equivalente a quello della provetta).-

Si noti che, per avere risultati attendibili, il tratto utile (distanza tra i riferimenti) L , deve essere convenientemente equidistante dalle due zone di attacco della provetta alla macchina, perciò la lunghezza del tratto a sezione costante è $L + 2b_c$, dove b_c è la dimensione trasversale della provetta (per provette normali $b_c = d_c$).-

I valori della resistenza a trazione e dell'allungamento dipendono, oltre che dalla natura del materiale, anche dai trattamenti termici da questo subiti, dalla temperatura di prova, ecc.

In generale si riscontra che:

- i materiali più duri hanno un'alta resistenza a trazione e piccoli allungamenti;
- i materiali più teneri, minore resistenza a trazione e grandi allungamenti per la loro duttilità.-

- Prova di compressione (UNI 558)

Le provette sono di forma cilindrica o prismatica con altezza $h = d$ oppure $h = 2a$ dove d è il diametro della sezione della provetta cilindrica ed a è l'apotema della sezione di quella prismatica.-

Si come i materiali dotati di buona plasticità non si rompono bruscamente, viene assunto come carico di rottura quel carico che produce una deformazione permanente del 2%.-

- Prova di flessione (UNI 559)

Si esegue applicando alla provetta, appoggiata alle estremità, un carico concentrato in meszeria o due carichi equidistanti dagli appoggi.-

Con essa si determina, a rottura, la freccia di flessione e la tensione convenzionale.-

Questa prova è prescritta dalla unificazione espressa mente per quei materiali ai quali manca una sufficiente plasticità (come le ghise) che per la loro disuniforme struttura interna possono entrare in crisi per carichi non perfettamente centrati.-

- Prova di durezza Brinell (UNI 560 - 561)

Con questa prova si determina la durezza del materiale, quale resistenza che esso offre all'azione di penetrazione.-

La durezza, come si sa, dipende dalla natura del materiale e dai trattamenti termici da esso subiti.-

La prova Brinell si esegue comprimendo con un carico P la superficie del pezzo in esame mediante una sferetta di materiale più duro di quello sotto prova; il valore della durezza, indicato con HB, si determina facendo il rapporto tra il carico P e la area della calotta sferica prodotta sul materiale:

$$HB = \frac{2 P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

dove D e d sono rispettivamente il diametro del penetratore (sferetta) e quello dell'impronta espresse in mm.; P il carico in Kp.-

Va rilevato che la prova può essere eseguita con un carico eguale a 30 - 10 - 5 - 2,5 - 1,25 - 0,5 volte D², per cui la

indicazione della durezza va completata con la precisazione del diametro della sfera comprimente, del carico e del tempo durante il quale il carico ha agito. (generalmente il carico deve raggiungere il massimo valore entro 15 s e deve rimanere stazionario per altri 15 s).

Es. HB_{10/3000/15} sta ad indicare una durezza Brinell eseguita con una sferetta di 10 mm., carico di 3000 Kp agente per la durata di 15 s.-

Si ricordano solamente altri metodi per misurare la durezza : Rockwell, Vickers, Knoop; più moderni e certamente più rapidi e forse più precisi di quello Brinell; tuttavia si è illustrato quest'ultimo non solo perché il più antico, ma anche perché limitatamente agli acciai, si riscontra una certa proporzionalità tra la durezza Brinell e la resistenza a Trazione: si può ritenere

$$R \approx 0,35 \text{ HB}$$

SCALA DI CORRISPONDENZA FRA LE DUREZZE BRINELL E ROCKWELL

Tabella II

H _{Brinell}	H _{Rockwell C}	H _{Rockwell B}	H _{Brinell}	H _{Rockwell C}	H _{Rockwell B}	H _{Brinell}	H _{Rockwell C}	H _{Rockwell B}
653	-	62	229	98	20	126	70	-
555	-	55	217	96	-	121	68	-
477	-	49	207	95	-	116	65	-
415	-	44	197	93	-	111	62	-
388	-	41	187	91	-	107	60	-
363	-	39	179	89	-	103	57	-
341	-	37	170	87	-	99,2	55	-
321	-	35	163	85	-	95,5	52	-
302	-	32	156	82	-	92,0	49	-
285	-	30	149	80	-	88,7	47	-
269	-	27	143	78	-	85,5	44	-
255	-	25	137	75	-	82,5	42	-
241	99	23	131	73	-			

Si riporta comunque in tabella II una scala di ragguglio tra la durezza Brinell e la Rockwell.-

La prova Brinell é disciplinata ulteriormente da altre norme unificate riguardanti i numeri dei saggi, la distanza di questi fra loro e dai bordi del pezzo, il valore minimo dello spessore del pezzo in esame, ecc. che é superfluo qui riportare essendo oggetto della tecnologia meccanica. =

- Prova di resilienza (UNI 3212)

Si esegue rompendo con un sol colpo una provetta (Meisnager) del tipo indicato in Fig. 1

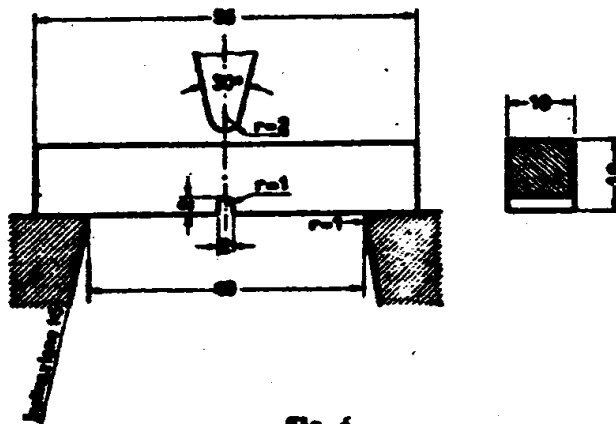


Fig. 1

appoggiata agli estremi ed intagliata in mezzeria, con una mazza battente pendolare di peso P Kp (pendolo di Charpy), della quale si può misurare l'altezza H in m. di caduta ed h in m. di risalita dopo rottura. -

Si assume come valore del grado di resilienza e si indica con la lettera K , il rapporto tra il lavoro di rottura assorbito dalla provetta, L_a Kpm, e l'area della sezione di rottura, S cmq.,

$$K = \frac{L_a}{S} \quad \frac{\text{kpm}}{\text{cmq}} \quad \text{ove } L_a = P (H - h)$$

In genere si riscontra una limitata resilienza per i materiali duri e fragili ed una elevata per i materiali poco du

- Prova di piegamento (UNI 564)

Consiste nel piegare il provino di un certo angolo, che può raggiungere anche i 180° (vedi fig.2)

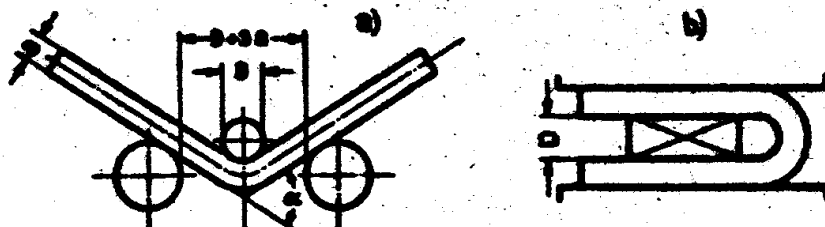


Fig. 2

La prova è valida se non nascono screpolature sulla superficie tesa.-

- Prova di imbutitura (UNI 3037)

Consiste nel far avanzare un punzone (vedi fig.3)

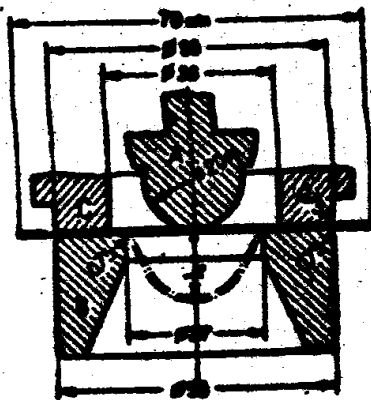


Fig. 3

alla velocità $0,2 \pm 0,4$ m/s sulla provetta, che generalmente è un lamierino o un nastro, usando l'accortezza di non bloccarla nello apparecchio di prova.-

La corsa del punzone, in mm., dal punto in cui tocca la provetta fino al punto di crinatura di questa, si definisce indice di imbutitura secondo Ericksen e si indica con I_E .-

MATERIALI FERROSI

I materiali ferrosi sono costituiti fondamentalmente da leghe ferro-carbonio, cui però possono essere aggiunti uno o più elem en ti, in quantità più o meno rilevanti, per ottenere così leghe ter- narie, quaternarie o più complesse.

