

Appunti universitari
Tesi di laurea
Cartoleria e cancelleria
Stampa file e fotocopie
Print on demand
Rilegature

NUMERO: 1044 DATA: 15/07/2014

APPUNTI

STUDENTE: Ottina

MATERIA: Tecnologia dei materiali da costruzione 2013-14

Prof. Actis Grande

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti. Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

le proprieta de materiali ponomo evere interconvesse ha di eono e non sono seporarte.
L'acciaio di armatura sara saggetto a varie proprieta

Tecnologia dei materiali da costruzione

FILES

Ing. M. Actis Grande
Ing. M. Lombardi
Politecnico di Torino
marco actis@polito.it



marco.actis@polito.it

mariangela.lombardi@polito.it

Questi sono riscrobru pri tra la risporta dei moteriali é funtione della loro interestione: enistano dei métati de pebbiorismo la mophieta dei moteriali.

Proprietà dei materiali

Le proprietà meccaniche → risposta alle sollecitazioni meccaniche, resistenza, etc.

Proprietà termiche → sono collegate alla trasmissione del calore e alla capacità termica DILITATIONE TEVRICA.

Proprietà elettriche e magnetiche risposta ai campi elettrici e magnetici, conducibilità elettrica, etc.

Proprietà ottiche > comprendono l'assorbimento, la trasmissione e la diffusione della luce

La stabilità chimica → per contatto con l'ambiente, resistenza alla

corrosione · CONDITIONI CLITATICHE (gelo/dingelo)

· Mare, differente UMBITA', SALINITA', corronoue differente

· sort delle strisse, perdita di mamieta

· DIFFERENZA DI POTENZIALE, azilare elettroclimica + ambiente



Strutture atomiche(II)

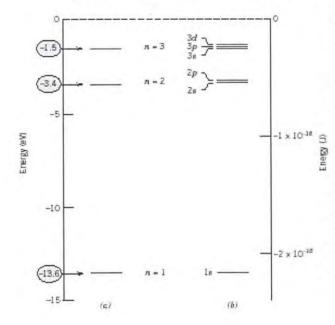
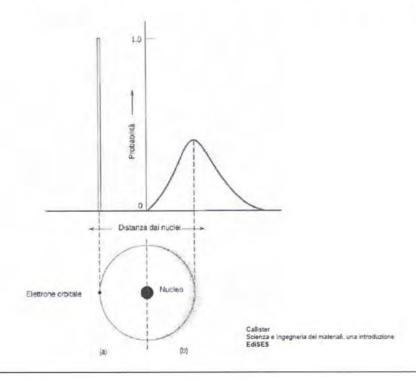


Figure 2.2 (a) The first three electron energy states for the Bohr hydrogen atom. (b) Electron energy states for the first three shells of the wave-mechanical hydrogen atom. (Adapted from W. G. Moffatt, G.W. Pearsall, and J. Wulff, The Structure and Properties of Materials, Vol. I. Structure, p. 10. Copyright @ 1964 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Strutture atomiche(III)

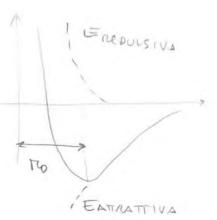




CONTRIBUTO ENERGETICO

TO = PUNTO DI ENERGIA MINIMA

Questa curva vole per TUTTI i TIPI di materibli, in lives di mombre, perde per aqui noteriale pomo delinire questa curva.

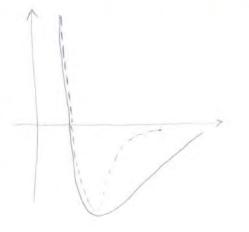


l'aupierra della cura dipende del moteriale counterats.

la curva e aucle luvrilare dalla Temperatura.

T: Evergia formita de sistema

Variando la Totterro delle differenti proprieta del materiale.



LEGAME IONICO

Legame ionico

Tra elemento metallico (M) e non metallico (X):

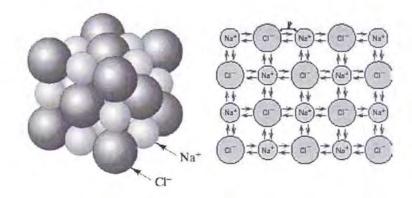
Il metallo cede un elettrone al non metallo

Si formano gli ioni M+ ed X-

Le forze attrattive sono di tipo coulombiano, dovute all'attrazione reciproca di uno ione positivo e uno negativo.

E' il legame più diffuso fra i ceramici

Esempio: il cloruro di sodio



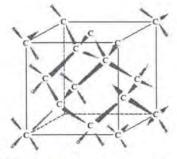
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



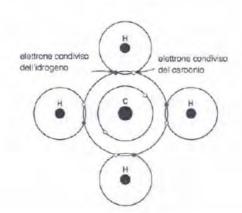
LEGAME COVALENTE

Risulta dalla condivisione di una o più coppie di elettroni tra due atomi, il cui strato elettronico più esterno è incompleto, che sovrappongono i propri orbitali semipieni. La coppia di elettroni è così in comune ai due atomi che assumono la configurazione dei gas

inerti. La parziale sovrapposizione degli orbitali comporta un aumento della densità elettronica nella regione di spazio compresa tra i due atomi



Diamante (ceramico)





POLVERO DIPOLI

Dolla tipologia del legane ricaro le corottorist cle del materiale. Pir il legane e sovico ed auro resposor s punto di fundre elevati

	MOLECOLARE	COVALENTE	METALLICO	IONICO
Unità :	Molecola	Atomo	Atomo	loni (+ / -)
Entità inter.:	Debole	Forte	Variabile	Forte
Tipo di Legame :	Van der Vaals	Covalente	Mare elettroni e ioni positivi	Interazione elettrostatica
Proprietà :	Soffice, basso p.f., Isolante	Duro, Alto p.f. Isolante, semic.	Durezza var. Conduttore	Duro, Alto p.f Isolante
Si trova in :	Non metalli e loro composti	Non metalli al centro della tab. periodica	Metalli a sinistra nella tab. periodica	Composti di metalli e non metalli.
Esempi:	Ar, N ₂ , H ₂ O, Br ₂	C _{diam.} , Si, SiO ₂	Li, Ag, Cu/Zn	NaCl, LiH,

MOTALLICO: punho di fundare + elevato na malto inforcione alle coratterio notale dei nateriali netallico.

Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE

Bisogna delunire le caratteristiche corpositionais del materiale e determinare le magnieta, functione dei porametri di cella.

IA I H	ILA			29 4 Ou -	_Num _Smb				Non m	netallo		IIIA	IVA.	W	VA	YUA	2 168 4.0005
1.0080 1) 6.939	4 94 90122			53.54	Pesc	atomo	9	A	Interm	edo		5 B 10.811	6 C	7 N 14.007	0 15.999	F. 18.910	10 Ne 20.183
71 Na 22.990	12 Mg 24.312	DIB	TVB	18	VIB	MIR	_	YES		is	118	10 A) 26.962	14 5i 29.085	15 P 30 974	16 5 52,064	17 CI 35.453	19 Ar 39.948
19 K 39 107	20 Cli 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 Y 50.947	24 Or 51,996	25 Mn 54.938	25 Fe 55.847	27 Co 56.933	29 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.57	31 Ga 69.72	32 Ge 72.53	13 As 24,922	34 56 75.35	36 Bt 79.91	36 No 82.60
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 21 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.90	43 Tc (99)	64 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.4	47 Ag 107.87	48 Cd 117.40	49 in 114.52	50 \$n 116.09	51 5b 121.75	12 74 127.50	105.90	54 Xo 131.N
55 Cs 132.91	56 Ba 137 34	Sele Lastand	72 HI 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 lr 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196,97	80 Hg 200.59	83 73 204.37	82 Pb 207.19	83 9i 208.98	84 Po (210)	At IZIO	86 8n 1222)
87 Fr (22%)	88 Ra (226)	Serie Attinidi															
5	iero La	ntarvidi	57 La 138.91	58 Ca 140 12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 GS 167.25	65 To 158.92	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	EF 167.36	69 Tm 168.93	70 Yb 173.04	71 Lu 1749
	Sece A	ktinidi	89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa (231)	92 U 238 03	93 Np (237)	54 Pu (242)	95 Am (243)	76 Crs (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es 02540	100 Fm 12531	101 Md (250)	102 No (254)	103 Lw (257)



1 - Metalli (I)

"Proprietà" dei metalli:

- opachi
- · riflettono la luce
- altoresistenziali (elevata resistenza meccanica)
- rigidi
- duttili ("si piegano prima di rompersi")
- · conduttori di calore ed elettricità
- · resistenti agli sbalzi termici
- soggetti a corrosione ed ossidazione
- · facilmente lavorabili





Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



1-Metalli (II)

- sono costituiti da elementi (Fe, Al, Mg, Cu,...)
- sono di norma allo stato cristallino membraso dei vernine accio
- vengono preparati per fusione
- sono tutti solidi a temperatura ambiente
- danno origine a leghe



Esempi: acciai, leghe di rame, titanio



Il vetro mosce de una miscela di sostampe con propriets'

2-Ceramici (III) - i vetri

- Sono un tipo di materiali ceramici, ma allo stato amorfo (non ordinato)
- Vengono preparati per **fusione** di ossidi fundue (SiO₂, Na₂O, CaO, Al₂O₃, K₂O,...)
- sono duri e fragili, lavorabili solo a caldo
- non conducono calore ed elettricità

Esempi: vetrate, parabrezza, vetri di sicurezza, fibre ottiche, ...

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Bana renisteura alle alte T: la degnadorione abbana le momieta.

3-Polimeri (I)

La maggior parte dei polimeri:

- e' molto leggera (bassa densità)
- 2 non può sopportare alte temperature
 - ha la caratteristica di essere isolante
 - ha modesta resistenza meccanica
 - è deformabile plasticamente
 - alcuni hanno proprietà elastiche (gomma)







4-Compositi (II)

Sono costituiti da due fasi:

MATRICE e SECONDA FASE (o fase rinforzante)

si classificano a seconda della matrice in:

- compositi a matrice metallica (MMC)
- compositi a matrice ceramica (CMC)
- compositi a matrice vetrosa o vetroceramica (GMC)
- Compositi a matrice polimerica

Esempi: vetroresine, legno, calcestruzzo armato,

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



4-Compositi (III)

Si classificano anche a seconda della seconda fase: TIPOGGA DI RWFORZO

- compositi <u>rinforzati con fibre</u> (lunghe o corte)
- compositi rinforzati con particelle
- la seconda fase può appartenere ad ognuna delle classi principali dei materiali





CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI

I materiali possono essere classificati secondo:

- tipo di legame chimico
- struttura (cristallina o amorfa)

I solidi possono essere classificati in funzione della regolarità con cui i loro atomi o ioni sono disposti nello spazio gli uni rispetto agli altri.

proprietà

la struttura influenza dave momieta

applicazioni

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Struttura dei materiali (I)

- CRISTALLINA ——— ORDINATA metalli, ceramici
- AMORFA DISORDINATA deve proprieta vetri, polimeri

ECCEZIONI

 vetroceramici, polimeri e compositi costituiscono le eccezioni: possono presentare sia struttura amorfa, sia cristallina, a seconda delle zone



Il tips on legane influente la Trusione



STRUTTURA CRISTALLINA: (Carolente / TEMPERATURA DI FUSIONE

- Temperatura di passaggio solido/liquido (T_{fus})
- è direttamente proporzionale alla forza del legame chimico presente nel materiale
- T_{fus}: Polimeri < (metalli, ceramici)
- T_{fus} limita il campo di impiego dei materiali

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



TEMPERATURE DI FUSIONE

	Tfus (°C)		Tfus (°C)	The second	Tfus (°C)
W	3410	Mg	651	Al_2O_3	2045
Ti	1675	Pb	270	SiO ₂	1730
Fe	1536	Sn	232	MgO	2800
Ni	1453			CaCO ₃	1339
Cu	1083	LINE S			



Celle Cristalline

a,b,c parametri di cella

α,β,γ angoli di cella

- definiti i parametri e gli angoli di cella, e' possibile conoscere la struttura di un qualsiasi materiale cristallino
- a,b,c valgono circa 0,1-0,26 nm a T ambiente e in assenza di forze applicate dall'esterno

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Celle Cristalline

- a,b,c variano con la T e con l'applicazione di carichi
- allo 0 [K] (zero assoluto) gli atomi sono fermi sulle posizioni di equilibrio
- al crescere della T oscillano intorno alle posizioni di equilibrio provocando effetti macroscopici quali la dilatazione termica e poi la fusione.

se aumenta l'energia bornita auro cena differente internatione



VARI TIPI DI CELLE CRISTALLINE

a = b = c

 $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$ cella CUBICA

 $a = b \neq c$

 $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$ cella TETRAGONALE

 $a \neq b \neq c$

 $\alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}$ cella ORTOROMBICA

a = b = c

 $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^{\circ}$

cella ROMBOEDRICA

 $a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^{\circ}$, $\delta = 120^{\circ}$

cella ESAGONALE

 $a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^{\circ} \neq \delta$

cella MONOCLINA

 $a \neq b \neq c$

 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^{\circ}$ cella TRICLINA

Quali sous i parametri de defruiscano bevo le celle?