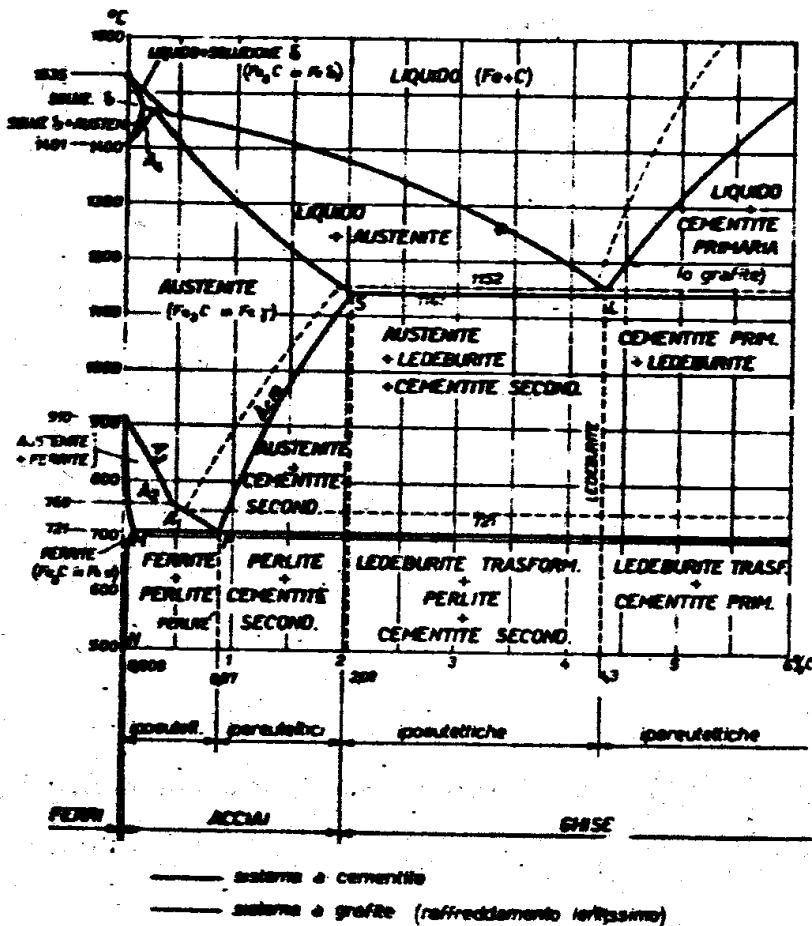
A seconda della percentuale di carbonio esistente in lega, i materiali ferrosi vanno distinti in:

Ferro C 0,008%

Acciaio C = 0,008 + 2%

Ghisa C = 2 + 6% (vedi fig. 4).

Disegn
di esp



F E R R O

Il ferro chimicamente puro non è prodotto con i normali processi dell'industria siderurgica; ferro tecnicamente puro è considerato il ferro Arco, ottenuto dallo stato liquido con processi di decarburazione (Martin); esso possiede grande malleabilità e resistenza alla corrosione; viene usato come metallo di apporto nella saldatura al cannello ed all'arco voltaico; è lavorato con deformazione plastica intensa (recipienti inbutiti, tubi saldati, ecc.).

A C C I A I

Le caratteristiche di una lega ferro-carbonio dipendono oltre^{da} dalla composizione chimica ed in particolare dalla percentuale di carbonio nel ferro (campo di esistenza della lega, vedi fig. 4), anche dai trattamenti termici subiti, che possono fissare strutture cristalline caratterizzate da peculiari proprietà. Ad ex. : in un acciaio con determinata concentrazione di C, un raffreddamento molto rapido dal campo austenitico (vedi fig. 4) impedisce la segregazione del carburo di ferro (Fe_3C) e si forma una struttura martensitica instabile, molto dura, irrealizzabile, nello stesso acciaio, con raffreddamento lento. Si può avere perciò, a temperatura ordinaria un acciaio a basso contenuto di carbonio, più dure di un altro a maggiore

tenore di C (che non abbia subito lo stesso trattamento) e addirittura più duro di una ghisa comunemente nota come materiale ferroso di superiore durezza.

-Classificazioni degli acciai-

Classificare significa distinguere entità, con uno o più caratteri uguali, in relazione ad altri diversi; e, come è noto, gli acciai, tutti fondamentalmente composti da Fe e C, sono per tipo, qualità, trattamento, proprietà, destinazione, ecc. diversi; perciò si comprendono immediatamente l'impossibilità di elaborare una classificazione unica e; la difficoltà di creare numerosi classi, che diano una rassegna chiara, definitiva e quindi utile al tecnico che debba servirse. Tali difficoltà, esaltate dal continuo progredire dei procedimenti di fabbricazione e di impiego dei materiali, spiegano il dilungarsi del periodo transitorio in materia di unificazione dei materiali (in particolare degli acciai), sia per quanto riguarda la classificazione, che per la designazione (simboleggiatura). Tuttavia si possono indicare alcune delle classificazioni vigenti, che, pur mancando dei pregi di raggruppamenti organici e definitivi, risultano utili per avere una visione di insieme di questa vasta ed importantissima categoria di materiali.

- la classificazione :

una prima semplice classificazione degli acciai usata nella pratica

é la seguente:

Acciai comuni e Acciai speciali.

Gli acciai comuni, detti anche leghe binarie, si ritengono costituiti esclusivamente da ferro e carbonio (altri eventuali elementi in percentuali bassissime, tali da non indurre apprezzabili alterazioni di caratteristiche, sono considerati impurità). In passato erano suddivisi in : a) - ferri (impropriamente detti) con $C < 0,32\%$; non fusibili, fucinabili saldabilissimi, non temprabili; tipico il malleabilissimo ferro Arceo citato. b) - acciai al carbonio con C da $0,32 + 1,7\%$; fusibili, fucinabili, saldabili, temprabili.

Gli acciai speciali (o legati) contengono elementi di alligazione (Mn, Si, Ni, Cr, W, ecc.) e si distinguono in ternari, quaternari e complessi se tali elementi in lega con Fe e C sono rispettivamente uno, due, o più di due. Inducendo gli elementi di alligazione sensibili alterazioni delle caratteristiche fisiche, chimiche, meccaniche e tecnologiche del materiale, in questa classe si ritrovano gli acciai che soddisfano alle diverse condizioni di lavorabilità ed ai numerosissimi tipi di impiego; cioè acciai da trattamento, da costruzione, per utensili, per impieghi speciali.

- **2 a c l a s s i f i c a z i o n e :**

una seconda classificazione più specifica della precedente, ma altrettanto empirica, é la seguente:

Acciai comuni e Acciai speciali

Gli acciai comuni si distinguono in acciai comuni propriamente detti ed in acciai di qualità. a) - gli acciai comuni propriamente detti si suddividono in extradolci ($\sim 0,15\% C$) dolci ($0,15 + 0,2\% C$), semiduri ($0,2 + 0,5\% C$), duri ($0,5 + 0,75\% C$), extraduri ($0,75 + 1,73\% C$), in base al $\% C$, rimarcando, con la denominazione che la durezza della lega cresce con il tenore di carbonio. Ricordando che $R \approx 0,35 HB$, con C cresce anche il carico di rottura; diminuisce però l'allungamento. Per quanto concerne gli elementi eventualmente presenti, sono da considerarsi impurità, se il loro tenore è contenuto entro i seguenti limiti: $Mn < \text{del } 2\%$, $Si < 0,05\%$, $S+P < 0,05\%$. b) - gli acciai di qualità si distinguono dai comuni propriamente detti perché in essi deve essere $P+S < 0,03\%$. Fosforo e zolfo diminuiscono la malleabilità, la duttilità, la resistenza e la resilienza di un acciaio (più precisamente, a caldo lo zolfo ed a freddo il fosforo); perciò il bassissimo tenore globale di P ed S giustifica il termine "qualità" dell'acciaio.

Gli acciai speciali: si può ripetere quanto detto nella prima classificazione relativamente agli acciai legati.

3a classificazione:

dalla necessità di elaborare una simbologgia chiara e facile degli acciai, che snellisse le azioni operative tecniche e commerciali, derivò, nell'agosto 1953, una classificazione unificata (UNI 3344), in base alla quale si stabilirono le seguenti classi:

Acciai di classe A : designati in base alle caratteristiche meccaniche;

Acciai di classe B : designati in base alla composizione chimica (vedi designazione degli acciai).

Gli acciai della classe A sono acciai ordinari al carbonio e si distinguono in : a) - commerciali: impiegati direttamente grezzi di laminazione, senza prescrizione di resistenza; b) - comuni: impiegati direttamente dopo laminazione, ma con prescrizione di resistenza; c) - di qualità : sempre usati grezzi dopo laminazione, ma con prescrizione di composizione e di resistenza.

Gli acciai della classe B sono acciai per i quali è prescritta la composizione chimica e la resistenza in seguito ad opportuno trattamento termico; si suddividono in: a) - acciai speciali al carbonio non legati, che comprendono acciai da costruzione meccanica di organi poco sollecitati (perni, boccole, balloni, ecc.) e ~~×~~ acciai da utensili la cui durezza di ~ 65 HR (superiore a quella degli acciai rapidi, a temperatura ordinaria) precipita dopo i 200° C (utensili da tornio, punte da trapano, matrici per filiere, ecc.); b) - acciai legati debolmente con elementi di alligazione in tenori < del 5%, sempre destinati ad opportuni trattamenti termici, per ottenere acciai da costruzione meccanica e da utensili; fra i primi

si annoverano, ad ex, gli acciai da cementazione, destinati alla costruzione di organi fortemente sollecitati, con grande durezza superficiale (ingranaggi per cambi di velocità, fusi a snodo, alberi a gomito ecc.); fra i secondi, si ritrovano gli acciai da utensili per lavorazione a caldo a moderata temperatura (lame di cesoie, stampi), acciai da utensili temprabili in acqua (alesatori, raschietti) e che non debbono deformarsi alla tempra (maschi, filiere, calibri).

e) - acciai fortemente legati con almeno un elemento di alligazione in tenore $> 5\%$; anche questi si distinguono in acciai per costruzione meccanica ed in acciai da utensili.

I primi caratterizzati da notevole resistenza alla corrosione, (contenitori di sostanze a forte attività chimica, pompe, rubinetteria, ecc.), all'usura (cilindri di macchine) al calore (acciai refrattari: parti di forni, cassette di cementazione; poiché è elevato il limite di scorrimento a caldo, questi acciai sono anche destinati alla costruzione di organi di macchine termiche). I secondi comprendono i così detti acciai rapidi e super rapidi, per il taglio ad alta velocità di metalli molto duri e acciai rapidi per taglio con sollecitazioni dinamiche (fresce). Si ricorda che questi acciai hanno la proprietà di conservare la durezza pressoché inalterata (~ 60 HR) fino a $600 + 650^\circ$ C.

Questa classificazione rimase vigente a tutto il febbraio 1964.

- 4a c l a s s i f i c a z i o n e :

Nel marzo del 1964, la precedente unificazione fu annullata e sostituita con la UNI 5372; per la comprensibile opportunità di allinearsi con l'unificazione di carattere internazionale : EURONORM della CECA (Comunità Europea Carbone ed Acciaio). Questa unificazione divide gli acciai in due gruppi :

- 1° gruppo : comprende gli acciai designati in base alle loro caratteristiche fisiche (vedi nuova designazione); sono di regola utilizzati allo stato grezzo di produzione (es. laminazione) o destinati ad impieghi speciali (saldatura, imbutitura, ecc.), spesso senza trattamenti termici (salvo eventualmente la normalizzazione).
- 2° gruppo : comprende gli acciai designati in base alla loro composizione chimica (vedi nuova designazione); si distinguono in non legati (definiti essenzialmente in base al loro tenore di carbonio), debolmente legati (il tenore di ogni elemento di lega $\leq 5\%$) e legati (il tenore di almeno un elemento di lega $\geq 5\%$). In tutti e tre i casi si tratta di acciai destinati a subire almeno un trattamento termico.

Un'ultima classificazione degli acciai, potrebbe essere quella impostata sull'uso preminente cui essi sono destinati. Si ritiene verosimile che essa si stabilizzi, perché, anche nella seconda metà del 1964, la pubblicazione di alcune tabelle sostituiva soltanto parzialmente l'unificazione esistente e limitatamente agli acciai da bonifica, a quelli da cementazione ed a quelli per tempra superficiale. L'ampiezza dell'elencazione non consente qui di andare oltre l'indicazione della destinazione degli acciai principali per tipo e qualità; si riportano comunque i numeri delle tabelle UNI per reperire, ove occorrono, le conoscenze necessarie.

DENOMINAZIONE DEGLI ACCIAI	Numero della tabella UNI
Acciaio al carbonio da fucinare per prodotti normalizzati e ricotti.....	3987
Acciaio speciale al carbonio in prodotti fucinati da carbocementare.....	3987
Acciaio speciale al carbonio in prodotti fucinati da bonificare.....	3988
Acciai non legati e legati, speciali, per utensili.....	2958-68 (3 ^a ed.)
Acciai speciali da nitrurazione.....	6120-67
Acciai speciali per cuscinetti a rotolamento.....	3097
Acciai speciali per getti resistenti al calore.....	3159-68 (2 ^a ed.)
Acciai speciali per getti resistenti all'usura.....	3160-68 (2 ^a ed.)
Acciai speciali per getti resistenti alla corrosione.....	3161-68 (2 ^a ed.)
Acciai per nolle in genere.....	3545-68 (2 ^a ed.)
Acciai al carbonio per getti con particolari caratteristiche magnetiche..	3595
Acciai speciali per getti resistenti a caldo e sollecitazioni meccaniche.	3608
Acciai speciali per valvole e seggi per motori a combustione interna.....	3992
Acciai speciali per getti di elevate caratteristiche meccaniche.....	4010
Acciai per bulloneria stampata a freddo ed a caldo.....	4565
Acciai al carbonio per lavorazioni automatiche ad alta velocità.....	4838
Acciai speciali al carbonio e legati da cementazione.....	5331
Acciai speciali al carbonio e legati da bonifica.....	5332
Acciai speciali al carbonio e legati per tempra superficiale.....	5333

INFLUENZA DEGLI ELEMENTI DI ALLIGAZIONE SULLE PROPRIETA'
DEGLI ACCIAI

Come si é già accennato, le proprietà definitive di un acciaio legato, dipendono, tra l'altro, dalle proporzioni relative dei singoli elementi di alligazione; tuttavia ognuno tende ad imprimere un carattere specifico alla lega. Non é superfluo precisare che quasi sempre gli elementi di alligazione sono sempre più di uno, affinché gli effetti collaterali negativi indotti da ^{un} l'elemento, (insieme ai vantaggi) ovviamente vengano contemperati dall'azione dell'altro o degli altri elementi.-

Si riportano di seguito gli elementi di alligazione più comuni, sottolineando le qualità particolari che essi singolarmente conferiscono all'acciaio.à

- Il Manganeso -

Forma con ferro composti durissimi.-

In piccoli tenori (1 - 2%) il Mn aumenta la temprabilità e la penetrazione di tempra, eleva la resistenza, favorisce la saldabilità e la fucinabilità, non riduce la resilienza, di contro espone l'acciaio al pericolo di cricche nel rinvenimento, intorno ai 500°C; tende a formare una struttura fibrosa con sensibile differenza tra la resistenza longitudinale e quella trasversale (relative alla direzione di laminazione).- Questi acciai al Mn sono lavorati per stampaggio (rotelle, cerchi, organi soggetti ad urti, usura ecc.).-

In alti tenori (> 8%), l'acciaio diventa autotemperante (cioè acquista la durezza di tempra anche con lento raffreddamento) e ciò lo rende adatto alla fabbricazione di utensili; diventa fortemente resistente all'usura (durissimo, si lavora solo a caldo ed alla mola) e si impiega per frantoi di minerali, aghi per scambi ferroviari, casseforti, ecc. (acciaio austenitico Halfeld).-

Il Mn normalmente non è impiegato da solo, ma, ad esempio con il Mo che riduce la fragilità al rinvenimento.-

- Il Silicio -

Conferisce all'acciaio una proprietà tipica: avvicina il carico al limite di elasticità al carico al limite di rottura con conseguente riduzione dell'intervallo di deformazione definito dai detti due limiti ed ampliamento di quello relativo alla deformazione elastica. Carattere, ovviamente indesiderato nei comuni acciai, ma utile in quelli per molle (se ne

estruiscono, con acciaio al Si all'1%, a balestra, a bovolo, temprate in acqua).-

In tenori del 3 + 4%, il Si riduce notevolmente le perdite per isteresi magnetica e per correnti parassite nello acciaio; questo è perciò largamente impiegato nella costruzione dei lamierini per macchine elettriche.-

Aggiunte di piccole percentuali di Cr e Mn facilitano la tempra di questi acciai al Si impedendo l'ingrossamento del grano cristallino dovuto a quest'ultimo.-

- Il Nichel -

Il Ni migliora la temprabilità e la penetrazione di tempra dell'acciaio, ne eleva il carico di rottura, la durezza, l'allungamento e la resilienza; gli conferisce resistenza alla corrosione ed alla ossidazione a caldo; si oppone all'ingrossamento del grano cristallino, causa della riduzione della resistenza meccanica.-

A seconda delle proporzioni di C e Ni, la struttura dell'acciaio al Ni può essere perlitica, martensitica, austenitica e austenitica (inossidabili e magnetici).

Gli acciai perlitici sono usati come acciai da cementazione (Ni = 1,9 + 5,2%) e con tenori più alti (C = 0,2 + 0,5%, Ni = 1,5 + 3,8%) come acciai da costruzione (bonificati).-

Importante effetto del Ni è quello di aumentare la penetrazione del rinvenimento.-

Il Ni in alte percentuali dà all'acciaio speciali proprietà:

- 25% Ni - acciai diamagnetici
- 35% Ni - (C = 0,2 + 3%) acciaio con coefficiente di dilatazione terminap|raticamente nulla (Invar ; strumenti di misura)
- 45% Ni - (C = 0,2 + 3%), lega con coefficiente di dilatazione termica circa eguale a quello del vetro.-

- Il Cromo -

Il Cr conferisce all'acciaio durezza, resistenza all'usura ed alla corrosione; ne riduce la lavorabilità.-

Impiegato per la costruzione di sfere a rulli di cuscinetti a rotolamento, delle matrici e punzoni per il taglio dei lamierini al Si (che hanno azione abrasiva nel taglio); delle lame di cesoie, dei pompanti e degli iniettori nei motori Diesel (2% C e 13% Cr).- Con elevate percentuali (12 - 16%) di Cr, gli acciai sono inossidabili.-

Acciai al Cr sono destinati alla cementazione ed alla nitrurazione. Gli acciai al Ni-Cr hanno le qualità conferite sia dal Ni che dal Cr; perciò sono largamente usati nella industria meccanica, e particolarmente in quella automobilistica e quella aeronautica; infatti questi acciai, per le loro elevate proprietà meccaniche (si è giunti ad un R = 200 Kp/MMq) consentono sensibili riduzioni di peso e, spesso, nonostante costi unitari alti, spese globali minori.-

Questi acciai accoppiano alle elevate caratteristiche meccaniche, anche resistenza alla corrosione (tipici gli acciai inossidabili :il X20 CrNi 1808 e X12 Cr Ni 1808, diffusissimi nell'industria chimica).-Un difetto degli acciai al Ni-Cr é la loro non buona saldabilità.-

Acciai molto diffusi soprattutto per durezza e resistenza all'usura,notevoli, sono quelli al Ni-Cr-Mo in tipi numerosi e con caratteristiche diversa.-

- Il Molibdeno -

Il Mo in bassi tenori, 0,2 + 0,5% é presente negli acciai da costruzione; fino al 2,5% in quelli inossidabili normalmente insieme al Ni-Cr o solo Cr.-

Negli acciai per utensili fino al 5%.-

Effetti salienti sono l'aumento della temprabilità; del limite elastico (che conserva a caldo), del limite di scorrimento viscoso, della resistenza alla corrosione e la diminuzione della fragilità del rinvenimento.-

- Il Vanadio -

Il Vanadio é presente prevalentemente negli acciai per utensili (acciai rapidi 0,8 + 3,2%, insieme al W 13 + 19 e al Cr 3,5 + 4,5%); la formazione di carburi esalta la durezza che conservano fino a 600°C.-

- Il Titanio -

Si trova in acciai inox austenitici al Ni-Cr, nei quali evita la corrosione intercristallina ed affina il grano.-

- Il Cobalto -

Non è presente negli acciai da costruzione ma in quelli per utensili (acciai super rapidi 4 • 12%), conferendo grande resistenza all'usura anche a temperatura superiore ai 600°C.-

- Il Wolfranio -

Non è impiegabile negli acciai da costruzione ma in quelli per utensili (acciai rapidi e super rapidi fino a circa il 20%), ai quali conferisce stabilità al rinvenimento ed elevata durezza anche ad alta temperatura. In casi particolari può essere presente in oggetti destinati a resistere alle alte temperature.