Quest misterial de costruzione Tecnologia dei materiali da costruzione Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE

il reticolo cubico e ESAGONACE houno il Massirio quodo di deworta e compotto volue



La struttura cristallina dei metalli

Il legame metallico è adirezionale, quindi:

- → no restrizioni nel numero degli atomi vicini e nelle loro posizioni
- → presenza di un grande numero di atomi e di un elevato grado di impacchettamento di atomi vicini
 - → le sfere rappresentano gli ioni

STRUTURE PREDOTINANTI

Cubica a facce centrate (cfc)

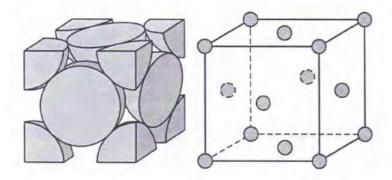
Tre strutture principali dei metalli:

Cubica a corpo centrato (ccc) ha de vuon

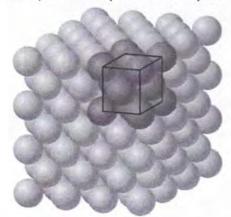
Esagonale compatta (es.c)

La struttura cristallina CFC (I)

La struttura cristallina cubica a facce centrate è caratterizzata da una cella unitaria cubica, con gli atomi disposti ai vetrici del cubo e al centro di ciascuna faccia



Esempi: rame, alluminio, oro

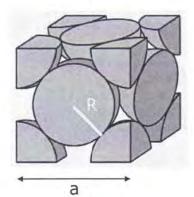


Le posizioni ai vertici e alle facce sono equivalenti fra di loro

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



La struttura cristallina CFC (II)



n. atomi per cella =(4)

Relazione fra lato della cella e raggio atomico R

$$a = 2R\sqrt{2}$$

n. coordinazione = n. di atomi vicini ai quali un atomo è legato = (12)

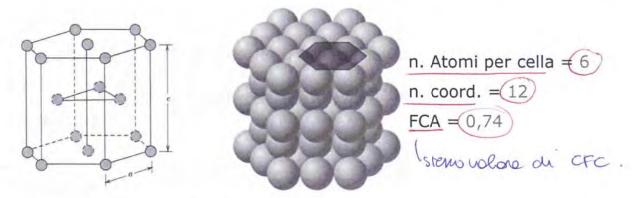
Fattore di compattazione atomica = frazione di volume occupato dagli ioni rispetto al volume della cella = (Somma dei volumi atomici)/(Volume della cella)=0,74



La struttura cristallina esagonale compatta

Facce sup. e inf. (sei atomi dipsosti a formare un esagono regolare che contiene un atomo nel suo centro) + Piano intermedio (costituito da tre atomi)

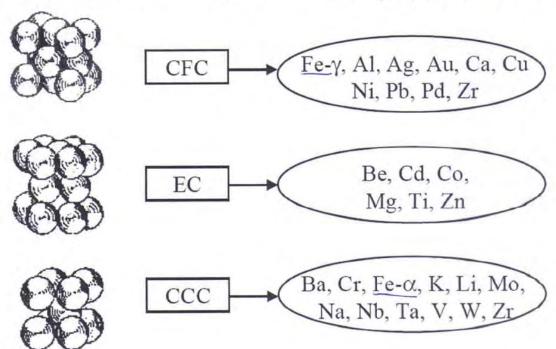
Ho i parametri di cella differenti: z eroquei alla base e an



Esempi: cadmio, magnesio, titanio, zinco

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

le FENTO é un devento reteneratio, perde a reconada della Testerna cambria di comportamento (aspetto non moscurabile).





DIRETIONE CRISTALLO GNAFICA

Per definitive una cella non bosto definitive l'orsine decis Struttura ma bisoque identificare le vorde direttioni CRISTALLOGNAFICHE.

le celle sous l'eleverelle print piccolo, come si ornientous? Queste celle nou si rectano visi varenze (10-10 m).

Compono veolere cosa caracter 1772 de strutture refollicle?

GRAND CRISTACCINO involve di celle crinholleture ordento te

l'apare cristollère é la sama di celle cris tollère lungo una direstone.

El raro hourse un moteriale Monocristaleino mentre e' frequente avere tanti grani cristaleimi diverso.

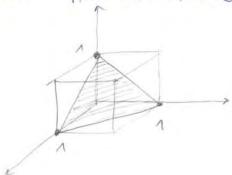
Dove rediano i grani cristollini?
Poli della luce, pondine...

Bonos Grano: Loua de conficie tra i gram'.

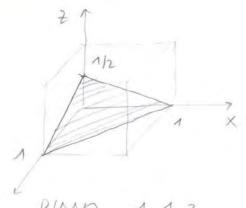
PIANI CRISTALLOGNAFICI

I plani crinhollografica nava quei piani cora Heritzah' dagli indua di Miller (h. K, e)

Per delivière il pians crispellogratura inivious della representazione della cella cubica.



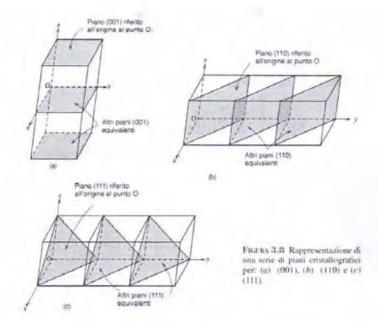
PIANO 1,1,1



P1AMO 1.1.2

Dero dividere de melane Z: prendo 1/2

Pomo sportare il pulaus sportardo il S.R.

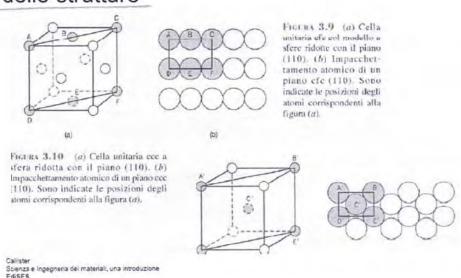


Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Disposizione atomica

La disposizione degli atomi in un piano cristallografico dipende dalla struttura del cristallo. I piani atomici (110) per le strutture cristalline cfc e ccc dove ritroviamo il differente impaccamento atomico delle strutture





BONDO DI GRAND

Area con modo di sisproive don non m'aprisse qualiera duretta mendente. Sano tone vimbile nollo MICROGRAFIA.

· sous tous di risposore rentiurs percle hauns un mappione grado di disorable

· Haimo am minore groots di imporcioernento

· Superfici meleneurido de notturo: reccombinado Frations intergranicare.

Bissouereble laurare con GRANI MONO CRISTALLINI.

PROSLUT (

- · STRUTURS NOU ISOTROPS: ho le mapuleta maggiorie lungo una diverpore;
- Rispetto ad un moteriole politain hollino;
- el processo costoso il processo per ottevere un solido cristollimo e monto (OSTOSO e richiede ranto teros per la costruzione.

MATERIALI CERAMICI

la différence has un insteriole réholoros e reaction é cle i ceramici hous composti da surero e trevent.

Insterioli ceramici non homomorium legare
Totalrence ionico o conolembre e deno veolere il
grado di ionici tai del legare.

Sulla bore del consttere ionio o constente pono overe della strutture con configurationi Chistolline dillerent.

Ho 2 abuent divers us anche 2 Gransette storicte different; also considerare:

- FRETTANEGATIVITA' - GRANDETTE DIRENSIONACI

Co cle e moturale é estasue

La struttura cristallina di un ceramico sarà influenzata da 2 caratteristiche degli ioni che compongono il materiale:

- intensità della carica elettrica
- dimensioni relative dei cationi e anioni

Il cristallo deve comunque essere neutro (carica complessiva cationi = carica complessiva anioni).

Normalmente cationi hanno dimensioni più piccole degli anioni: rC/rA<1, ogni catione preferisce avere accanto a se il numero massimo di anioni e viceversa.

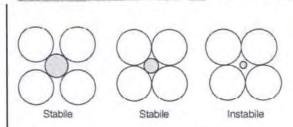


FIGURA 13.1 Configurazioni di coordinazione anione-catione stabili e non stabili. I cerchi bianchi rappresentano gli anioni; quelli colorati i cationi.

Il numero di coordinazione (numero di anioni primi vicini al catione) dipende da rC/rA

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Strutture cristalline tipo AX

Numero di cationi = Numero di anioni

NaCl: cloruro di sodio, NC=6, con disposizione tipo cfc di anioni con un catione al centro del cubo e altri 12 al centro dei 12 lati del cubo

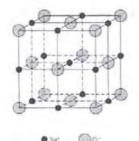


Figura 13.2 Cella unitaria per la struttura eristallina della salgemma (NaCl)

Callister Scienza e Ingegnena dei materiali, una introduzione EdiSES



Aucle le strutture ceranicle hours un certo groots di ordine

Table 12.4 Summary of Some Common Ceramic Crystal Structures

	Structure			ination ibers			
Structure Name	Type	Anion Packing	Cation	Anion	Examples		
Rock salt (sodium chloride)	AX	FCC	6	6	NaCl, MgO, FeO		
Cesium chloride	AX	Simple cubic	8	8	CsCl		
Zinc blende (sphalerite)	AX	FCC	4	4	ZnS, SiC		
Fluorite	AX ₂	Simple cubic	8	4	CaF2, UO2, ThO2		
Perovskite	ABX_3	FCC	12(A) 6(B)	6	BaTiO ₃ , SrZrO ₃ , SrSnO ₃		
Spinel	AB_2X_4	FCC	4(A) 6(B)	4	MgAl ₂ O ₄ , FeAl ₂ O ₄		

Source: W. D. Kingery, H. K. Bowen, and D. R. Uhlmann, Introduction to Ceramics, 2nd edition. Copyright © 1976 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.

POUTER1: Shulture descritte con 2 TIPI DI LEGARE

. LEGATE FORTE: lumpo la diservoue della cateura miscipale

16 sue des de : lugo la direzzone sousie alla direzione

della cateura pulucipale

Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE



Strutture cristalline nei materiali polimerici

I materiali polimerici possono esistere allo stato cristallino ma essendo, le unità fondamentali, molecole e non atomi o ioni le disposizioni atomiche sono più complesse.

La cristallinità dei polimeri → impacchettamento delle catene molecolari al fine di produrre una struttura atomica ordinata.

plitai ponoro avere quodi di orone:

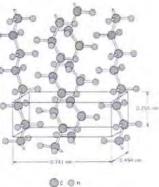
CRISTALLINITA

dillerente in hurriare

della T, cle modifica

le coratteristicle del

Materiale.

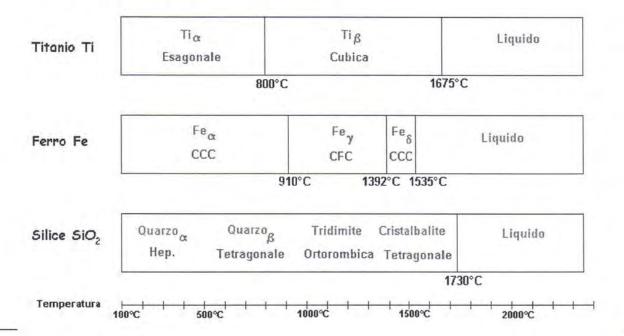


Pica na 15, 181 Disposizione delle catene molecolari in una celli unitaria per il polietilen (Da C. W. Bunn, Chemica Cristallography, Oxfors University Press, 1945, p.

Callister Scienza e Ingegneria dei materiali, una introduzione EdISES



POLIMORFISMO



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Al vocione della T auro' più strutture vistalive di rifermento

FILE Z

DIFETTI NEI SOLIDI CRISTALLINI

I difetti influenzano:

- · proprietà fisiche
- proprietà meccaniche
- proprietà tecnologiche (deformabilità a freddo, conduttività elettronica dei semiconduttori, corrosione).

Controllando le imperfezioni reticolari si ottengono materiali con proprietà che essi non possedevano originariamente.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Le impurezze nei solidi

Tutti i solidi reali sono impuri:

- È difficile raffinare un metallo ad una purezza superiore al 99,9999% → 10²²-10²³ atomi di impurezze per m³
- la presenza di impurezze può essere non voluta, oppure può essere intenzionale;

Esempi: C nel Ferro → acciaio;

B nel Si → transistor semiconduttori

Leghe: miscele intenzionali di metalli

Es.: Ag sterling è una lega con 92,5% di Ag e 7,5% di Cu



Miglioramento resistenza meccanica dell'Ag

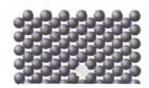


10+ atoui di soluto sostituiscono le pontrani degli a tani di socrente Per par avvenire co solutrare solido in mamiera compiuta, bisoqua sooldisfore determinote canditioni:

- 1- ATOMI N UGUACI
- 5- 16 CEILE CSIZIACCIME DENONO ESSEVE EGUIVAVENTI
- 3 SIMILE FLERMANEGATIVITAI
- 4 STESSA VALEUTA

Soluzioni solide sostituzionali

La frazione di atomi di un elemento che può disciogliersi in un altro può variare da una frazione di percentuale atomica fino al 100% a seconda della situazione.



Condizioni per favorire la solubilità:

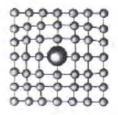
- 1. I diametri degli atomi degli elementi non devono differire di più di circa il 15%
- 2. Le strutture cristalline di entrambi gli atomi devono essere le stesse
- Non dovrebbero esserci differenze apprezzabili di elettronegatività (altrimenti si forma un composto intermetallico)
- 4. I due elementi dovrebbero avere la stessa valenza

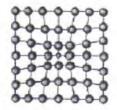
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Se non rispettians le divennous hours sistonsique del reticolo

Soluzioni solide sostituzionali





Deformazioni del reticolo per via di sostituzioni con atomi più grandi o più piccoli

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



le consteristicle interne, deve evere vuguele.

DEVOUS ESSENCI DIFFERENTI 1/2 DI SOLUTO DISPERDIBILE

Porliano del nintena contituito del sinsono Fretento. La VACANZA é rempre presente est de numero di vacanne é fruzione della T e di k.

Se aumento la Tamenta le numero di vacanze merenti nel moterno

2) Difetti puntuali (serene presente)

- Il più semplice dei difetti puntuali è una vacanza, o un sito vacante del reticolo, un posto normalmente occupato mancante di un atomo.
- Tutti i solidi cristallini contengono delle vacanze.
- La loro "presenza" aumenta il grado di entropia del sistema e lo rende più stabile termodinamicamente.
- Il numero di vacanze di equilibrio Nv dipende dalla temperatura secondo la relazione:
 N= numero totale di siti

$$N_{\nu} = N \exp\left(-\frac{Q_{\nu}}{kT}\right)$$

N= numero totale di siti
Q_v = energia richiesta per formare
la vacanza

T = temperatura assoluta[K]

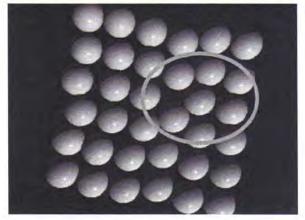
K = costante dei gas o di Boltzmann

Il numero di vacanze quindi aumenta esponenzialmente con la temperatura. Per la maggior parte dei metalli, ad esempio, la frazione Nv/N appena sotto la T di fusione, è dell'ordine di 10-4; un sito ogni 10000 del reticolo è vuoto.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



la vacaura modure una ripistris virione degli a hom viami,



Overs cu Ricollocareuro.



Seute queste dislocationi non auner la ± elevata deformabilità plastica del votallo

FILS di a haui AGGIUNTIVA CRIENCE E UNIFORMENTE E DIROGENERMENTE elistribuita con I, che maduca delle rellecitationi velle 2 tare di motura differente: la temmore audra a compensare

3) DIFETTI LINEARI:
DISLOCAZIONI (04 > 108)

le porte di commensione.

- Si tratta di <u>dislocazioni a spigolo</u> o <u>a</u>

 vite: sono essenziali per la
 deformazione PLASTICA dei materiali
- In un metallo commerciale (es. Cu) sono presenti circa 10⁸ dislocazioni per ogni cm³ di materiale

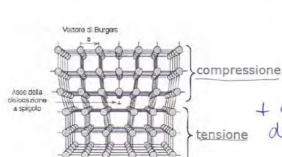
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

la dislocatione a spigolo puro evere delignito a clamificato vediante le vettore di Burgers, vettore de devo disequare vel movembo cle valio compiere un circuito chiuso in una zona interesso to de una dislocatione.