- Lo Zolfo -

È presente in tutti gli acciai come impurezza; in tenzionalmente aggiunto ne migliora la lavorabilità all'utensile (acciai automatici), ma ne riduce la resistenza.-

- Vecchia designazione degli acciai -

La precedente designazione degli acciai, che qui si ripropone perché ancora si incontrano vecchie simbologie, faceva capo alla UNI 3344 dal 1953 e divideva gli acciai in due grandi categorie: acciai semplici ed acciai speciali.-

A) - ACCIAI SEMPLICI + leghe binarie Fe-C; venivano a loro volta suddivisi in:

1) - Acciai comuni : sigla A (acciaio) seguita da un numero (valore del carico di rottura minimo garantito), dalla sigla UNI e dal numero della tabella.

es. A 42 UNI 815

2) - Acciai commerciali : sigla A seguita da 00; acciai per i quali non è prescritta alcuna indicazione di resistenza

es. A 00 UNI 1743

3) - Acciai di qualità : alla lettera A seguiva la lettera q (qualità) ed il carico minimo di rottura. Essi si distinguevano per la loro purezza.

es. Aq 50 UNI 3597

B) - ACCIAI SPECIALI : facevano parte di questa seconda categoria leghe ternarie, quaternarie o più complesse, ed alcuni acciai al C, anche con basso tenore di C, che per la loro purezza e perché destinati a particolari trattamenti termici, erano annoverati tra gli speciali.

Prima di passare alla simbologia di detti acciai, è opportuno precisare che gli elementi di alligazione

non erano sempre indicati con il loro simbolo chimico, in quanto la simbologia metallurgica differisce alquanto da quella chimica; era perciò in vigore la seguente corrispondanza:

A = alluminio	D = molibdeno	T = titanio
C = cromo	S = silicio	W = tungsteno
M = manganese	N = nichel	V = vanadio

Inoltre non si indicavano gli elementi le cui percentuali erano rispettivamente:

M < 1%	D < 0,1%
S < 0,5%	V < 0,005%
N < 0,5%	Cu < 0,35%
C < 0,25%	

Gli acciai speciali si suddividevano in:

1) - Acciai al carbonio : alla lettera C seguiva la percentuale di C moltiplicata per 100 e l'indicazione della tabella UNI

es. 015 UNI 2953

acciaio al C con lo 0,15% di C, menzionato nella tabella UNI 2953 (acciaio da cementazione).

1a) - Acciai al C per utensili: simboleggiatura analoga alla precedente con la anteponizione della lettera U

es UC 110 UNI 29559

2) - Acciai debolmente legati : la percentuale per ciascun elemento aggiunto era minore del 5%. Non si riportava la lettera C per il carbonio in quanto essa serviva per il cromo.-

La sigla comprendeva la percentuale di C moltiplicata per 100, una o più lettere corrispondenti agli elementi di alligazione ed infine una o più cifre che indicavano la percentuale dell'elemento aggiunto. Convenzionalmente tali cifre non costituivano la misura della quantità reale dell'elemento in lega, ma risultavano dal prodotto di questa per i seguenti moltiplicatori:

4 per Cr, Mn, Ni, Si, Co

10 per Al, P, Mo, Pb, Cu, Ta, Ti, V, W, Zn, S

es. 35 NDC15 UNI 2954

significava: acciaio debolmente legato con lo 0,35% di C, caratterizzato dalla presenza di Ni in proporzione media del 3,75% (= 15/4), con contenuto di Cr e Mo; acciaio menzionato nella tabella UNI 2954 (da bonifica).-

es. 25 CD4 UNI 2954

acciaio debolmente legato con lo 0,25% di C, 1% (=4/4) di Cr, piccole percentuali di Mo, menzionato nella tabella UNI 2954.-

2a) - Acciai debolmente legati per utensili: simboleggiatura analoga alla precedente con la sola anteposizione della lettera U;

es. U 85 MVB UNI 29559

acciaio debolmente legato per utensili con lo 0,85% di C, il 2% (=8/4) di Mn e con piccole quantità di V, menzionato nella tabella UNI 29559.-

3) - Acciai fortemenete legati: la percentuale di almeno un elemento di alligazione era superiore o eguale al 5%. Anche

per questi non si riportava la lettera C per il carbonio, in quanto, come per gli acciai debolmente legati, essa serviva per indicare il Cr.-

La sigla comprendeva, nell'ordine, la lettera X, la percentuale di C moltiplicata per 100, i simboli metallurgici degli elementi speciali in ordine di percentuale decrescente, le percentuali reali (misura effettiva) di detti elementi.

es. X 25 CN 2420 UNI 3159

acciaio fortemente legato (X) con lo 0,25% di C, il 24% in media di Cr, ed il 20% in media di Ni, menzionato nella tabella UNI 3159 (per getti resistenti al calore).-

3a) - Acciai fortemente legati per utensili: simboleggiatura analoga alla precedente con la sola anteposizione della lettera U.-

es. UX 82 DW9 UNI 2955

acciaio fortemente legato per utensili (UX) con lo 0,82% di C, il 9% in media di Mo e minori quantitativi di tungsteno, menzionato nella tabella UNI 2955 (acciaio rapido)

NUOVA DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI

Come precedentemente detto, in accordo con la commissione per la nomenclatura dei prodotti siderurgici della CECA, l'unificazione italiana, nel marzo del 1964, ratificò la tabella UNI 5372 sulla nuova designazione degli acciai, che sostituiva la precedente UNI 3344.

Ai fini della designazione, la nuova unificazione, classifica gli acciai in due gruppi:

- acciai designati in base alle loro caratteristiche fisiche, che a loro volta vanno suddivisi, per la designazione, in base alle caratteristiche meccaniche o a caratteristiche particolari.
- acciai designati in base alla loro composizione chimica, che a loro volta vanno suddivisi in acciai non legati (al C) acciai debolmente legati (ogni legante minore del 5%) ed acciai legati (almeno un legante > 5%).-

Anche nella nuova unificazione, come già nella precedente, gli acciai vengono designati con lettere e numeri, che individuano il prodotto e le sue caratteristiche fisiche, chimiche, tecnologiche o particolari.-

I) - ACCIAI DESIGNATI IN BASE A CARATTERISTICHE FISICHE

A) - In base alle caratteristiche meccaniche

- 1) - Acciai designati con la resistenza a trazione. Vengono indicati con il simbolo Fe seguito da un numero che esprime il valore minimo garantito della resistenza a trazione in

Se è necessario, possono essere aggiunti:

- il grado di idoneità alla saldatura, espresso da lettere A, B; C; D;
- il grado di qualità, espresso da numeri 1, 2, 3,
- il grado di purezza (riguarda il tenore di P e S presenti) espressa da una delle lettere indicate in tabella 1
- il riferimento alla unificazione: UNI

Tab. 1

Lettera	Tenore massimo in %		Lettera	Tenore massimo in %	
	P	S		P	S
T	0,020	-	L	0,040	0,030
V	0,070	-	K	0,035	0,035
U	0,020	0,020	J	0,030	0,045
F	0,020	0,050	H	0,025	0,030
R	0,020	0,040	G	0,020	0,035
Q	0,045	0,045	F	0,020	0,015
Y	0,020	0,040	Z	0,015	0,020
X	0,040	0,035			

Esempio: Fe 45

acciaio avente resistenza a trazione minima garantita di 45 Kp/mm²

Fe 50 B-3

acciaio con R minimo garantito di 50 kp/mm², idoneità alla saldatura B, qualità 3

Fe 65 DT

acciaio con R = 65Kp/mm², grado di idoneità alla saldatura D, grado di purezza T, che corrisponde (v. tab. 1) ad un tenore massimo di P = 0,060% ed ad un tenore massimo di S = 0,05%

2) - Acciai designati con il carico unitario di snervamento.

Vengono designati con il simbolo Fe seguito dalla

lettera E e da un numero che indica il valore minimo garantito del carico di snervamento in Kp/mm².

Analogamente a quanto detto per gli acciai di cui al n. 1, possono essere aggiunti:

- il grado di idoneità alla saldatura: A, B; C; D;
- il grado di qualità: 1, 2, 3.....
- il grado di purezza (vedi tab. 1)
- riferimento UNI

esempio Fe E 35

acciaio con carico minimo garantito di snervamento di 35Kp/mm²

es. Fe E 30-2

acciaio con carico di snervamento di 30Kp/mm², qualità 2;

es. Fe E 38 B- 2E

acciaio con carico di snervamento di 38 Kp/mm², grado di idoneità alla saldatura B, qualità 2, grado di purezza corrispondente alla lettera Z della tabella 1 (ovvero P=0,015%, S=0,02%)

es. Fe E 40 D-1 L

acciaio con carico di snervamento di 40 Kp/mm², grado di idoneità alla saldatura D, qualità 1, grado di purezza L (v. tab. 1)

es. Fe E 42 C-2M

acciaio con carico di snervamento di 42 Kp/mm², grado di idoneità alla saldatura C, qualità 2, grado di purezza M.-

3) - Acciai designati con la resistenza a trazione e con il simbolo dell'elemento aggiunto.-

Vengono designati alla stessa maniera di quelli in

dicati al n.1, inserendo subito dopo il numero che indica il valore minimo garantito del carico di resistenza a trazione, il simbolo chimico dell'elemento aggiunto che caratterizza lo acciaio.-

es. Fe 45 Pb

acciaio al Pb con carico minimo garantito di resistenza a trazione di 45 Kp/mmq.

es. Fe 55 Mn

acciaio al Mn, R= 45 Kp/mmq.

4) - Acciai designati con il carico di snervamento e con il simbolo dell'elemento aggiunto.-

Vengono designati come quelli indicati al n.2, inserendo inoltre il simbolo dell'elemento aggiunto.-

es. Fe E 42 Mn

acciaio al Mn con carico di snervamento di 42 Kp/mmq;

es. Fe E 38 Mn-C2

acciaio al Mn con carico di snervamento di 38 Kp/mmq, grado di idoneità alla saldatura C; qualità 2.-

B) - In base a caratteristiche particolari

Questi acciai vengono designati con simbolo Fe, con il simbolo che indica le caratteristiche particolari (es. P = caratteristiche di imbutibilità; W = perdite magnetiche) e con un numero a due cifre indicante il grado della particolare caratteristica.-

Se è necessario possono essere aggiunti;

- lo stato superficiale espresso da una lettera A, B, C, D;

- lo stato di trattamento espresso anch'esso da una lettera

A, B, C, D;

- il grado di purezza Y, V, U, T.....(vedi tabella 1)

- il riferimento UNI

esempi Fe P 12

acciaio per imbutitura, grado di qualità 12;

Fe P 23 AB UNI

acciaio per imbutitura, grado di qualità 23, stato superficiale A, stato di trattamento B, come da UNI

Fe W 12 UNI

acciaio per trasformatori (in lamiera sottili per pacchi lamellati) caratterizzato da una perdita di potenza di 12 W/Kp per isteresi e correnti parassite;

Fe P 25 C E T

acciaio per imbutitura con grado di qualità 25, stato superficiale C, stato di trattamento E, grado di purezza F;

Fe W 15 B U

acciaio per trasformatore in lamiera sottile con cifra di perdita di 15 W/Kp; stato superficiale B, grado di purezza U.

II) - ACCIAI DESIGNATI IN BASE ALLA LORO COMPOSIZIONE CHIMICA

Come detto, questi acciai si suddividono in:

- 1) - acciai non legati: vengono designati con il simbolo C (carbonio) ed un numero che esprime la percentuale dello stesso carbonio moltiplicata per 100.- Se è necessario va aggiunto:

- il grado di purezza;

- il riferimento UNI.-

Esempi

C 35

acciaio al carbonio da trattamento termico con percentuale di C dello 0,35%;

C 50 Z

acciaio al C da trattamento termico, con percentuale di C dello 0,50% e grado di purezza Z.

- 2) - acciai debolmente legati: in questi acciai la percentuale di ogni legante é sempre minore del 5%.-La loro designazione comprende: la percentuale di C moltiplicata per 100; i simboli chimici degli elementi aggiunti, di cui viene indicata successivamente la percentuale in ordine decrescente; i simboli chimici anche degli elementi di cui non viene indicata la percentuale, perché minima, ma che influenzano le caratteristiche dell'acciaio; i tenori degli elementi aggiunti espressi da numeri che si ottengono moltiplicando le effettive percentuali per moltiplicatori fissi (4 - 10 - 100 - 1000), come elencato e specificato nella tabella 2

Tab 2

			Tabella dei moltiplicatori		
C	Carbonio	4	Al	Alluminio	10
Cr	Cromo		Be	Berillio	
Mn	Manganese		Cu	Rame	
Ni	Nichel		Mo	Moibdeno	
Si	Silicio		Nb	Niobio	
W	Wolframio	Pb	Piombo		
N	Azoto	Ta	Tantalio		
P	Fosforo	Ti	Titanio		
S	Zolfo	V	Vanadio		
B	Boro	Zr	Zirconio		
		100			
		1000			

Va notato che non vengono indicati i tenori di

Va notato che non vengono indicati i tenori di quegli elementi che non superano i valori riportati nella tabella 3

Tab. 3

Non vengono indicati i tenori degli elementi aggiunti quando non superano i valori sottoportati:

Mn - 1%	Cr - 0,25%
Si - 0,5%	Mo - 0,1%
Ni - 0,5%	V - 0,05%
Cu - 0,4%	B - 0,01%

Anche per questi acciai, se è necessario, possono essere aggiunti:

- il grado di purezza
- il riferimento UNI.

Esempio 35 Mn 6

acciaio debolmente legato con lo 0,35% di C e 1,5% di Mn (1,5 = 6/4);

20 Ni Cr 16

acciaio debolmente legato con lo 0,20% di C, 4% di Ni e quantità non precisate di Cr;

30 Ni Cr Mo 1612

acciaio debolmente legato con 0,30 di C, 4% di Ni, 3% di Cr, e Mo non precisato;

45 Cr W Ni 1284 Z

acciaio debolmente legato con i seguenti tenori medi: 0,45% di C, 3% di Cr, 2% di W, 1% di Ni, grado di purezza Z (ovvero 0,015% di P e 0,020 di S)

- 3)- acciai legati : in questi acciai, almeno un elemento di alligazione ha percentuale superiore al 5%. - Vengono designati con la lettera X, con la percentuale di carbonio nel

tiplicata per 100, con i simboli chimici internazionali degli elementi di alligazione in ordine decrescente della percentuale, con uno o più numeri che indicano le effettive percentuali degli elementi fondamentali aggiunti.- Se necessario, il riferimento UNI.-

Esempi: X 20 Cr 8

acciaio legato con le seguenti percentuali medie: 0,20% di C, 8% di Cr;

X 16 Cr Ni 1808

acciaio legato con le seguenti percentuali medie: 0,16% di C, 18% di Cr, 8% di Ni;

X 85 W Co Cr 1806 04

acciaio legato con le seguenti percentuali medie: 0,85% di C, 18% di W, 6% di Co, 4% di Cr.

Per rendere comunque più agevole lo studio della nuova unificazione degli acciai si riportano le tabelle 4 e 5 che offrono un quadro sintetico comprensivo di utili esempi.

Prima di chiudere l'argomento sulla designazione degli acciai si dà un cenno sulla simboleggiatura adottata in altri Paesi e che, con maggiore probabilità può essere in contraria.-

CENNI SULLA SIMBOLEGGIATURA FRANCESE (AFNOR)

La simboleggiatura francese è molto simile a quella italiana eccezion fatta per i seguenti punti:

1) - il simbolo di acciai speciali non legati ma destinati a

Designazione convenzionale degli acciai

Tabella 4
rassuntiva

<i>Designazione in base alle caratteristiche fisiche</i>		
	<i>in base alle caratteristiche meccaniche</i>	<i>in base a caratteristiche particolari</i>
<i>Indicazioni obbligatorie</i>	Fe	Fe
	<p>● resistenza a trazione minima garantita, in kg/mm².</p> <p><i>oppure:</i></p> <p>● carico unitario di snervamento minimo garantito, in kg/mm², precedute dalla lettera E</p>	<p>● lettera indicativa della proprietà particolare dell'acciaio (F. = imbutibilità; W = perdita magnetiche);</p> <p>● un numero di due cifre indicante il grado della suddetta proprietà (secondo la specificazione relativa al prodotto)</p>
	<p>se occorre, simbolo chimico dell'elemento aggiunto intenzionalmente per ottenere particolari caratteristiche</p>	
<i>Indicazioni facoltative</i>	<p>grado garantito di idoneità alla saldatura:</p> <p style="text-align: center;">A, B, C, D</p> <p>(secondo la specificazione del prodotto)</p>	<p>lettera indicante lo stato della superficie</p>
	<p>grado di qualità</p> <p style="text-align: center;">1 - 2 - 3 - 4 - ...</p> <p>(secondo la specificazione del prodotto)</p>	<p>lettera indicante lo stato di trattamento (lettera O se non è previsto lo stato)</p>
	<p>grado di purezza, indicante i tenori massimi di fosforo e zolfo:</p> <p style="text-align: center;">F, V, C, T, ...</p>	<p>grado di purezza, indicante i tenori massimi di fosforo e zolfo:</p> <p style="text-align: center;">F, V, C, T, ...</p>
	<p>indicazione della unificazione UNI ...</p>	<p>indicazione della unificazione UNI ...</p>
<i>Esempi</i>	<p>Fe 40 Fe E 35 Fe 40 Pb Fe 50 E-3 Fe 45 Mn C-2 Z Fe 50 Ni UNI ...</p>	<p>Fe P 10 Fe P 20 AB UNI ... Fe W 10 UNI ... Fe W 14 BE F UNI ... Fe W 12 OOT UNI ...</p>

Tab 5

Designazione in base alla composizione chimica		
non legati	debolmente legati: ogni legante < 5%	legati: almeno un legante > 5%
		X
Indicazioni obbligatorie		
● tenore medio % di carbonio moltiplicato per 100	● tenore medio % di carbonio moltiplicato per 100	● tenore medio % di carbonio moltiplicato per 100
	● simboli chimici degli elementi leganti caratteristici	● simboli chimici degli elementi leganti caratteristici
	● tenore % dei principali leganti moltiplicato per 4 - 10 - 100 - 1000	● tenore % dei principali elementi leganti
Indic. facoltative		
grado di purezza, indicante i tenori massimi di fosforo e di zolfo: Y, V, U, T ...	grado di purezza, indicante i tenori massimi di fosforo e di zolfo: Y, V, U, T ...	
Indic. unificazioni		
indicazione della unificazione UNI ...	indicazione della unificazione UNI ...	indicazione della unificazione UNI ...
Esempi		
C 40	25 Mn 6	X 25 Cr 8
C 42	20 NiCr 16	X 25 CrNi 1908
C 45 U	20 NiCrMo 1612	X 160 Cr 12
C 22 E	45 CrW 1208	X 80 NiCrCo 120603
C 80 X UNI ...	40 CrNi 12 UNI ...	X 70 WCr 1604 UNI ...

subire trattamenti termici particolari, è seguito da una lettera minuscola che indica il grado di purezza, come si rileva dalla tabella 6.-

Tab. 6 Simbologgia francese per gli acciai.