DIFETTI LINEARI: DISLOCAZIONI

Dislocazione a spigolo:

È rappresentata da una porzione di un piano aggiuntivo di atomi, o semipiano, i cui spigoli terminano entro il cristallo



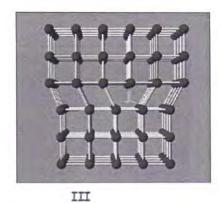
Si tratta di un difetto lineare, centrato intorno alla linea che viene definita lungo l'estremità dell'extra semipiano di atomi Bravere un circuito (41050 devo fore uno step in prouollo poniziale

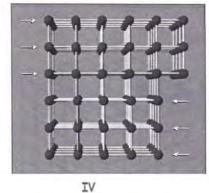
+ rispetto allo direzione della

3



Dislocazioni a spigolo e loro moto



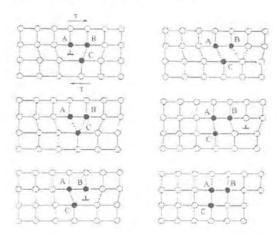


All'esterno del cristallo si osserva la formazione di un gradino.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Moto delle dislocazioni





Dislocazioni miste

le dislocationi minte n' veolons a libello al ' MSAGNE ATOTICS Con ingrandimenti FLENATI.



Facina L.6. Microscopio elettronico a traimicrona di una lepa di filmici in cui li linocnace surro dialocazioni. 31450 s. Per gentife concessione di M.R. Plichia. Michigan Technological University.)

Cargo Dieto e inappete de martel, una intelicore

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



4) Difetti di superficie

I difetti interfacciali sono linee di confine che hanno due dimensioni e normalmente separano regioni di materiali che hanno differente struttura cristallina e/o differente orientazione cristallografica.

- Superfici esterne
- Bordi dei grani

Superfici esterne

Gli atomi superficiali non hanno il massimo numero di legami con gli atomi immediatamente adiacenti e quindi hanno uno stato energetico più alto rispetto a quelli interni.

La superficie esterma dei vari materiali non e'a compto to con "nucu si simile".

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

pomibilità di modificare delle conotteristicle.

la corroniare mel 30% dei con auriere in superficie.

Temprare il moteriole (riscololorolo + acqua heoloro) serve per congelore la struttura in un deperminato modo: ottempo un elevoto gnodo di purezza.

Bordi di grano

Gli atomi lungo il bordo di grano hanno legami meno regolari L'energia interfacciale o di bordo di grano simile all'energia superficiale L'ampiezza dell'energia è funzione del grado di disallineamento (bordi ad alto angolo > bordi a basso angolo)

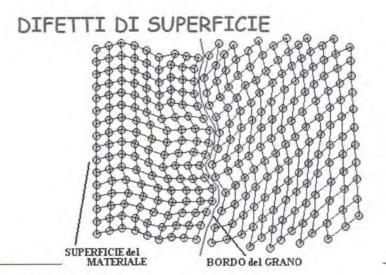
Gli atomi di impurezze spesso segregano preferenzialmente lungo i bordi L'energia interfacciale totale è più bassa nei materiali a grana grande e grossolana piuttosto che in quelli a grana fina per minor estensione del bordo di grano.

Alcuni elementi strutturali sono di dimensioni macroscopiche ma solitamente i grani costituenti i materiali sono di dimensioni microscopiche aventi diametri che possono essere dell'ordine dei μ (micron o micrometri 10-6 m) e per indagare i loro particolari occorre far uso del microscopio.

La dimensione e la forma dei grani cristallini sono due caratteristiche di quella che è nominata microstruttura.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE.







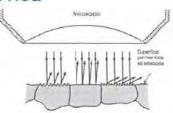
lave definire gli ordentament dei grami?

A. LUCIDARIO : la Quaido per evitore d'avvere ripressioni dours te des mereura di rugosita del grano.

B- ATTACCOACIDO: agusco rulle differenti restruits i dei grami, in bore ella differente orientazione del grama.

Microscopia ottica

- A (Preparazione superficie) levigatura + lucidatura a specchio
- (5) Attacco metallografico utilizzo di soluzioni acide per trattare la superficie > la reattività chimica dei grani di alcuni materiali dipende dall'orientazione metallografica





Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE Ottone policristallino, 60x

Microscopia ottica

L'attacco metallografico produce solchi lungo i bordi di grano: gli atomi ai bordi di grano sono più attivi chimicamente -> si dissolvono a velocità maggiore di quelli all'interno dei grani Supprince polymerates ed statistics of stati

Lega ferro-cromo, 100x

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

personemere la struttura de coratteri77a il materiale.

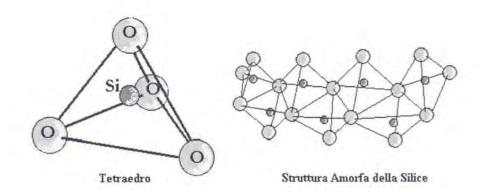
STRUTTURA AMORFA

- La struttura amorfa è una struttura priva di ordine a lungo raggio e di temperatura di fusione (es: vetri, polimeri)
- Esiste negli amorfi un ordine a corto raggio, cioè qualche Å (10 Å = 1 nm); questo "ordine" è dato, nel caso dei vetri comuni, dalla struttura tetraedrica nella quale si dispongono gli ioni Si e O, struttura che non si ripropone con la periodicità tipica dei materiali cristallini

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



STRUTTURA AMORFA





La Visiosità è la deformazione dei moteriali alla stoche amarto. Se la deformazione dei moteriali cristallemi e darrito al moto della dislocazioni (metalli = tambe dislocazioni coramic = pocle dislocazioni), mei moteriali amarti la deformazioni sono per viscos ità.

VISCOSITA'

Deformazione dei materiali cristallini → moto delle dislocazioni

Deformazione dei materiali non cristallini → scorrimento viscoso

- La <u>viscosità</u> (η) è la resistenza allo scorrimento laminare, in risposta ad una sollecitazione meccanica applicata parallelamente alla superficie.
- È dovuta all'attrito interno fra le varie unità strutturali (ad es. tra catene di tetraedri di SiO₄⁴⁻), che devono scorrere le une sulle altre.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



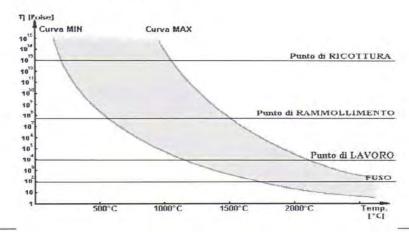
VISCOSITA'

• La viscosità si misura in Poise:

10 Poise = 1 Pa·s = 1
$$(N/m^2)$$
·s

Esempi di viscosità:
 H₂O (T_{amb}) η= 1 x 10⁻³ Pa·s
 silice (1720°C) η= 1 x 10⁶ Pa·s

VISCOSITA'





3) PROVA DI TMAZIONE

la mova più ricanosciuta a livello cutermorvanole o quella di mortare

TONDINO

Poro testarlo cosi com'e'? No, perclé padurrei delle couplisorioni alla mous: deve avere la forma a osso Di cont per ottenere cle la deformatione ma decenho del providiro.

Questa morchina lua 2 estremita, una Fissa e una MOBILE cou un ESTENSVIETRO e voluiro le conotterint/cle di dellungamento fino a rottura vella zona cle NON riseuta dell'elletto delle estreuita.

Care ereguire la mora ?

Applico il corros su un area e delvinico le carotteristicle di teumare e deformatione (5, E) clequel moteriale, subvice quando e soggetto ad cua terrioro.

CARLICO: CONTROLLO DI DEFORMATIONE

la configuratione di applicazione del conico e guello le serve per ottenere una vecacità di aun Garento Costante.

6 = F

ALDM TIMIL anando duateriole s'allenga: Ai < As.





Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

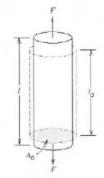


Occorre definire sforzo e deformazioni indipendentemente dalla geometria del provino, si definiscono quindi sforzo e deformazione nominali

$$\sigma = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}_0}$$

Ove:

F= carico applicato perpendicolarmente alla sezione del provino [N] A₀=area iniziale della sezione [m2] σ= [MPa]



$$\varepsilon = \frac{\mathbf{l_i} - \mathbf{l_0}}{\mathbf{l_0}} = \frac{\Delta \mathbf{l}}{\mathbf{l_0}}$$

I_i =allungamento all'istante i;
 I₀=allungamento iniziale
 ε= adimensionale (o m/m)
 spesso espresso in %



con sois materiali aramia:

· con i difetti vei materiali neballua la cle la rottura

le difetto vei materiali netallua pernette di avere deformationi MAGGIONI (MAPETTO DI MATERIALI CERDUNIA).

PROVA DI COMPRESSIONE

La resistenza a compressione viene determinata in prevalenza su materiali fragili quali il calcestruzzo, i mattoni, i refrattari, i ceramici e i vetri.

Vengono sottoposti a una sollecitazione a compressione monoassiale, progressivamente crescente, provini di dimensioni unificate bloccati fra i piatti di una pressa, registrandone la deformazione progressiva.

Le curve hanno un andamento opposto rispetto a quello delle curve a trazione ed i valori del modulo elastico che si ricavano sono sostanzialmente gli stessi.



<u>Il carico necessario per rompere i provini nel caso dei materiali *ceramici* può essere di 4-5 volte superiore a quello registrato nelle prove a trazione.</u>

material ceramia hams un differente compontamento a Troplare o Componiare

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Se coclene qual cara di Appuntito re una prostrella, ameri la rottura perile é care re applicami dei re communi de rottura dilberenti della rottura per caupremiare.

Caminare sopra la mostrella vai bare.



Applicazione di un carico a taglio γ (con γ = tan θ) o di torsione (angolo di torsione Φ prodotto da una coppia di torsione T)

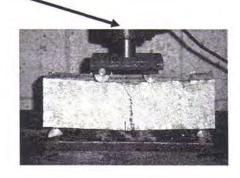


Peragen mara unho delvinos qualcara di Univaca: insteriali haus un comportanento dillemente in bore ella sourcitazione:

COMPORTATIONTO PLASTICO LOS 6> 6p ed las DeFOUTDZIONO DEVELAMENTE COTPORTA POUTO ELASTICO Il Moheriale non madifica la mua shutters in mode pervauante

Prove di flessione a 3 e 4 punti





Marco ACTIS GRANDE



Canatteristico elostico : E voria col moteriolo

- E response per i materiali ceramici)
- E MUDRE per i martenali polineriai.
 I moteriali mepoli di homo un volore di E merreoro

ORDINI DI 6MN DEZZA

EDINTANTE 10006Pa Epolitors N 1 6Pa

Il grado di deformazione di una struttura dipende dall'entità dello sforzo che subiscono. Solitamente, per carichi relativamente bassi, lo sforzo e la deformazione sono proporzionali secondo la relazione:

 $\sigma = \mathbf{E} \boldsymbol{\varepsilon}$

Legge di Hooke

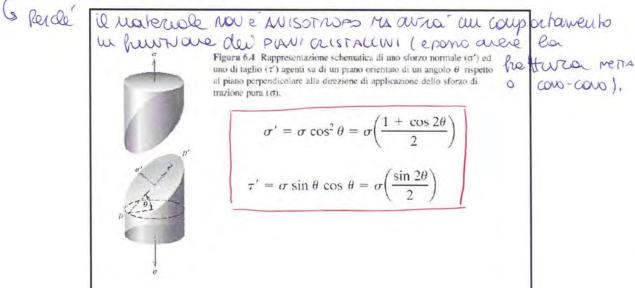
dove la costante di proporzionalità E [N/m2] è il modulo elastico (modulo di

Materiale	E (Gpa)	Materiale	E (GPa)
Diamante	103	Ti e sue leghe	85-130
WC	500-600	Zn e sue leghe	45-95
SiC	450	Al e sue leghe	70-80
Al ₂ O ₃	300-400	Mg e sue leghe	40-45
TIC	320	GFRP*	10-40
Ni	215	Legno II alle fibre	10-15
Steels	195-215	Legno 1 alle fibre	0.5-1
CFRP**	100-200	Materie plastiche	10-1-5
Rame e sue leghe	120-150	Polimeri espansi	10-3-10-2
The second secon			

Polimeri rinforzati con fibra di vetro. ** Polimeri rinforzati con fibra di carbonio

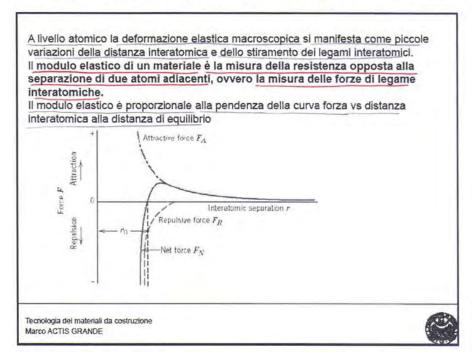


Quando tertiano un vuous corponente, popo immogimore du occurrence la stand lungo un prano ordentato di o un (6', 7') Solecito il materiale e poi voluto le vori e componenti sui von promi. Perché quardiaus divemi piani? Percle' colcolore le sollecitazioni lugo diveni mani?



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Prima VISTA MACROSCOPICA, ADRINO VISTA MICHOSCOPICA la forma di legaue voria ol voriore del tipo di legaue. la distaura interatamica e hunriore del tipo di materiale.



vinto de E é proportionale al legare del moteriale, come lopono rappresentare gropicamente?

E voria d'uouion della T DI OSSENVATIONE: ALLUMINIO TE 660°C, ACCUAIO TE = 1400/1500°C.

Qual'é à mableure?

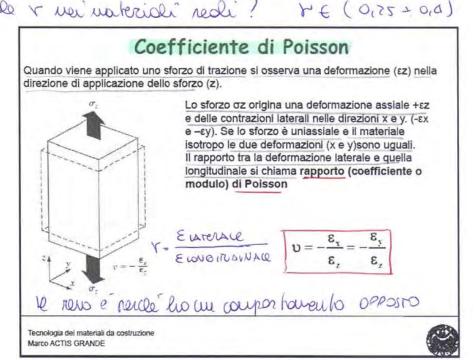
Se TA, E de die comportamento del moteriole enolme elal Campo elastico a plastico: la stema 6 in campo plasticos produce una deformazione plastico Ep co Man n'avrebbe se amen'

6 in compo dos hico. applicate Figura 6.8 Andamento del modulo elastico con la temperatura per il tungsteno. l'accialo e 'ulluminio. (Da K. M. Rally, T. H. Courtney e J. Wulft, Introduction to Materials Science and Engineering Copyright © 1976 by John Wiley & Sons. New York, Ristampa anorizzata da John Wiley & Sons, Inc.) Perde i materiali solhano per le AFFERENTI T! Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Se la 6 é rousile ou un lato, auno un comportamento simile ma opparo mella di tratique.