Simbolo	P max. %	S max. %	P+S max. %
a	0,090	0,065	0,140
b	0,080	0,060	0,120
c	0,060	0,050	0,100
d	0,050	0,050	0,090
e	0,040	0,040	0,070
f	0,040	0,035	0,065
g	0,035	0,035	0,060
h	0,030	0,025	0,055
k	0,020	0,025	0,045
m	0,020	0,025	0,035

C 30 b
X C 45 f
Z 85 W K 1810
Z 85 W D 0606

esempio C 30 B

acciaio al C da costruzione contenente lo 0,30% C e grado di purezza b ($P_{\max} 0,08\% - S_{\max} 0,06\%$).-

2) - agli acciai speciali non legati, destinati a determinati trattamenti termici per particolari impieghi, va preposta la lettera X.-

esempio X C 45 f

acciaio da costruzione per impieghi particolari con 0,45% di C e grado di purezza f.-

3) - gli acciai fortemente legati sono preceduti dalla lettera Z.-

esempio Z 85 W K 1810

4) - i numeri indicanti le percentuali degli elementi di alligazione sono sempre a due cifre, anche per percentuali inferiori al 10%; in tal caso la prima cifra di detti numeri è 0 (zero)

esempio Z 85 W D 0606

acciaio per utensili avente 0,85 di C, 6% di W, 6% di D.-

CENNI SULLA SIMBOLEGGIATURA TEDESCA (DIN)

Anche la simboleggiatura tedesca é molto simile a quella italiana, differendo da essa solo nei seguenti punti:

1) - la designazione degli acciai ordinari va fatta con la sigla St (Stahl = acciaio) seguita dal carico di rottura a trazione.

Esempio St 45

Molte volte al carico di rottura seguono due numeri che sono le ultime due cifre del numero della tabella DIN che tratta tale acciaio.-

Esempio St 00 22

acciaio comune (paragonabile al nostro Fe 00) menzionato nella tabella DIN 1522.-

2) - gli acciai al carbonio da costruzione, quando sono abbastanza puri, si distinguono per la interposizione, tra il simbolo C del carbonio ed il carico di rottura, della lettera k.

esempio C k 10

3) - la simboleggiatura degli acciai debolmente legati é come quella italiana ed i moltiplicatori fissi sono:

4	per	Co, Cr, Mn, Ni, Si, W;
10	"	Al, Mo, Cu, Ti, Va;
100	"	P, S, N, C.

esempio 76 W Co 7240

acciaio debolmente legato con 0,76% C, 18% W, 10% Co.-

CENNI SULLA SIMBOLEGGIATURA AMERICANA (SAB)

Il sistema di simboleggiatura americana differisce notevolmente da quello italiano. A prescindere dalle numerose eccezioni e particolarità, in linea di massima, si può dire che l'individuazione di un acciaio vien fatta con diversi numeri, i quali, a loro volta, fanno riferimento ad altrettante tabelle. L'interpretazione avviene nel modo seguente: il primo numero indica la classe cui l'acciaio appartiene; il secondo la percentuale dell'elemento di alligazione; il terzo gruppo di numeri le percentuali di carbonio moltiplicate per 100.

Esempio 2317

acciaio legato al Ni (2); contenente il 3% di Ni (3) e lo 0,17 di C (17) (vedi tabella 7)

TABELLA N. 7
Simboleggiatura americana per gli acciai.

Numero	Classe
1	Acciai al carbonio
2	Acciai al nichel
3	Acciai al nichel-cromo
4	Acciai al molibdeno
5	Acciai al cromo
6	Acciai al cromo-vanadio
7	Acciai al wolfranio
8	Acciai al silicio-manganese

Esempi:

- 1015 — Acciaio al carbonio (1) contenente meno dell'1% di Mn (0) e mediamente lo 0,15% di carbonio (15).
- 1040 — Come sopra con lo 0,40% di C.
- 2317 — Acciaio legato al Ni (2) contenente il 3% di Ni e lo 0,17% di C.
- 2345 — Come sopra con lo 0,45 di C.
- 3150 — Acciaio legato al Ni-Cr (3) contenente l'1% di Ni e 0,50% di C.
- 52100 — Acciaio legato al Cr (5) contenente il 2% di Cr e 1% di C.
- 71640 — Acciaio legato al wolfranio contenente il 16% di W e 0,5% di C.

CENNI SULLA SIMBOLEGGIATURA RUSSA

Si dirà per questa soltanto che gli acciai sono designati, in linea di massima, come nella unificazione italiana, distinguendoli in funzione delle loro proprietà fisiche e della composizione chimica. Anche per la simbologia, si utilizzano, come per l'UNI, lettere e numeri, ove le lettere, naturalmente, sono espresse con carattere russo (vedi tabella 8)

TABELLA N. 8
Simbologia russa per gli acciai.

Carattere russo	Carattere latino	Significato
С	С	Silicio
Х	Н	Cromo
Г	М	Manganese
Н	Н	Nichel
В	В	Wolframio
Ф	В	Vanadio
М	М	Molibdeno
Ю	Ю	Alluminio
Т	Т	Acciaio trattato
Гр	St	Acciaio
HK	PK	Acciaio qualità media
K	K	Acciaio alta qualità
BK	VK	Acciaio qualità normale
M	M	Acciaio Martin
B	B	Acciaio Bessemer
T	T	Acciaio Thomas

Solo per avere un quadro di confronto si riporta la corrispondenza della simbologia di acciai da costruzione secondo le norme UNI, AFNOR, DIN, SAE. (vedi tab.9)

TABELLA N. 9
Simbologia di acciai da costruzione secondo le norme UNI, AFNOR, DIN, SAE.

UNI 5378	AFNOR	DIN 17006	SAE	UNI 5378	AFNOR	DIN 17006	SAE
C 20	XC 20 f	Cr 20	2020	40 Cr 4	58 C 4	41 Cr 4	5140
C 25	XC 25 f	Cr 25	2025	35 Cr Mn 4	58 C 4		5135
20 Mn Cr 3	26 MC 3	26 Mn Cr 3	5123	25 Cr Mo 4	25 CD 4	25 Cr Mo 4	
28 Cr Mo 4	28 CD 4			30 Cr Mo 4	30 CD 4		4730
	20 ND 8		4600	35 Cr Mo 4	35 CD 4	34 Cr Mo 4	4735
22 Ni Cr 3	22 NC e			40 Cr Mo 4	42 CD 4	42 Cr Mo 4	4240
24 Cr Ni 3		25 Cr Ni 6		35 Ni Cr 9	30 NC 11	36 Ni Cr 20	
28 Cr Ni 5			3120	38 Ni Cr Mo 4	35 NCD 5	36 Cr Ni Mo 4	5840
18 Ni Cr 11	24 NC 11	24 Ni Cr 20	3475	38 Ni Cr Mo 6	35 NCD 6		4337
18 Ni Cr 16	28 NC 25	24 Ni Cr 28		40 Ni Cr Mo 7			4340
26 Cr Ni Mo 3			8675	25 Ni Cr Mo 7		34 Cr Ni Mo 6	4337
20 Ni Cr Mo 3	20 NCD 2		8600	30 Ni Cr Mo 22	30 NCD 22		
20 Ni Cr Mo 5	26 NCD 5			35 Ni Cr Mo 26	35 NCD 26		
26 Ni Cr Mo 7	28 NCD 6		4330	40 Si 5			
30 Cr Mo 20	30 CD 20	30 Cr Mo V 9		34 Si 8			5025
C 20	XC 20 f	Cr 20	2020	30 Cr V 4	30 CV 4	30 Cr V 4	6130
C 30	XC 35 f	Cr 35	2030	34 Si Cr 5	60 SC 7		
C 40	XC 45 f	Cr 45	2040	38 Si Cr Ni 3			
C 50		Cr 45	2050	200 Cr 6		200 Cr 6	20200
C 60	XC 65 f	Cr 60	2060				

GHISE

Le ghise sono leghe ferro-carbonio con percentuale di C variabile dal 2 al 6%. Esse sono costituite da alcune strutture fondamentali, quali la cementite, la ferrite, la perlite, la grafite (vedi fig.4) che, a seconda della percentuale, conferiscono particolari caratteristiche.

La cementite (carburo di ferro), per esempio, conferisce alla ghisa una notevolissima durezza ed un'elevata fragilità. L'effetto opposto viene prodotto dalla ferrite, per cui una ghisa ferritica è agevolmente lavorabile.

Oltre al ferro e carbonio, le ghise contengono altri elementi di alligazione; i più importanti sono il manganese ed il silicio, che, favorendo questa o quella struttura, danno particolari qualità alle ghise.

Il silicio, in percentuale dell' 1 + 1,5%, favorisce la decomposizione della cementite e pertanto tende a ridurre la durezza della lega. Ciò avviene però con raffreddamento molto lento; con velocità superiore di raffreddamento e a parità di tenore di Si, si possono avere strutture instabili, differenti molto l'una dall'altra.

Il manganese, non solo combatte l'azione decementante del silicio, ma fissa alcuni carburi di manganese più duri della stessa cementite.

Non bisogna trascurare inoltre il contenuto di fosforo e zolfo che, presenti nelle ghise come impurezze, aumen-

tano la fragilità sia a caldo che a freddo.

A seconda del processo di fabbricazione, le ghise si possono distinguere in :

- ghise d'alto forno o di prima fusione, ottenute direttamente dall'alto forno;
- ghise affinate o di seconda fusione, sono quelle che subiscono un processo di affinazione, che le rende adatte a particolari impieghi (gusci di cuscinetti, ceppi per freni, dischi di frizione, ecc.).