M'resel Y=0,5.

Quanto vole y nei nateriali redi? Y E (0,25 ± 0,0)



Y é fumiliare du diversi fottoris:

RATORIALE NON MONDORISTALLINO

ONIENTATENTI CON DIRECTONE PREFERENTIALE

il materiale reale e Anisotrapo. Percle? Dipende dalla cerca cristarina

MONDIRISTALIVO

ACCIACO O Fe: a Tans ho Ferc con E ca vorion ha 125:272 un bore alla direvioue di solle citatrique. lu bare alla direzione di sollecitozione auro cui couper tamento diflerente e differenti volori di E.

Bisaqua caeriderare la direttione della cella

Alcuni materiali sono elasticamente anisotropi e il loro comportamento elastico (il modulo E) varia a seconda della direzione cristallografica.

Solitamente il grado di anisotropia aumenta al diminuire della simmetria strutturale.

Metalli	Modulo di elasticità [GPa]			
	[100]	[110]	[111]	
Al	63,7	72,6	76,1	
Cu	66,7	130,3	191,1	
Fe	125,0	210,5	272,2	
W	384,6	384,6	384,6	

In caso di materiali policristallini anche se ogni grano è anisotropo il materiale si può considerare isotropo.

Marco ACTIS GRANDE



Revaude ce il materiale é pourceuranno: 6 é unitorre e NOV dipende doll orientamento dei moni.

> Un provino di rame di lunghezza iniziale 305 mm viene sottoposto ad uno sforzo di trazione di 276 MPa. Se la deformazione è completamente elastica, quale sarà l'allungamento risultante? Il modulo elastico E per il rame è 110 GPa.

La deformazione è puramente elastica e sarà quindi legata allo sforzo applicato dalla

$$\sigma = E \; \epsilon$$

L'allungamento, inoltre, è correlato alla lunghezza iniziale del provino mediante la:

$$\varepsilon = \frac{l_{r-l_0}}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Combinando le due equazioni e risolvendo rispetto a Al si

$$\sigma = E\varepsilon = \left(\frac{\Delta I}{I_a}\right)E$$
 $\Delta I = \frac{\sigma I_b}{E}$

Ponendo σ=276 MPa, i0=305mm e E=110 GPa si ottiene

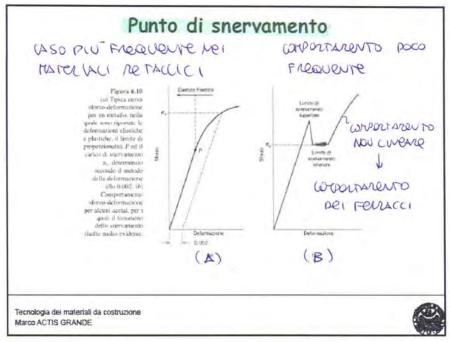
$$\Delta l = \frac{(276MPa) \cdot (305mm)}{110 \cdot 10^3 MPa} = 0.77mm$$



Coue evolve la maja a motione? Guardiana sons la 2 ana clartica? No.

la zoua plantica iniviria done limisce il comportamento elantico.

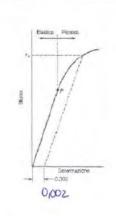
(B) lu querto con la cui volac di succione inferiore o su reriore.



E' IMPOSSIBILE determinare renfettamente il punho di Fine Fase eus Tica e INITIO FASE PUSTICA.

per coureuraire, il purbo di suerramento e quel como cle produce una deformazione planto Ep = 0,2 %.

(Gp, Ep) LITHIT DI SNOWWELLTO. Il punto in cui la curva sforzo-deformazione passa dalla zona elastica a quella plastica é detto limite di proporzionalità. Oltre questo punto avviene il fenomeno di snervamento del materiale.



In molti casi non è possibile identificare in modo così chiaro la posizione del punto P pertanto è stata introdotta una convenzione per cui si stabilisce che il limite P può essere determinato tracciando una linea parallela alla linea del tratto elastico e passante per una deformazione fissata (in genere per i metalli pari a 0.002).

Lo sforzo corrispondente all'intersezione di questa linea con la curva sforzo-deformazione è definito carico di snervamento os [MPa].

Per materiali con comportamento elastico non lineare si definisce il limite di snervamento lo sforzo richiesto per ottenere una certa deformazione (per esempio ϵ =0.005)

Tecnologia del materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

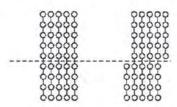


Overto vole a conditione de la curva (6, E) posis un matro unesse.

Per le gluire pocció riferivento a Ep = 0,5 2 e ricono 64.

Sul materiale respetto serva DIFETTI, quando applico una sforzo, le volemi avere una deformatione plantica, daviei rorrere conformemente TUTTI i legami e Trasur LI RIGIANTENTE: Mer Kirebhe una termane elevoto.

I cristalli perfetti necessiterebbero, per una deformazione plastica, di valori di sollecitazione di taglio assai elevati: infatti sarebbe necessario rompere simultaneamente tutti i legami adiacenti al piano di scorrimento.

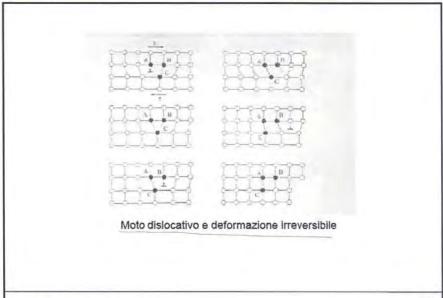


Invece i valori reali di sollecitazione di taglio richiesti per deformare irreversibilmente molti materiali sono inferiori a quelli teorici, in quanto la dislocazione plastica è facilitata dal moto delle dislocazioni.

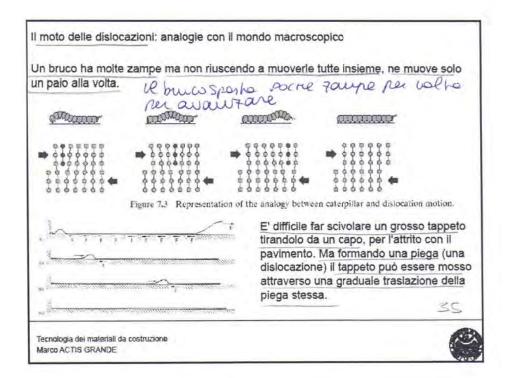
Tecnologia dei maleriali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Marchisch resu: vinta l'empheura delle dislocotioni un terre el noberiale, quamobo applico la termane sufficiente a roupere 1500 legane, n' roupe il legane della dislocotione edil moteur n' riorbanitta per avere una espissoriore dei legani vello shutturo.







Tutti i materiali cristallini contengono dislocazioni, il numero di dislocazioni o la densità di dislocazioni di un materiale viene espresso come lunghezza totale di dislocazioni per unità di volume o come numero di dislocazioni che intersecano un'area unitaria di una sezione qualsiasi.

L'unità di misura della densità è millimetri di dislocazioni per millimetro cubo (o numero di dislocazioni per mm2).

La densità di dislocazioni tipiche in un metallo è di circa 103/mm2.

Per metalli deformati la densità può diventare superiore fino a 109-1010/mm2, dopo trattamento termico la densità torna a valori intorno a 105-106/mm2

36



Percle Re la dislocationi ammentamo n'impediace l'ulteriare deformatique plantica del moterial?

Percra abbriano ragionato Con 1. una serve di dislocationi orientote

DISLOCATIONI OPPOSTE

La 2 dislocationi venen e contrasce, quancio la deformatique plantica le fa incontrare n' annonane la deformatique plantica le fa incontrare n' annonane l'in general une "(RISTAND PERFETTO";

MINDIO MOSSENA DEUE DISCOCATIONI

OUTHITTATIONE DECLIPTIONO

DISCOLATIONI ancorpi

Chamado ho e dislocationi uquali.

Otra mucede quando n' anvicinamo?

Limó ma repusione pro le dislocationi can cutitatione della deformatione plantica.

ci narai sorme un neccamiono di cirterferenza ha il nobo delle dislocationi enistenti.

El noteriole è parcristaccino con angoli oriento h' cornolmente e vicini tra di loro: l'orientomento delle dislocationi e casciace e le dislocationi interferiscano tra di loro.

Quando lo una concentratione elevato di dislocationi, si parmo Fastipio

Le dislocazioni non si muovono con la stessa facilità su tutti i piani e le direzioni di un cristallo.

Normalmente c'è un piano preferenziale (piano di scorrimento) e in questo ci sono specifiche direzioni (direzione di scorrimento) lungo le quali si verifica il moto delle dislocazioni.

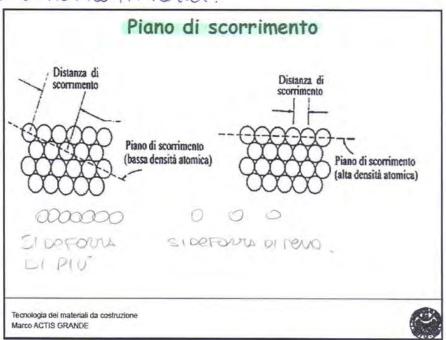
La combinazione di piano e direzione viene definito: sistema di scorrimento.

Il sistema dipende dalla struttura cristallina del materiale e il piano di scorrimento sarà quel piano con il più denso impacchettamento atomico. Infatti il moto delle dislocazioni sarà più difficoltoso quanto più aumentano le distanze interatomiche.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



(Que caratteri 77 are il notodelle dislocotiani a presa molere de los overero? Facuano riferivento ai PIANI DI SCORTIVENTO. Quali nono i piàmi di scorrimento Favoriti allincle auvengano i novirenti Atorici?



Sono quei mani con la trassita neusita' atorica: auro delle distante di scorribblente inferiori quinon'una diretione pelerentiale per il movimento.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 89 di 584 Rench une metalli le proto delle dishocotioni e forombo? METALLI: Sicoue gli e- sous coudivin, bour n'itera di 1041 metallici e 645 FRATICOICO Cle, encudo disperso, fororiscoro il moto della dislocationi. le disho cotioni hauno una MAGGIONE SCELTA su pove Muoversi. I ua terioli netallia hamo più dislocationi aponono muovemi lu aqui ourerrare I metalli, generalmente, hanno un'estesa possibilità di moto dislocativo. con legare ravico o constante haus de le distacoriani lupteridi' NOU possous IMPEDIMENT ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ _{Gas} ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ ⊕ elettronico CARICHE, MICOUR le caricle aquoli nou n' devano (2) W) 27430 toccare, avro una Lititatione rul moto Tecnologia dei materiali da costruzione delle duseo corficció 126AND COULD GRADSI

legane fortenente directioner, le dislocationer hanno pur difficolta di moto ed il noto e orientato obailegami.

Sow vei moteriali netalli a le dislocationi pomous unoversi COLL ASSOLUTA LIBERTIA'.

> Nei cristalli ionici/il moto dislocativo è più difficile in quanto lo scorrimento non dipende solo dalla struttura cristallina ma anche dal fatto che lo scorrimento non deve portare due ioni con lo stesso segno a contatto

Nei cristalli a legame covalente l'elevata direzionalità di tali legami si oppone al motodislocativo.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Eco perce i materiali metallia ni deformanno massioniene ed surrent suo le caratteristicle reccanicle rispetto ai noterioli Coramia o Poliverva

· COTATICO / POLUTERO: PROPRIETA QUASI COSTANTI (VALUTO SOLO LE DISLOCATIONI)

retsuo: pombaro variore de caratteristicle veccanicle del moteriore, TARARE il materiale in FUNTIONE delle caratteristiche richieste. le dislocation muchaus sul mans de scordinents meforenziale un femitione del grano cristollino.

le livel rosse vous le diretioni di rorrivento della dislocatione in huntique dell'orienta mento del grano vieno. Le 2 dislocationi n'intersecono a Bordo Gisno.

Cosa n'qui lica avere shuttere a bordigramo differente?

siquipos over risposte veccanide differents.

Deformazione plastica nei materiali policristallini



Rame Policristallino

-l grani cristallini hanno un'orientazione cristallografica casuale per cui le direzioni di scorrimento variano da grano a grano

-Per ciascun grano il movimento delle dislocazioni si verifica secondo il sistema di scorrimento che ha l'orientazione più favorevole

Nel campione di Cu si notano le linee di scorrimento e si rileva che, per la maggior parte dei grani, hanno agito due sistemi di scorrimento (linee parallele che si intersecano)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Avna una maggiore rensteura silla Ep- una shunttura a grami grami o himi? E percle? la shunttura a grami Fini ha una maggiore renisteura alla deformatione plantos percleagui grama ha una ori en tortione

ountalloguelli Discocazioni

+ BORDIGHANDE + DIFFICOLTY DI SOPPHINE LE BORDID GNOWD.



ownhollographica differente - PANI DIFFERENTI - DIVERS & MOSICITÀ DELLE

Per un'intensa deformazione plastica di un materiale policristallino si ha un'intensa deformazione di ogni singolo grano.

Nel corso della deformazione lungo i bordi di grano viene conservata sia l'integrità meccanica che la coesione; infatti i bordi di grano normalmente non si separano né aprono.

Figure 7.11 Alteration of the grain structure of a polycrystalline metal as a result of plastic deformation.

(a) Before deformation the grains are equiaxed. (b) The deformation has produced elongated grains.

170×. (From W. G. Molfatt, G. W. Pearsall, and J. Wulff, The Structure and Properties of Materials, Vol. 1, Structure, p. 140, Copyright

9 1964 by John Wiley & Sons, New York.

Reprinted by permission of John Wiley & Sons. Inc.)





Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Ho una aifficolta di superare i bordu grano e, una velta superario il bordo grano, ho una maggiore difficolta di 17070 sonde nano entropo in un grano car ordentorio redillarente.

Nella struttura agrani filmi e noto della dislocotioni e più ostracato 24 ed anno una resistanta reccamica maggiore veno la Ep.

cle cara non cambia?

E nou combria perclé l'egobo coll'energia di legare: l'energia cletibre muti à apour di te e contambe.

E & MORORFLOUNCE all'ENDEGA DIREGATE.

(Grat, rotture, E) los dipendranos sono doll'evergia del legame tra anche do alput foton, care lo T ---

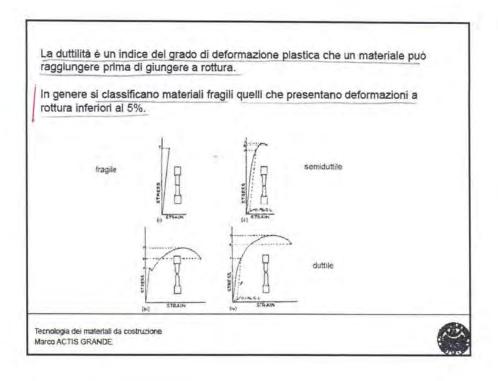
51) Il noteriale veholoso combra le conotternancel veccomicle Pomono dore der voloni nemono per defutivo enc Moteriale dutable o progile

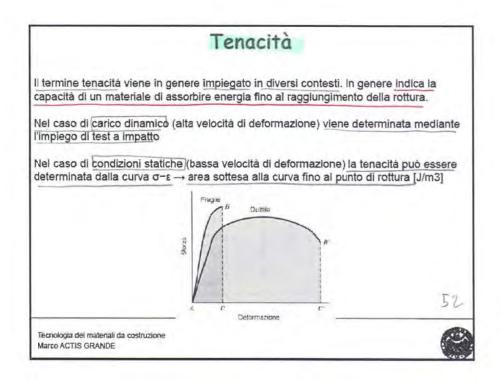
- · MATERIALE FLAGILE ME EES'L
- · MATORIACE NOW FLAGUE DE ESSZ

Italto as de a rottura les Ecs 2 é un reservice proble.

abarba? Noesi

(6, E) e different done abhama offerenti curve.





E. Dopo il putto di recomina ti lo la strittore.

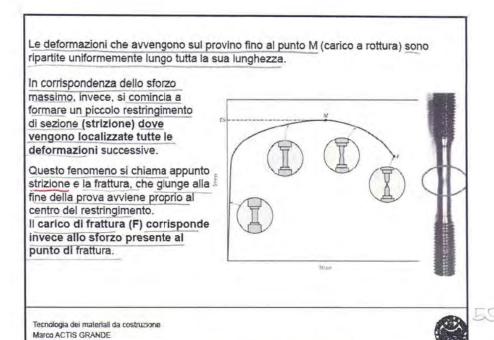
Querto auvilure percei, rella zona in mambrilla del centro del comprione, horma washitzazione di tute la deformationi del materiale.

Horma carcentratione disforare diformationi el centro del comprione, il moteriale ni restruture e rideponia in mono diformatione in polivaria.

Motiers 6 = F con so some withere

Gratin Cho Ai Cho epomano dixentere nulla validata della mara a harione. In terma deviner commidence $6i = \frac{1}{4i}$ con 4i < 40 oftense 6i > 60

Coundervour 50 < 61 à FAVOR DISICURETTA, quindi é contrelativo controllerae tod contoute durante ce Marb e NON TUTTI i volons de Di.



Questi volori non sono sono lumpare della Toda quale anviere il mottamento res devo coun derone anche es T di formitura del Materiale.

and'é stoto en storia terrico?

Qualinavale microstructure topole cle caracteritrans le proprietà veccaunicle?

Table 6.2 Typical Mechanical Properties of Several Metals and Alloys in an Annealed State

Metal Alloy	Yield Strength MPa (ksi)	Tensile Strength MPa (ksi)	Ductility, %FL [in 50 mm (2 in.)]
Aluminum	35 (5)	90 (13)	40
Copper	69 (10)	200 (29)	45
Brass (70Cu-30Zn)	75 (11)	300 (44)	68
Iron	130 (19)	262 (38)	45
Nicket	138 (20)	480 (70)	40
Steel (1020)	180 (26)	380 (55)	25
Tuannim	450 (65)	520 (75)	25
Molybdenum	565 (82)	655 (95)	35

MEALING = MOORUM



Se volutions la curva rede e nou quella termes, sorei a FAVORE du manette.

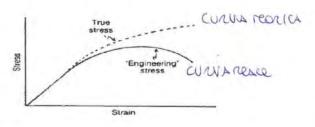
Counderaudo Ca arria luggerneristica hornicorda a rottura inferiore del corros a rottura reale, a favore di sicure 72.

L'inclinazione della curva nella regione plastica diminuisce al crescere del carico applicato fino a diventare nulla quando si perviene all'applicazione del carico massimo. Oltre questo punto lo sforzo diminuisce anche se l'allungamento continua ad aumentare.

Questo andamento è dovuto alla modalità della prova a trazione che prevede la conduzione della prova a velocità di deformazione costante.

Oltre il carico massimo la deformazione non è più omogeneamente distribuita ma è localizzata nella zona di strizione.

In alcune circostanze è più corretto impiegare una curva sforzo-deformazione reale



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Lo sforzo reale è riferito alla sezione istantanea sulla quale insiste la deformazione

 $\sigma_g = \frac{F}{A_i} \qquad \begin{array}{l} \text{Forza media assiale sul provino / valore islantaneo minimo di sezione del provino} \end{array}$

 $\epsilon_{R} = \int\limits_{l_{0}}^{l_{i}} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l_{i}}{l_{0}} \qquad \text{senza cambiamento di volume si ha che } A_{i} | = A_{0} |_{0} \text{ da cul};$

$$\sigma_{R} = \frac{F}{A_{i}} = \frac{F}{A_{0}} \cdot \frac{A_{0}}{A_{i}} = \frac{F}{A_{0}} \cdot \frac{l_{i}}{l_{0}} = \sigma \cdot \frac{l_{0} + \Delta l}{l_{0}} = \sigma \cdot (l + \epsilon)$$

da cul ne deriva che: $\sigma_{\rm R} > \sigma$

$$\varepsilon_{\rm R} = \ln(1+\varepsilon)$$

queste equazioni sono valide fino alla strizione mentre oltre occorrerebbe calcolare gli effettivi carichi, sezioni e lunghezze dopo questo punto



Calcolare sforzo e deformazione nominali e reali su un provino di acciaio al carbonio,

Forza applicata al provino: 75000 N

Diametro iniziale del provino: 13mm

Diametro del provino sotto il carico 12mm

Calcoliamo le sezioni
$$A_0$$
 e A_0 = $A_0 = (6.5)^2 \pi = 132.7 mm^2$

$$A_i = (6)^2 \pi = 113 \text{mm}^2$$

Si assume che il volume del provino non cambi durante la trazione per cui l_aA_c=I,A,

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{75000N}{132.7 \text{mm}^2} = 565\text{MPa}$$

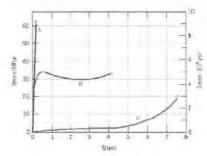
$$\sigma = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}_0} = \frac{75000 \mathbf{N}}{132.7 \mathbf{mm}^2} = 565 \mathbf{MPa} \qquad \mathbf{\epsilon} = \frac{\Delta \mathbf{I}}{\mathbf{I}} = \frac{\mathbf{I}_1 - \mathbf{I}_0}{\mathbf{I}_0} = \frac{\mathbf{A}_0}{\mathbf{A}_1} - 1 = \frac{132.7}{113} - 1 = 0.17$$

$$\sigma_{\text{R}} = \frac{\text{F}}{A_{\text{i}}} = \frac{75000 \text{N}}{113 \text{mm}^2} = 663 \text{MPa} \hspace{0.5cm} \epsilon_{\text{R}} = \ln \frac{l_{\text{i}}}{l_{\text{0}}} = \ln \frac{A_{\text{0}}}{A_{\text{i}}} = \ln \frac{132.7}{113} = \ln 1.17 = 0.157$$

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Curve sforzo-deformazione per i polimeri



brittle (curve A), plante (curve B), and highly elastic (elastomeric) (curre C) polymers

- A) polimero fragile: il polimero si rompe nel tratto elastico della curva
- B) materiale plastico: simile al comportamento di un metallo
- C) polimeri elastomeri (grandi e recuperabili deformazioni prodotte da bassi carichi)

Modulo elastico dei polimeri < metalli < ceramici

Allungamento polimeri >> metalli > ceramici



1 materiali poliverna hanno un comportamento simile ai netalle.

TS: From, reunique de rottura

Tecnologia dei materiali da costruzione

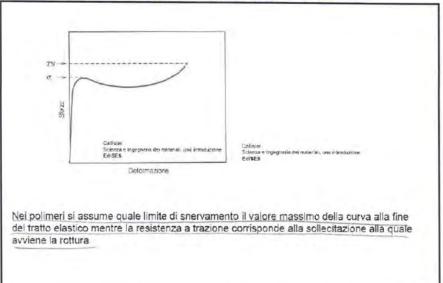
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Marco ACTIS GRANDE

and 'é la dillerenta respetts ai moternel metalenci?

(politier non house application struttural (solo cir con reali)

percle house au "attegramento più rilometo"



Tensile Tensile Yield Specific Gravity Elongation at Break (%) Strength [MPa (ksi)] Strength [MPa (ksi)] [GPa (ksi)] Polyethylene (low density) 0.917-0.932 8.3-31.4 9.0-14.5 100-650 (25-41) (1.2-4.55) (13-21) Polyethylene (high density) 0.952-0.965 1.06-1.09 22 1-31 0 26 2-33 1 18-1200 (155-158) (32-45) (3.8-4.8) 40.7-51.7 (5.9-7.5) Poly(vinyl chloride) 1.30-1.58 2.4-4.1 (350-600) 40.7-44.8 40-80 (5.9-6.5) 20.7-34.5 Polytetrafluoroethylene 2.14-2.20 0.40-0.55 200-400 758-80) (3.0-5.0)Polypropylene 0.90-0.91 1.14-1.55 (165-225) 31-41.4 (4.5-6.0) 31.0-37.2 (4.5-5.4) 100-600 Polystyrene 1.04-1.05 35.9-51.7 1.2-25 (330-475) (52-7.5)1.17-1.20 53.8-73.1 Poly(methyl methacrylate) 2.24-3.24 48.3-72.4 20-55 (325-470) (7.8-10.6) (7.0-10.5)1.24-1.32 Pheno)-formaldehyde 15-20 (400-700) (50,00) 1.13-1.15 Nylon 6.6 75.9-94.5 1.58-3.80 44.8-82.8 15-300 Polyester (PET) 1.29-1.40 28 21 48 2 72 4 50.3 30-300 (400-600) (7.0-10.5) (8.6) Polycarbonate 62.8-72.4 62.1 110-150 (345) (9.1-10.5) (9.0) Source: Modern Plastics Encyclopedia '96, Copyright 1995, The McGraw-Hill Companies, Reprinted with permission. 67)

CURUL (P'E) & reporte, DI DELOGRAPIONE CORTANIE

I materiali paliberici nous rospetti ad una voribitione di comportamento de e- pecucione.

I natoriali polinoria hamo un comportamento cle paria in burpone della T:

· notions Fragile alle after (150°)

- ROTTURE ELESTOPERIES a bone + (-110°C)

Perdé ho diverni comportamenti? Le comportamento e funcione dello T di monsilizione remosa.

Tg = T DI TRANSIZIONE VERNOSA (GLASS TRANSATION T)

Ty e'la Tal di sopra della quale il materiale poliverico amune delle caratteristicle di Totace aror Fisto :

Se tertiano il materiale a T < tg o T > Tq anno de ce caratteristica variano dalla totole hagilità alla deformatione plantica. legato al aucetto di duttilità.

ia deformatione plantica Ep ver politica politica va è legata tanto de moto delle dislocationi ris al moro pene careve de compangues la muttura.

ANCHE con la differente velocità di APPLICATIONE DEI CATICO.

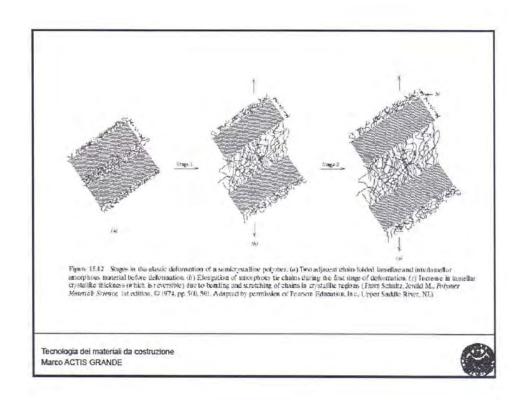
le comportamente é EUSTICO/FINGILE : PUSTICO un lunivaire di:

· recours of applications decarles

Carvos leuro: le carteur n'invavano, comportamento plastico carno veloce le carelle nou hamo tempo di uno vern, c. Francie

lu genere questo vole per tutti i monterivali res e riversare per i poliveri.





ASPETTOPEATICO: Ul ma terrole, in humilione del mos nercommo di nottura, manifesta un aspetto differente.

L'avvento dell'uno o dell'altro tipo di frattura dipende:

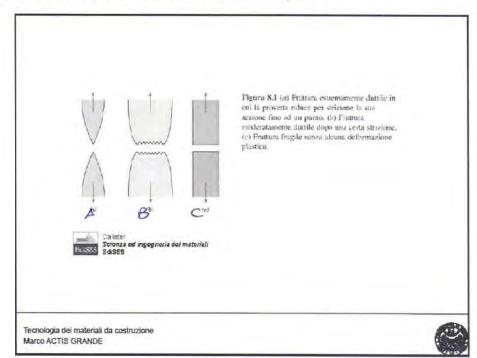
- · dalla struttura del materiale interessato
- · dalla temperatura
- dalla velocità di applicazione del carico (cioè del tempo concesso al materiale per deformarsi).

Per avere frattura in linea teorica è necessario che lo sforzo applicato sia uguale o superiore alla tensione teorica di decoesione del materiale, ossia: sforzo necessario a separare permanentemente due piani atomici e quindi a rompere tuttì i legami presenti su una superficie.

E' possibile calcolare la sollecitazione di trazione necessaria a spostare permanentemente gli atomi dalle loro normali posizioni di equilibrio, tenendo conto che il lavoro compiuto da tale sollecitazione dovrà essere sufficiente a creare due nuove superfici di frattura.



- A FLATTURE PLASTICE
- c. Frations FMGILE, unterible indeformation
- B. Caso resie, intermedia, la déferminate avec con un grado di autilità e avec con hatture hagili



POTURE COPPE COLO

1 2 loubidel notoriole roto homo la forma della

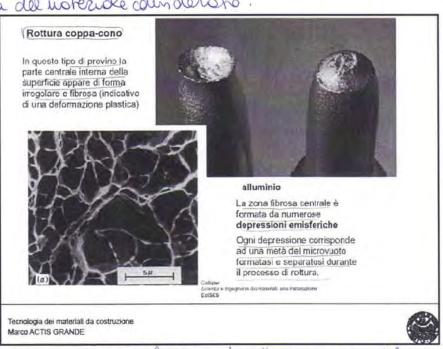
Coppa del como can anapolo a a5° (in hunzione dei

Meccanismi di Acorrimento dei vord piani).