Dall'aspetto della frattura le ghise vanno distinte in :

- ghise bianche in cui il carbonio rimane combinato col ferro sotto forma di carburo di ferro, $Fe_3 C$, hanno l'aspetto bianco argenteo e presentano una notevolissima durezza, (circa 400 Brinell) per cui sono lavorate solo con utensili speciali in carburo di tungsteno. La loro formazione è favorita dalla presenza di manganese e da un rapido raffreddamento che impedisce la decomposizione dell' $Fe_3 C$ esistente allo stato liquido.
- ghise grigie costituite da un'intima mescolanza di grafite libera, in lamelle ed in granuli, con cristalli di ferrite. Il silicio ed un lento raffreddamento che permetta la separazione del carbonio, favoriscono la formazione di queste ghise, che peraltro sono

abbastanza tenere (150 + 180 Brinell) ed hanno un volume specifico superiore a quelle delle ghise bianche, appunto per la presenza di grafite. Queste ghise sono agevolmente lavorabili alla lima e con l'utensile normale.

- ghise nere : contengono il carbonio sotto forma di grosse lamelle per cui sono facilmente sfaldabili ed hanno scarsa applicazione pratica; sono tuttavia utilizzabili per la produzione di altri tipi di ghisa.

- ghise tratte : in cui, grazie ad una elevata velocità di raffreddamento, la decomposizione della cementite è appena accennata. Sono dotate di grande durezza.

Vanno inoltre ricordate le ghise malleabili, per le quali esiste anche una unificazione; esse si distinguono:

- ghise malleabili bianche o a cuore bianco o europee: sono prodotte con un riscaldamento, in 24 ore, delle ghise bianche, alla temperatura di circa 950° C, in un ambiente ossidante, e mantenute a tale temperatura per circa 50 ore; quindi raffreddate lentamente in un paio di giorni. Il cemento ossidante capta il carbonio dalle zone superficiali, per cui quelle della parte centrale tende a diffondersi in superficie.

Si ha così un miglioramento delle caratteristiche

meccaniche ($R = 35 + 45 \text{ Kp/mm}^2$; $A = 6 + 8\%$; $HB = 160 + 190 \text{ Kp/mm}^2$), sia per la riduzione del tenore di carbonio (per cui il prodotto si avvicina ad un acciaio), sia per la trasformazione del rimanente carbonio in granuli di grafite uniformemente distribuiti nella matrice metallica. La ghisa malleabile bianca viene usata spesso per pezzi di armi da fuoco e per parti di macchine agricole.

- ghise malleabili nere o a cuore nero o americane: sono prodotte con trattamento analogo al precedente, però in ambiente neutro; il carbonio, pur liberandosi nella dissociazione del Fe_3C , non viene assorbito e si accumula in noduli di grafite prevalentemente nella parte centrale (cuore nero). La ghisa malleabile nera presenta una notevole tenacità e lavorabilità; è particolarmente adatta per la costruzione di parti di macchine elettriche (carcasce).

A proposito di ghise malleabili, non vanno tacite le moderne ghise malleabili perlitiche, che, ottenute con particolari trattamenti termici, si presentano con struttura prettamente perlitica e raggiungono carichi di rottura dell'ordine di $60 + 70 \text{ Kp/mm}^2$.

Un ultimo cenno va fatto alle ghise a grafite sferoidali ed alle ghise speciali: le ghise a grafite sferoidali sono prodotte con l'aggiunta di de-

terminate quantità di cerio e di magnesio (perciò sono anche chiamate ghise legate). Il cerio ed il magnesio influiscono sulla distribuzione del carbonio che si raccoglie nella matrice metallica sotto forma di sferoidi (da cui il nome). Tale struttura conferisce a queste ghise elevata resistenza all'urto e, contemporaneamente, durezza, buona colabilità ottima resistenza al calore ed alla corrosione.

Le ghise speciali sono state ideate per raggiungere particolari scopi; per esempio : ottenere una lega che unisca ai pregi della ghisa (colabilità, fusibilità), quelli degli acciai (elasticità, saldabilità, ecc.); oppure per ottenere un prodotto particolarmente e specificamente adatto a resistere al calore, alla corrosione, all'usura, ecc.

Da quando si è visto si può facilmente rilevare che le caratteristiche di una ghisa non dipendono affatto soltanto dalla percentuale di carbonio esistente in essa, bensì da vari altri fattori: trattamenti termici, aggiunte di elementi di alligazione, ecc, per cui è assurdo pensare ad una classificazione delle ghise e ad una loro differenziazione di caratteristiche in base al tenore di carbonio.

UNIFICAZIONE DELLE GHISE

Attualmente l'UNI adotta la seguente designazione delle ghise:

- 1) - ghise grigie per getti (UNI 5007): alla lettera G (ghisa) si fa seguire un numero che indica il carico minimo di rottura a trazione (vedi tab. 10).

Tab 10

Designazione	R minimo kg/mm ²
G 00	senza prescrizioni
G 10	10
G 15	15
G 20	20
G 25	25
G 30	30
G 35	35

Il peso specifico di queste ghise varia da 7, per la G 10, a 7,4 kg/dm³ per la G 35.

La G 00 è una ghisa senza prescrizioni.

- 2) - ghise malleabili in getti (UNI 3779): vengono designate con le lettere GM seguite da B o N (a seconda che si tratti di ghisa malleabile bianca o nera) e da un numero che indica il carico minimo di rottura a trazione. La sola sigla GM indica una ghisa malleabile senza prescrizione se bianca o nera (vedi tab. 11).

Tab 11

GM 00	ghise malleabili correnti
GM 25	
GMB 00	ghise malleabili bianche
GMN 25	

Ghise
malleabili
in getti
UNI 3779

3) ghise a grafite sferoidale (UNI 4544). Sigla GS seguita da due numeri: il primo indica il carico minimo garantito di rottura a trazione, in Kp/mm^2 , il secondo il minimo allungamento percentuale (vedi tab. 12)

Ghise
a grafite
sferoidale
UNI 4544

Tab 12

Designazione	R minimo kg/mm ²	A minimo %
GS 42/10	42	10
GS Q 42/15	42	15
GS 50/5	50	5
GS 55/3	55	3

Vi sono infine alcune ghise non unificate, che hanno tuttavia la seguente designazione provvisoria: ghise speciali : sigla GS accompagnata da un numero che può variare da 1 a 38, a seconda delle caratteristiche del prodotto.

Ghise da nitrurazione : sigla GSNI.

MATERIALI METALLICI USATI NELL'INDUSTRIA MECCANICA

Una trattazione ampia di tutti i principali metalli usati nell'industria meccanica esula dai limiti che competono a queste note. Tuttavia è opportuno fare un fugace richiamo di quelli che entrano con funzione determinante nella composizione dei materiali di largo impiego nelle costruzioni meccaniche. In tale misura s'è già parlato di Mn, Cr, Ni, W, ecc, quali componenti di rilievo degli acciai, analogamente si ritiene di dover dare un rapido sguardo a due metalli diffusissimi, Cu e Al, ed alle rispettive leghe, tanto pregevoli, sotto certi aspetti tecnici, da essere insostituibili in numerose applicazioni.

RAMB

Il rame viene comunemente estratto dai suoi solfuri. Ricotto, ha discrete caratteristiche meccaniche: un carico di rottura di circa 23 Kp/mm^2 ed un modulo di elasticità longitudinale di 12.000 Kp/mm^2 . Ottime sono la sua conducibilità termica e quella elettrica, buona la resistenza all'ossidazione. Per queste proprietà viene impiegato per tubazioni (caldaie) e per motori endotermici, serpentine, conduttori, cavi elettrici, lamelle per collettori di macchine elettriche, avvolgimenti, interruttori, ecc. Con aggiunte di berillio assume particolare resistenza a fatica e insieme al

fosforo resiste alla infragilizzazione delle zone saldate, per cui viene usato spesso per recipienti in pressione in esecuzione saldata. Insieme allo stagno o allo zinco forma rispettivamente i bronzi o gli ottoni, leghe di larghissimo impiego nell'industria.

ALLUMINIO

L'alluminio in natura non si trova mai allo stato libero; è invece molto diffuso sotto forma di ossidi e di silicati. È un metallo molto leggero, duttile, malleabile, flessibile; si può ridurre facilmente in polvere ed è ottimo conduttore di calore e di elettricità. È molto avido di ossigeno, donde il suo impiego in metallurgia quale riducente; all'aria si ricopre di Al_2O_3 , passivante, che impedisce il progredire dell'ossidazione in profondità. Specialmente in lega con altri metalli è molto e variamente usato.

BRONZO

I bronzi sono leghe di rame e stagno; essi si suddividono in: bronzi ordinari, in cui la percentuale di stagno è inferiore al 28%; e bronzi speciali, in cui oltre al rame e stagno, sono presenti anche altri elementi, come alluminio, nichel, ecc.

1) - bronzi ordinari : la durezza di questi bronzi

umenta con il tenore di stagno e con l'aumentare della velocità di raffreddamento del getto, velocità di raffreddamento che impedisce anche il fenomeno della liquazione (cioè la separazione degli elementi in lega) e conferisce alla grana una struttura molto fine. Tra i principali impieghi si ricordano i bronzi per campane, cuscinetti, corpi di pompe, ingranaggi.

2) -bronzi speciali : sono particolarmente noti

- a) bronzi fosforosi : sono così chiamati, nonostante non contengano fosforo, perché disossidati con rame fosforoso (il fosforo passa nelle scorie). Sono molto puri e duri; e reagiscono bene all'azione degli agenti chimici.

- b) bronzi al cadmio : detti anche bronzi telefonici, perché usati per linee telefoniche e tramviarie in sostituzione del rame; infatti, con l'aggiunta di solo 1% di cadmio, acquistano un'elevata resistenza a trazione (70 kp/mm^2) ed all'usura, insieme ad una buona conducibilità elettrica.

- c) bronzi all'alluminio : sono costituiti da Cu $\approx 92\%$ e Al $\approx 8\%$; possiedono un'elevata resistenza a trazione ed alla corrosione e sono particolarmente impiegati per valvole, eliche, cuscinetti, ingranaggi.