La hartura ha un detornina ha espetto: Forre irreconse e Fibrasa (DITPLE)

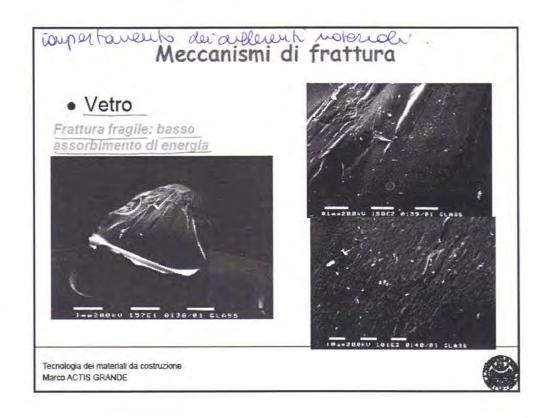
La natura sie munero dei Disple vorda in hunzione del gradio di

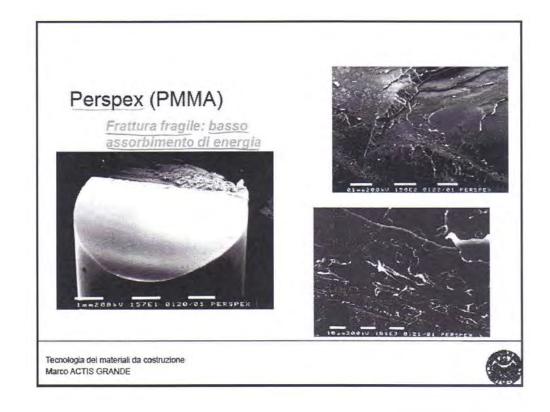
duttila ta del notoriole considerato.



FIRETURE FIRECUE : quando lo cua hattura seuza debrunazione viribile lo un neccomino di Fireture CLEAVAGE (CLUAGGIO). L'aspetto é quello delle focce di chivoggio, differente aa coppa-cono

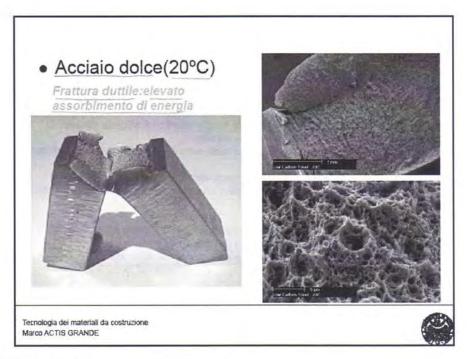






il Ferrecció la compartament dillerent.

A libello macroscopico lo los teno moteriole res auro un comportamento dillerente in lumitione dello T: se eseguio los teno provo a Tairese auro um amero amorbilmento di emergia.



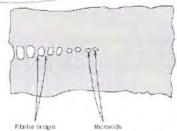
Come entare questa eventualità? Deus conoscere le caratteristico del materiale sapere qual'é'la misporta delle deformazioni alla cornorione della campon/sione.

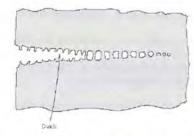


la hattura vei polivieni è descritta doni Morostrappi. Questo hattura vole per quei polivieri cle von vanubes sono il comportamento hagile: priveri Terro pustici a T>tq.

Frattura nei polimeri

Un fenomeno che precede la frattura in alcuni polimeri termoplastici è quello dei microstrappi.





I microstrappi si manifestano in regioni molto localizzate nelle quali si raggiunge il limite di snervamento e si formano microcavità piccole e interconnesse. Tra queste microcavità si formano ponti fibrillari. Se il carico applicato è sufficientemente elevato questi ponti si allungano fino a spezzarsi facendo ingrandire e coalescere le microcavità, da qui si formano le cricche. Un microstrappo è differente da una cricca in quanto può sostenere un carico sulla superficie.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Il processo di crescita dei microstrappi è in grado di assorbire energia e quindi è in grado di incrementare la resistenza a frattura del materiale.

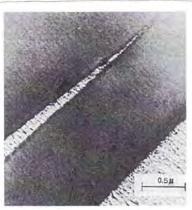
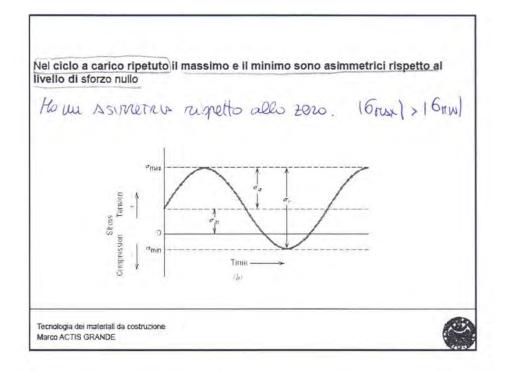
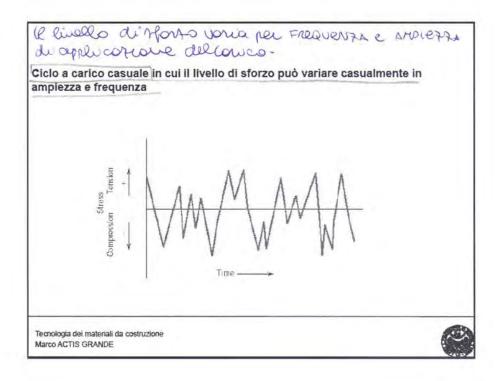


Figure 15.10 Photomicrograph of a craze in poly(phenylene oxide). (From R. P. Kambour and R. E. Robertson, "The Mechanical Properties of Plastics," in Polymer Science, A Materials Science Handbook, A. D. Jenkins, Editor. Reprinted with permission of Elsevier Science Publishers.)

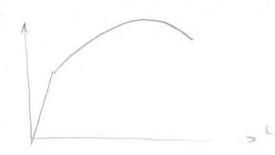


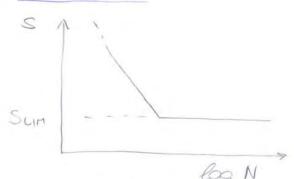




97) (au volutire la fotra? 11 Flessione notante Configuratione couplena per la distributione degli storti. 2) METODO PIU SETPLICE: applico TIC per 11-volte Qual'é il rusulholo grahico? PROVA STATICA NON PLIPETUTA

MOUA A FATICA





Nolla mova a fatica unano un como cicluco ele viene repetato S: AMPIETTA DELLO SEOCHO APPULLATO SUL MATERIALE N- NUMERO DICICLI col quale questo moceolimento e ripetuto. SUM: LITHTE DIFATILA four a green volore ho vitaxo.

, Se S < Sur, le moteriale pur rapportare as a cicli neutra roupers ed ha VITA a ;

So S > Sur, a hurrae di AS auro aux VITARIDOTTA.

SZ KS, MA NZ >N,

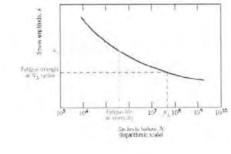
a savo dei udon di sporso lituite sotto i apoli novavviere la rottura a laboca del moteriale.

E vero de la rottura a fatica aviveve per concer ruperion a Scor, Magner to now valle serpre.

Per obari un terrioli non pomo delimine un unire a FATICA perde la curra tende amuno tromente all'one delle x (leghe non herrore).

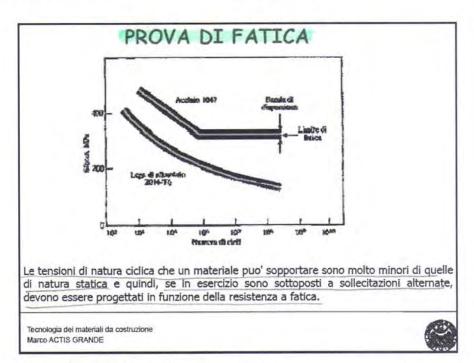
Deux delivere una vita publiciente rente lunga; stabilisco un numero de cidi de ma mullicienterente grande e compartibile con lo vita atera per il deferminato modotto e consideriamo questo volore cone () volore cui riberimento ren commiderare lo vita a potica del notociole.

Molte leghe non ferrose (alluminio, rame, magnesio) non presentano un limite a fatica e quindi la curva S-N prosegue nel suo andamento decrescente all'aumentare di N. Per questi materiali la risposta a fatica è definita come resistenza a fatica che è il livello di sforzo a cui si ha rottura per un numero definito di cicli. Un altro parametro che caratterizza il comportamento del materiale è la vita a fatica (numero di cicli che provoca rottura ad uno specifico livello di carico)



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

LICIDIO -> CUTITO A FATICA
LEGHO -> LON HANNO IL CUTITO AFATICA. PAS OU NO della BANDO DI DISPOSSIONE
LIU BUNDANO DELLO DINO CONOLITICALI ESTORIO.



Il test di laboratorio nou è rede reclé la vita rede del moteriale e dillorente da quella teorica.

PROVA DI FATICA

La finitura superficiale determina la rugosità della superficie che funge da insieme di microintagli

Talvolta la superficie o anche l'interno del pezzo è danneggiato prima che abbia inizio il fenomeno della fatica ⇒ si formano delle cricche già nella fase di fabbricazione del componente



inclusione indeformabile

direzione di laminazione

Cricche da rettifica

Cricche da lavorazione per deformazione plastica a caldo

Per aumentare le prestazioni a fatica: applicare uno sforzo residuo di compressione sulla superficie esterna → pallinatura del pezzo

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



lettifica per micrisie: chicite soverficiali, appravanti rimpletto alla diminustrare delle cara terristiche del moteriale. Se staglians la lucidatura a la formitura del moteriale la la perpita delle caratteristiche attere

PROVA DI FATICA

Nelle leghe di uso comune importanti punti di innesco sono le inclusioni non metalliche presenti ⇒ scollamenti delle inclusioni dalla matrice o rottura dell'inclusione stessa, per effetto del carico applicato



Inclusione di Al₂O₃ in una lamiera Iaminata in acciaio con il 17% di Cr

Altri punti di innesco sono i bordi grano ⇒ elevati sforzi in corrispondenza dei bordi + una minore energia per creare una cricca sui bordi rispetto a quella richiesta al centro del grano



He problem quendo la AT. Il restringimento produce una succitatione restrica 6; no problem anche quendo los la corronare.

Effetti ambientali

La fatica termica è indotta a temperature elevate a causa di sollecitazioni termiche fluttuanti in presenza di sforzi esterni.

Le tensioni si formano in quanto le strutture, sottoposte a variazioni di T, non sono libere di espandersi o contrarsi.

L'intensità dello sforzo termico dovuto ad una variazione ΔT è funzione del coefficiente di espansione termica αI e del modulo di elasticità E.

 $\sigma = \alpha_l E \Delta T$

La fatica a corrosione avviene per azione simultanea di sforzi ciclici e attacco chimico. Gli ambienti corrosivi hanno un comportamento negativo e diminuiscono la vita a fatica.

I punti del materiale che reagiscono con l'ambiente fungono da punti di concentrazione degli sforzi e siti preferenziali di nucleazione della cricca

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Quel'é le revierie le ni verifice? I menteriali vouvre a rotture, ancle re nottoposti a conditioni de (ARICOSTATICO, A CONDITAMI di Tdifferent delle To (STANDARD)

Scorrimento a caldo o Creep

I materiali spesso vengono posti in servizio ad alte temperature ed esposti a sforzi meccanici di tipo statico (es. rotori di turbine nei motori a reazione e nei generatori di vapori).

Le deformazioni che avvengono in queste condizioni sono dette per scorrimento a caldo o creep.

Lo scorrimento a caldo da una deformazione permanente e dipendente dal tempo del materiale. Si osserva in tutti i tipi di materiali; per i metalli diventa rilevante solo per temperature pari a 0,4Tm (Tm = temp. assoluta di fusione).

Una tipica prova di scorrimento a caldo consiste nell'assoggettare un provino ad un carico o sforzo costante ad una determinata temperatura.

Ho alep per:

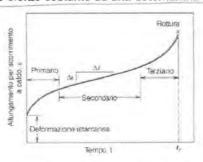
· UNICO COSTANTE / STATICO

T ? O, a TEUSIONE [K]

House ROTTURS POR SCOTE VIENTO ATAGLIO



Una tipica prova di scorrimento a caldo consiste nell'assoggettare un provino ad un carico o sforzo costante ad una determinata temperatura.



FRUBA 8.36 Curva úpica di scorrimento deformazione vs. tempo a sforzo costante e a temperatura elevata costante. La minima velocità di scorrimento de/dr è le pendenza del segmento lineare nella regione socionderia. Il tempo di vitu a rottura t, è il tempo totale a rottura

Catalier
Scienza e Ingegneria del material, una introduzione
E 6:5E%

Al momento dell'applicazione del carico vi è una deformazione istantanea (quasi totalmente elastica). La curva ha tre regioni caratteristiche:

fl creep primario (transiente) è caratterizzato da una velocità di scorrimento decrescente (la pendenza Δε/Δt diminuisce). In questo tratto il materiale sta aumentando la resistenza allo scorrimento. Il creep secondario (creep stazionario) ha invece la velocità costante. Di solito è lo stadio a più lunga durata.