Fanno parte di queste leghe il cupralluminio e la lega Xasital.

- d) bronzi al nichel : hanno una buona resistenza alla azione corrosiva dell'acqua del mare e del vapore, per cui vengono usati principalmente per valvole di motrice a vapore e per particolari di pompe per acqua marina. Tra questi si ricorda il metallo monel che, oltre alle citate caratteristiche, ha la proprietà di non subire deformazione fino a 550° C, per cui viene usato per punte da trapani ultrasonici.

- e) bronzi al beriglio : sono dei bronzi che sottoposti a tempra e successivo rinvenimento, assumono un'elevatissima resistenza a trazione (circa 135 Kp mm²) e durezza (circa 390 HB).

L'UNI designa i bronzi ordinari con la lettera B, cui segue la percentuale di stagno. Per i bronzi speciali viene iscritto il simbolo dell'elemento di apporto e la sua percentuale.

Esempi :

B 14	Bronzo ordinario con 14% Sn;
BZN 8	Bronzo con 8% Zn;
BPB 12	Bronzo con 12% Pb;
G CUAL 9	Bronzo di alluminio per getti (Cupralumino) con 9% Al;
P CUAL 5	Bronzo di alluminio per lavorazioni plastiche con 5% Al.

OTTONI

Sono leghe costituite da rame e zinco. L'aumento della percentuale del rame eleva la malleabilità della lega. Gli ottoni vanno distinti in ottoni ordinari, impiegati principalmente per tubi, valvole, rubinetteria, ed ottoni speciali, i quali, oltre a rame e zinco, contengono anche altri elementi come Pb, Sn, Mn, Ni, Al, ecc., che conferiscono particolari proprietà agli ottoni. Si citano, per esempio, gli ottoni al Ni e al Mn molto resistenti al vapore ed all'acqua di mare.

Le norme UNI designano gli ottoni ordinari con la sigla OT seguita da un numero, che indica la percentuale di rame presente, e gli ottoni speciali come i precedenti, con la sola interposizione, tra la sigla OT e la percentuale di rame, della lettera S (speciale); esempi:

OT 63 ottone ordinario con 63% Cu;
OT S 58 ottone speciale con 58% Cu, più altro elemento.

Si noti che solo tre tipi di ottoni sono unificati: OT S 1; OT S 2; OT S 3; in questi il numero è un indice rappresentativo della percentuale degli altri elementi di alligazione.

LEGHE LEGGERE

Le leghe leggere sono costituite da alluminio che é l'elemento base, con l'aggiunta, in proporzione variabile a seconda delle caratteristiche richieste, di rame, magnesio, silicio, manganese, zinco, nichel.

Esse vengono distinte in leghe da fonderia, designate con la lettera G, e leghe da lavorazione plastica, designate con la lettera P.

Tra le leghe leggere da fonderia si ricordano:

- leghe alluminio-silicio di buona colabilità, in cui il silicio diminuisce la fragilità. Queste leghe, con $\approx + 13\%$ di Si, sono denominate inafond S, e sono impiegate principalmente per cilindri di motori endotermici, carter, coppe, ecc.
- leghe alluminio - rame in cui il rame, in percentuale inferiore al 12%, conferisce durezza e resistenza a trazione. Queste leghe, denominate termafond C 12 T, vengono utilizzate principalmente per ricavare stantuffi per motori endotermici, mediante colate in conchiglia.
- leghe alluminio - magnesio, dure, resistenti a trazione ed alla corrosione; tipica il corrofond.
- leghe resistenti al calore :del tipo alluminio-rame o alluminio-silicio. Tra quelle alluminio-rame si ricorda il duralite o duralluminio.

Tra le leghe leggere da lavorazione plastica si ricordano ancora: le leghe alluminio-magnesio, lavorabile anche a freddo;

le leghe alluminio - rame tipica l'avional ed il già citato duralluminio; e le leghe ad alta resistenza, tipica l'ergal con $R \approx 70 \text{ Kp mm}^2$, $A = 6\%$, $HB = 200 \text{ Kp/mm}^2$.

LEGHE ULTRALEGGERE

Sono leghe in cui l'elemento base è il magnesio, al quale vanno aggiunti, in percentuale variabile, alluminio, zinco, manganese, silicio, berillio, nichel, cerio. Tra queste leghe si ricordano: l'electron, in cui lo zinco, il nichel ed l'alluminio esaltano la resistenza meccanica; il manganese la saldabilità e la resistenza alla corrosione; il cerio la resistenza al calore. L'electron è molto usato per la costruzione di stantuffi per motori endotermici; un suo difetto fondamentale è la sua corrodibilità agli agenti chimici ed all'acqua marina; pertanto in particolari impieghi va protetto con speciali vernici. Il magnalio, molto adoperato per la costruzione di strumenti scientifici.

LEGHE ANTIFRIZIONE

Sono leghe che posseggono le seguenti caratteristiche: basso coefficiente di attrito, resistenza allo schiacciamento ed all'usura, basso coefficiente di dilatazione, alta plasticità; consentono l'adattamento del cuscinetto al perno. Sono infatti strutturalmente formate da una matrice plastica per l'adattamento

e da cristalli duri per la resistenza all'usura.

La matrice plastica in genere é a base di rame, piombo, stagno, alluminio; i cristalli sono di Sb - Sn; Cu - Sn; Si; Al - Sb. Vanno ricordate le bronzine, leghe a base di rame (metallo rosa) molto usate nell'industria automobilistica e le leghe a base di alluminio, che sono le più resistenti, anche ad azioni dinamiche, ma hanno il difetto, se non sono perfettamente lubrificate, di non trattenere nella matrice i cristalli di silicio e di antimonio, con il rischio di compromettere i perni.

LEGHE RESISTENTI AD ALTE TEMPERATURE

Le caratteristiche peculiari di queste leghe sono: elevato punto di fusione; buona resistenza meccanica a temperatura e pressioni elevate; resistenza all'ossidazione ed alla corrosione a caldo; stabilità della struttura ad alta temperatura; elevato calore specifico ed ottima conducibilità termica; piccolo coefficiente di dilatazione. Tra esse si ricordano oltre agli acciai inossidabili al Ni Cr:

- Nichrome (80% Ni - 20 Cr);

- Nimonic 75 : lega speciale refrattaria con $\sigma_{sc} = 4,9$
Kp/ mm² (74% Ni; 20% Cr; 0,4% Ti; 2% Fe)

- Nimonic 95 : lega speciale resistente al calore con
 $\sigma_{sc} = 29$ Kp/ mm² (56% Ni; 19% Cr; 18% Co; 1,8% Al $\frac{1}{2}$);

- 2,8% Ti; 1% Fe) impiegata nelle turbine a gas (cfr
Manna - " Costruzione di Macchine - Vol. 1°")
- Inconel (78% Ni; 16% Cr; 6% Fe)
 - Prodotti metallo ceramici: ottenute per sinterizzazione di polveri di carburi di W, Co, Mo, Si, Ti molto duri, ma altrettanto fragili.

CENNI SULLE MATERIE PLASTICHE

Le materie plastiche sintetiche sono costituite da materie che hanno la proprietà di riunirsi in macromolecole, se portate ad alta temperatura e pressione. Esse possono dividersi in termoindurenti e termoplastiche.

Le termoindurenti rammolliscono con la temperatura, per poi indurire definitivamente.

Le termoplastiche rammolliscono ed infine fluidificano con la temperatura.

Le principali caratteristiche delle materie plastiche sono: peso specifico basso, $0,9 + 1,8 \text{ Kp/dm}^3$; buona lavorabilità per stampaggio, fusione, laminazione, ecc; minima conducibilità elettrica; buona resilienza; costi relativamente bassi.

A seconda della sostanza base con cui sono costituite, possono essere suddivise in :

- resine fenoliche : tipo bachelite, termoindurente e termoresistente, impiegata in campo meccanico,

elettrico, chimico, ecc. Con queste resine infatti si costruiscono ruote dentate silenziose, contattometri, interruttori di corrente, ecc.

- resine poliestere : l'elemento base é il polistirolo; sono dotate di notevole trasparenza, resistono agli acidi ed all'olio, sono resine termoidurenti. Accoppiate a fibre di vetro formano i cosiddetti plastici rinforzati. Esempi di impiego: serbatoi per liquidi, articoli sanitari e di cancelleria, lastre per copertura, tubi, rivestimenti, ecc.

- resine polietileniche : ottenute da trattamento sotto pressione dell'etilene (derivato del petrolio), sono resine di colore bianco con alto potere isolante e poco attaccabili dagli acidi (usate per recipienti, rivestimenti isolanti)

- resine viniliche : sono ottenute dall'acetilene o dal metano, con acido cloridico; sono termoplastiche ed hanno un elevato potere isolante sia termico che elettrico per cui sono usate come rivestimento di cavi elettrici, condutture, serbatoi, articoli casalinghi, tende alla veneziana, ecc.

- resine ureiche : si ricavano dall'urea; offrono grande resistenza al calore ed all'acqua, quindi sono adoperate per la costruzione di elettrodomestici. Sono termoidurenti e trovano applicazione nei col-

lanti dei compensati e nelle vernici da carrozziere.

- resine acriliche : hanno la proprietà di essere trasparenti e di possedere buona resistenza agli agenti atmosferici per cui sono comunemente usate (plexiglas) come vetri di sicurezza per aerei, come protezione dei quadri di apparecchi ottici e di strumenti di bordo.

- resine polipropilenuche : realizzate dall'Italiano Natta, sono caratterizzate da raggruppamenti macromolecolari con distribuzione geometrica (isotattiche), a differenza delle altre resine, nelle quali le molecole si uniscono in modo disordinate. Sono prodotte dalla Montecatini sotto il nome di Moplen ed usate come rivestimento di conduttori, per ruote dentate silenziose, per parti di elettrodomestici.