Nel creep terziario la velocità aumenta rapidamente fino a rottura.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



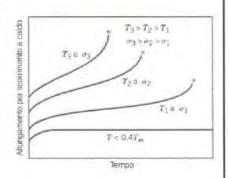


Il parametro più importante è la pendenza della parte secondaria della curva di scorrimento: è chiamata velocità minima o di creep stazionario $\dot{\epsilon}_{\scriptscriptstyle S}$

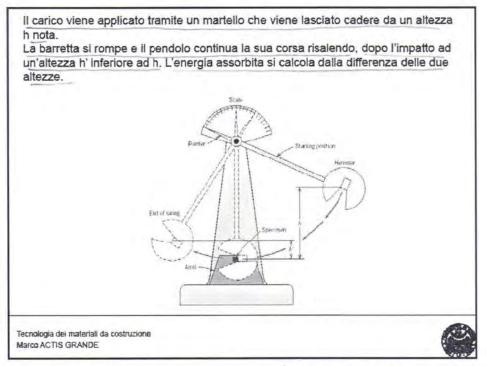
Dipendenza da T e dallo σ

al loro aumentare:

- la deformazione istantanea al momento dell'applicazione dello sforzo aumenta
- la velocità di scorrimento stazionario aumenta
- il tempo di vita a rottura diminuisce

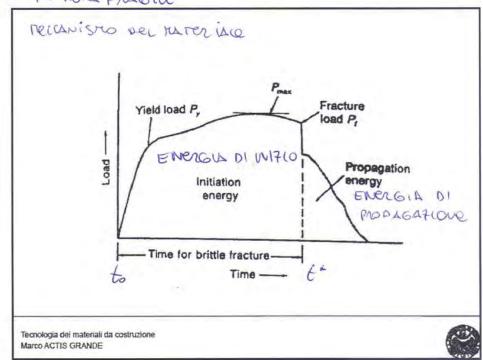


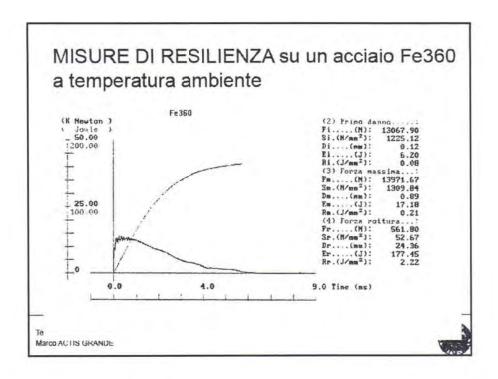


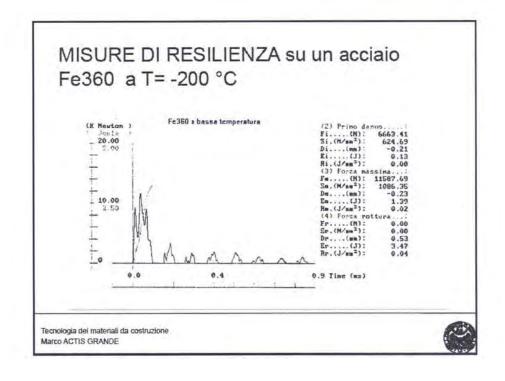


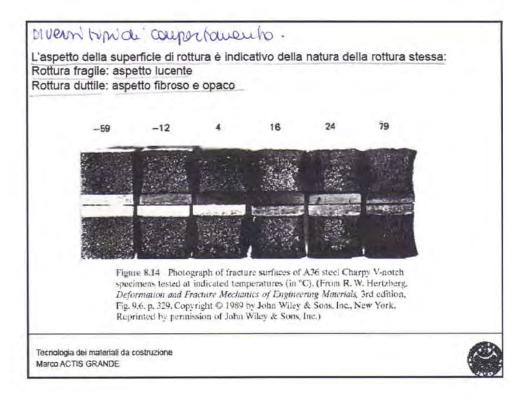
Desse craminare quali nous le vorie const entre de la marbineur lo dell'evergia durante la mara.

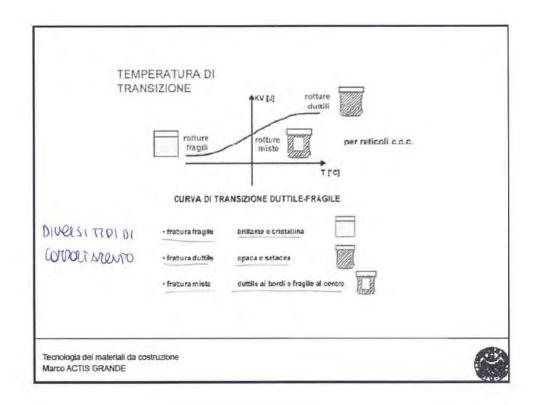
· to > to TOPO POI LA FASTURA FRAGILE





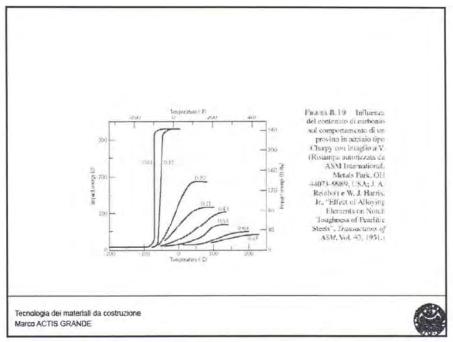






Transitione outres trascue con diversi materials.
Conditione molto vicino a To, le curve convergono.

Si, Varia in funcione della companitione climica ma Varia.



Presenta dogli deventi velle 1864e: non eniste un bene o role anoluto, rulla 12 degli eleventi memi.



Qual'é il reale cauportaments, dutile o fragile?

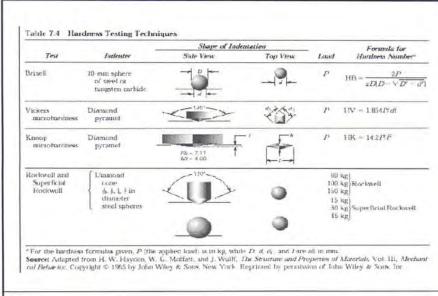
surante: era le materiale pintouro.

SLALLA MORS. In quanda ne ni porma uma riga, poco impequerinhoco.

la durezza da informazioni nulle conotteristicle del noteriale.

ande indentatore uno?

E' fourvoire del tipo di scala, cle e fourtione del tipo di materiale, cle è luvriore del tipo di durerza.



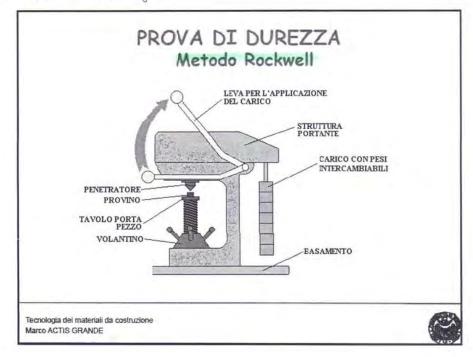
Per qual tipo di dunerra nul maternale ha definita una SCALA, IDEUTATORE e CARLOS SIECIFICO.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



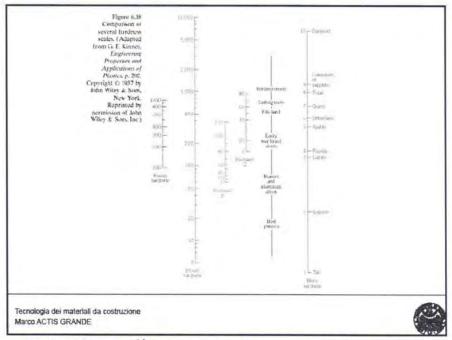
L'imparta lorciata e hurrione dell'identatore:

- . Rockwell da 15:45 per la durezza superficuole
- . Brewell live a 3000 kg

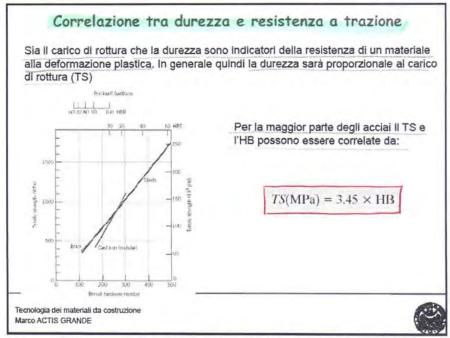


Pono ou delle cousernain: FATTORE DI SCALA DI CONVERSIONE MALLE MISURE. E' pui opporteuro usare la mova soco voll'intervollo di duretta specificato . Se exeguimi la formale-c mu un acurinio, otternei un vacore negativo ile nou ha seuro himico.

poré sossito un limbe montro da usare, e funçabre alece EsperiENZA.



DALL PURETTA ATTACHOR: Malho sperus obella prova di duretta ni cerca di richoline alla resinteuza a hiotione (TS). Coia é Fsince la para a tropione, questo pracodificuto nove sicuro. la virsura di TS e funcione della storia revita dell'acciaia.



la prova didunezza é una prava cle mi formisce un risultato nel comprane SENTA DISTRUGGERLO: DONO UNDRE 2 perzo per la communicie. Questo é il motivo percuila mova di durezza ha MOLTA VALIDITA".

MOIL OF DUNE 774 : · VILTIMO FIGREUTO DI CONTROLLO

· NOW seve ESSOR L'ELEVENTO DI ANALISI

facció u- prove e por voluto la durerza, la sois prova di deverza NOU BASTA.

Le divellemente dei groun rous fruntique della distributique dei BORDI GIALO: ZOVO DI DISSELINGATENTO rispetto alle zone vicino

Il monocristallo ha neus boroli grano (salo quelli esterni) rapotto ad un policio hollo (interni e esterni).

Europa e Cima hours la stena area mo diversa superficie de confuni



Per quanto riguarda i materiali metallici abbiamo visto come il loro comportamento meccanico e in particolare la loro duttilità (deformazione plastica) sia correlata al moto delle dislocazioni.

Visto che la durezza e la resistenza di snervamento sono correlate alla facilità con cui si può verificare la deformazione plastica riducendo la mobilità delle dislocazioni si può aumentare la resistenza meccanica .

Tutte le tecniche di rinforzo si basano sul principio:

limitando o ostacolando il movimento delle dislocazioni si rende un materiale più duro e più resistente

- a) Dimensioni dei grani
- b) Soluzioni solide
- c) Incrudimento legalo alla porte a.

I confider most colle dislocation usalifico & conatteristicle del moternole.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



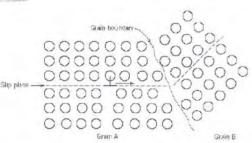
Alle dislocationi norve un eccesso di evergia per porrore hia i grani. Pui pricole vous le dibeunioni del grano (n'quilica avec pui boroli grano) e più difficile vara El noto delle dislocationi: 11566, ore resistenza rueccivica.

Dimensioni dei grani

In un materiale policristallino la dimensione dei grani (diametro medio del grani) ha influenza sulle proprietà meccaniche.

Normalmente i grani adiacenti hanno una diversa orientazione cristallografica e la presenza di un bordo di grano tra di loro.

Figure 7.14 The motion of a dislocation as it encounters a grain boundary, illustrating how the boundary acts as a barrier to continued slip. Slip planes are discontinuous and change directions across the boundary. (From Van Vlack, A Textbook of Materials Technology, 1st edition, @ 1973, p. 53. Adapted by permission of Pearson Slip pla Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.)



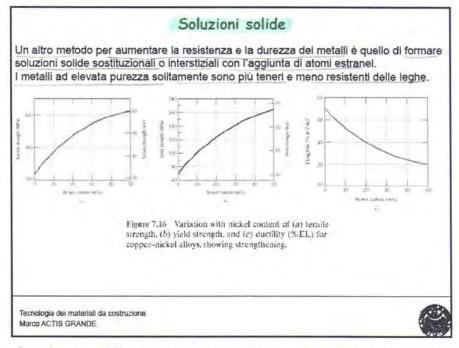
Nel corso della deformazione plastica lo scorrimento delle dislocazioni deve per forza passare per i bordi di grano.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



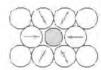
2 GUNI O 50 Eran → moto delle dislocozioni più dellevale, conatteristicle neccanicle Massion.

Si deformera di neno e servira più energia per avere la E.



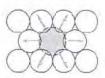
1º EFFETTO: luabous differente dolla matrice con sirensioni DIFFERENTI. Mettere un olevento più picalo o grande madibica la shuttura della colla.

> Gli atomi estranei inducono stati tensionali sul reticolo degli atomi ospitanti che li circondano. Ne consegue un'interazione tra questo campo di sollecitazioni prodotto da distorsioni reticolari e il campo associato alle dislocazioni che porta ad un limitato movimento delle dislocazioni stesse.



Un atomo di impurezza più piccolo dell'atomo ospite produce una sollecitazione a frazione nel reticolo cristallino circostante

Un atomo sostituzionale più grande provoca una sollecitazione a compressione nelle sue vicinanze





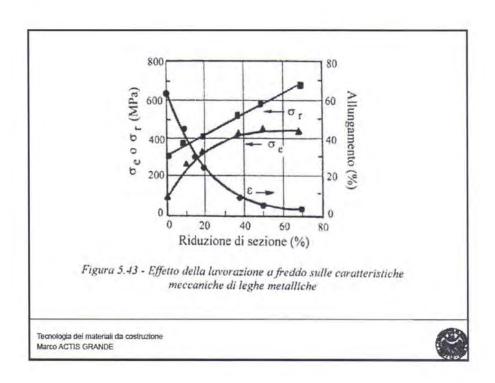
Care ci carporta @ minterra? Applico una Ep: ne depoemera entrato in compo Montro, ni Ferro (B), anto una perorrazione PLASTICE RESIDUA. Al ricorico, porteuso da c, ilnateriole nicouporto in woods ELISTICO hus a B. Inizialmente il metallo con limite di snervamento σy0 viene deformato plasticamente al 9401 February 1000 OC punto D. Il carico viene rilasciato e quindi riapplicato con un nuovo limite di snervamento PLASTICA σyi. CB' = DEFORMFICHE EUSTIUS. Figure 6.17 Schematic tensile stress-strain diagram showing the phenomena of elastic strain recovery and strain hardening. The initial yield strength is designated as $\sigma_{y_i}, \sigma_{y_i}$ is the OTTOMBO UN INCROPRENTO yield strength after releasing the load DELLA RESISTENZA A Unload at point D, and then upon reloading. SNOWLINEUTO (D64) DEL MATERIALE. la sureutano le

Noi progettiano a survivamento: MAGGIORE E DOY E più piano Sicuri.

Elastic strain

Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE



CANTENSTICHE RECONCHE.

Dipende della DURATA e T del THATTAREUTO.

Se annentano le dimensioni, le consetteristicle del noteriole ponono:

- DEGGIONARE LOVE CARLOS & NOTTURA",
- · mourre per la deformabilità.

Meccanismi di rafforzamento dei materiali: AFFINAMENTO DEL GRANO- Recovery e Ricristallizzazione

Siccome i grani ottenuti per ricristallizzazione sono simili a quelli antecedenti al'incrudimento -> ad essa e' associata una diminuzione della resistenza a trazione e un aumento della duttilità del materiale

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Lou solo 35 a \$80°C ho delle modifico





Encrus 7.21 Micrografie rappresentanti i divensi stadi della ricristallizzazione e della crescita dei grano di un ocone (a) Struttura del grano dopo levorazione a freddo (33% di LE). (b) Stadio miziale della ricristallizzazione dopo recalciamento di 3 sia 889%; i grani entito piccoli sano quelli ricristallizzazione di perindi la avenzione a freddo con quelli ricristallizzazione con quelli ricristallizzazione con propositi (sia 889%). (d) Ammento del grano dopo 15 minuti a 580°C. (d) Ammento del grano dopo 10 minuti a 580°C. (d) Ammento del grano dopo 10 minuti a 50°C. Tutte le micrografie a 75%. (Per genille concessione di). E. Barke, General Electric Company.)

Scienza e Ingegneria dei materiali, una introduzione EdiSES



FERRO PURO

- 2) Cosa nucede con le curare di respectationento e riscoldamento?
 - · AT> 1538'c hoil FOURDFUSO
 - « Se la T DIMINUISCE, perquambo poma somolere, a T= 1538 °C continuero ad estructre colore a T costante, processo cle continua lino a quamas l'altima goccia al lignido son dibenta socia.

 Il materiale ha una T costante fino alla conclusione del possogio da Llevios a socias.
 - · Continuo a reoffiedolore filmo a T= 1382°C La T rimone contante lincle tutto il Fe ca dibenta CFC.
 - la Trimore contourte limbe tutto il Fecto dibenta ccc.

Perde questo avviewe?

Oqui alta cle lu mua Thesformatione Amorropia, a questa é amociato un meccanismo di diffusione atomia, ce richiere Tetro.

Se la T diminuire, diminuire l'energia: a Tdifférentiauro différenti contemnati energetici e différenti colle

Le pro diversi reccavisti di master viento di FLERGIA cle, enerodo indipendenti dolla T, avvengono a T costante.

Overto è ció cle avviene per qualmon topo di hierformatione

- 3) Conservicede re audit 700 de vouie fant vol n'inferra Fe-C?

 La Ferrite d: 5 hours la russirus sausints di c un Fe cole

 VARIA MA E' RIDOTTA:
 - , a ALTE TOTOPIATURE CO, 1%
 - · a BASSE T = 0,02 +0,03 -L.

AUSTENITE la quantita nomina di c e 2,17 a 1143 °C IR C (atomo piccolo) puo enere inglobato mella CFC in quantito-MXGGIORI rispetto alla CCC.

Nolla CFC riuraiano a nettere pin C, n'capisce del diograma di staro.

4) Cos'é un DIAGRATURA DI STATO?

R diagnomna chi shoko é una "traper" su cui si possouro volubore (compildi enstreuza delle voire form.

Sopra la T = 1538°C ho il forro allo stato tuso.

Tourie = 668°C aura diverse mquieta usquetucle.

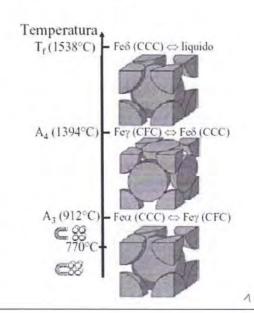
R mucho di Curie (Az) roppresenta un punto sur 6000ce.

A = ANOTORIN CANATTERNIE, il ferro e TRETERDANTICO.

Ferro puro

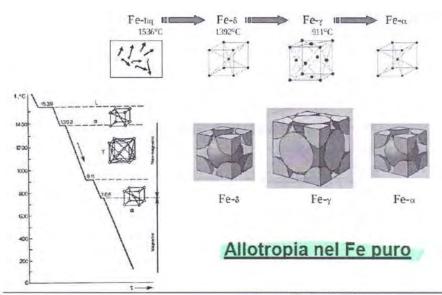
Densità p (20°C): 7,870 Mg/m³ Rm = 180-290 MPa Re = 100-170 MPa A% = 40-50% Z = 80-95% HB = 45-55 E = 210 GPa Oltre alla fusione, il ferro puro presenta due trasformazioni di fase allo stato solido; le temperature corrispondenti

vengono indicate con A3 ed A4 (nelle condizioni di equilibrio).



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

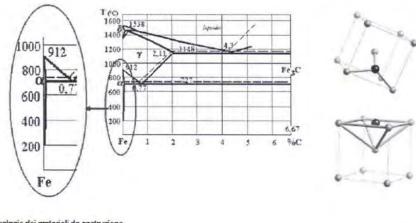






Campo di stabilità del sistema Sterro rehcolo ccc monofasico ferrite α cou sossa ccc

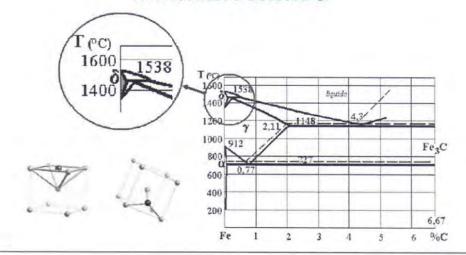
Sterio reticolo CCC con Bossa CCC Ul Cota in Pocke Posifico.



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Campo di stabilità del sistema monofasico ferrite δ





CATIPO AUSTENITE &

7)

8)

Questa zana é nolto più estero di quello «, J.

Cala volla LACUNA OTTAFDRICA.

Vediano i casi nel diegnama di stoto:

- · Se 7.C = 0 L il coupo di enisteura del CFC vocio ma 312 ! 1400 °C
- . Se LC AUTENTS, aumenta il compo di enistenza della cella CFC.
- , Se 1. C = 0,8% hour CFC a T = 727°C
- · Se 1/c=2,11/2 hous CFC a T= 1148°C

Per tenonidi C = 0,8%. ho un CFC ancle a Ta cui, se non avenic NON avrei quel topo di struttura.

della cella de e voriabile en modifica.

Cour colle gare il diograma can la morioni viste? A1,2,3,4 Mul Costanti o voriano can la 7-c? Cour voriono le proprieta al voriore della T?

PUNTI CRITICI NEL SISTEMA Fe-C

Az é costante percle le propriéta inoqueticle di Fe e Acciaio samo costanti. Azia nous dei prenti a T= 312°C eT= 1389°C cle non nous costanti HA Variano in lumitare della "CC.

Se vorior la 70, il punto A3 muscilica.

CONO NOUD (SISTETTI BIFASICI ?

I visterii bifornai nous quei visterii dove nove merente una sinocia FASE MA vous quelle area dove vous merenti e area sillementi.

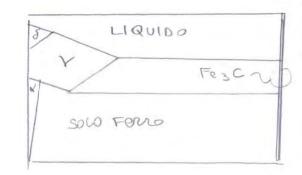
Qualifon? E'huntione della T.

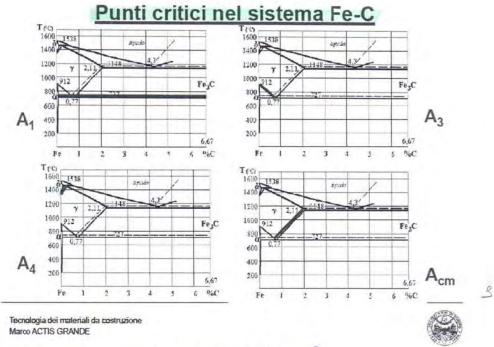
CAMPO BIFASICO? HO 2 for curriene.

Quante zoue bifonde cirous nel ninteur Fe-C?

Tutte quelle 2 aux cle separrous

CAMPI MONOFASICI.





SCAPLIFICO IL DISGISTURS: fore x, 5 piu percole.

, il c nou e solubile in Fe x

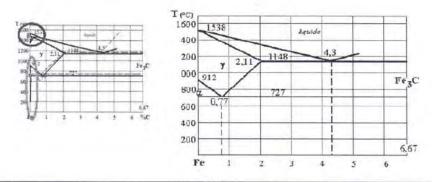
, la mornima nolubilità del c e c = 0,02 % a T+725°C

lu questo diognamo e piui focile identificare le aree.

Una semplificazione

Forma semplificata del diagramma di stato:

- Si considera nulla la solubilità del C nel reticolo ccc del ferro d;
- Si trascura l'esistenza della reazione peritettica;





2)

SUDDIVISION CONVENZIONALI

Divido le mileua in 2 MACROCA TEGORIE:

- · ACCIDIO, DE "LC < 2,17
- GHISA, ME 1/C > 2,1-L

A volle di querta middivinare, le pomiano fore un altra in bare alla NATURA DEL DIAGUERA.

· TASFORTATION FUTETTICA: (GHISA)

Pomiano fore una diviniare in bare ai punticrita, suvero quei pully a cui correspondens delle manformittioni di TIPS EUTETTICO da una fore liquida a solida.

la delivitione di monformatione EUTETTICA è quella Te corpositione acla quale n'ha il pomaggio diretto mai i fore liquido e z fon solide dillerent.

· PUNTO EUTE TTO IDICO (ACCIADO)

Punto a cui n'quera una horfornorione del tipo:

Dallo fore solida y ni generamo z fon nolide con strutture differenti rispetto a quella di partenza.

Dal diagrama identifico 2 trasformoriam criticle co punto vaited), ouvers EUTETTICHE e EUTETTOIDICHE, definite in bore a "C. Suddivido il mitara acciaio e il miteria gluta in 2 nottogruppi in humane della 1.C:

ACCIAIO - C 2 0,80 ACCIAIO IPOEUTETTOIDICO

- C = 0,8 6 ACCIAIO EUTETTO IDIO
- (> 0,8 % ACCIDIO IPEREDITETTOIDICO

GHISA - 2,1% CCC4,36 GHISA I POEUTETICA

- · C = 9,3% GMISA EUTETTICA
- C>4,37 GHISA I PEREUTETTICA

le bore allo : a pour sussivipere le diognocura di nhoto.

Care voria la struttera del moteriale al voriore della

la componitione Chimica di cui n'il terra cirfluisce nulle magnietà del moteriale parchi compositioni différenti auranno strumme differenti quindi proprietà di flerenti.

Care concreti 77 are il discorro delle micronhutture mele mopnie ta delle accidio?

burroulaire i 3 ches dell'acciaire. La middivinione dell'accidire è hurrione der 3 coni. L'accidire è Fe+C+ repur elevent.

Colle vouceuro le conditioni della microstruttura in bore a 1.0?

· COMPOSITION FUTETTOIDIN 1/C = 0,8 L

Y(s) = d(s) + Fe3C(s) THSFOUNTIONE FUTETTOIDE

A T-723°C pour dolla Mour alternaura his Ce voire Bow.

I grow conditeristration di l' vengous descritte das una <u>struttura utensire</u>, quolono n'dia compintamente il Tetros cle totts la restione auvenga.

Se some DANVERO mel ruinpetto del diegnomma di nho ho, can c=0.8% offenepo X + Fe3C ele premote il mane di Perente, delimita care: la perlite è un intita ruscem oi Ferritte (X) e cerentitte (Fe3C).

la componizione entettosidica penera perlite. Querto e la delimitione di bore.

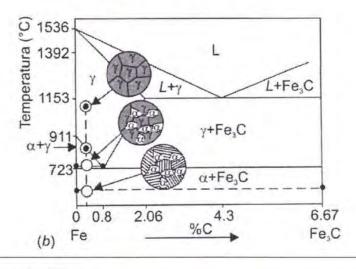
Cona nucleate trallreddaudo il ninteua?

· Fino a 723°C n'ano rel compo di enintenza della fore 8. Per T < 723°C n'homa x+Fe3C

A Toros la la shuttura isreisse.

Questo é il cono pui reuplice, ho 1.c = 0,8%.

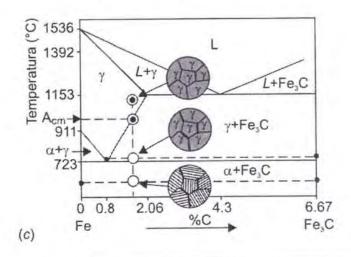
Le strutture degli acciai ipoeutettoidici



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Le strutture degli acciai ipereutettoidici





lu querto coro los e montormarioni

- · T = 7757 = T .
- · Az e la Toda quale la Comerlamorriare da Y+X
- · Mon e'le Talle quale les le manfondrione de 8 -> Fez C

Quando attriavernamo A3 per 1/2 c 0, 8 2 los Ca marformoriose de solo x e poi los A1

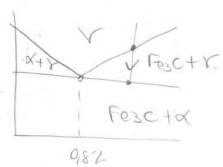
(6) ACCIAI IPPREVIETTO IDCI

Discous analogo per 1070,8%.

Qual é la dillerenta?

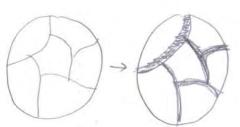
Lineco cle generare «, genera Fe3C care

PRIMA FASE.



Dave n'grueraus Fez C e &?

le mine, arel done s'ho la formatione di Fez C e il Borro Grano.



Fe & C n'horno propris velle avec di bordo grous percle nous le avec con MAGGIONE ENERGIA.

Cora nuccede quiamos los completato en harbornotione?

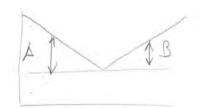
a T-727'C bo 8 = X+ Fe3C

Alla live auro cua muttura con FezCe X+ FezC.

Margione e la 1/C, più la 1/C > 2,172 e risasione e Ca percentuale di Fe3C de ni forma core millo lore.

lu entranti i con, ma l' d un (A)

cle l' Fezc in(B) nos n'horfernano
print disrante il nuccern'ilo proceno.



de nipous a 727'c

Fe3C OTOUTINE PRITURILA

a provinció é l'a cle ni forme provis

X+Fe3C COTONTITE SECONDARIA

Agginnagre deali elevent some per rendere possibile des compi di esistenza de alminent son sarebbero possibili.

Per fore la Ferritt, metto degli elementi defogeni cle corcamo di Por crescere Az le cuella struttura puoduce chiene soluzioni solide.

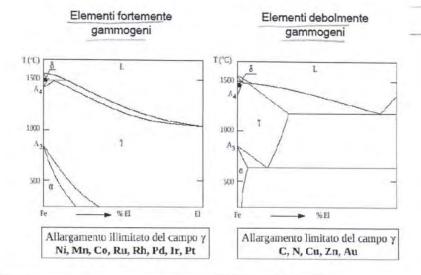
ELETTENTI GAVITOGONI

Figure Willo As ed aurentano quello du Aa.

Come n' modificamo le curue e quali nomo glu elevent d-agent e v. agent? En Mario degli eleventicle nomo fortenente allaqui o gammagent. Ni, Ma, Co homo un maggior campo di en ntenza della fore v C, N, Z eleventi debalmente v-agent.

Se 7 CA, la fore r'eniste lino a 0,8% a 727°C

R C estende debolmente lo lore y



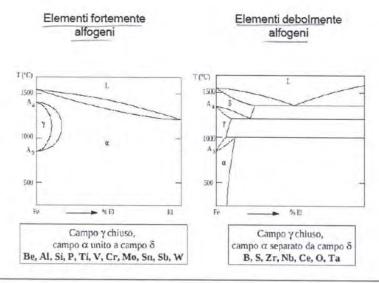
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

We has = 727'C luo la fare y per "6 C = 0,8"L Se lo "6 C > 0,8" luo la fare y + Fe3 C



0,8%

> 1/0



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



N.B. Questi diagnouni sous ricovots anolomolos a vettere il subolo Flerento me Ferre puro (e non Fe+C).

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 175 di 584 il hastanen ho berun co module delle nolle abortioni majoritionali de quadrente berun co 1770500.

Il noberiole puro mibire delle benishani pende, aqui volto ce applico un AT, au so un coolliciente di dilabortione lineare o Wolmica de provoca mobileni.

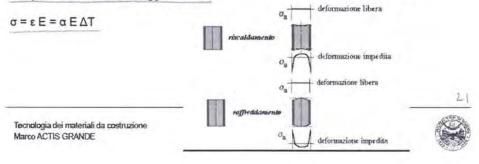
Trattamenti Termici

Il riscaldamento del materiale metallico coinvolge tutti i meccanismi di trasporto del calore (conduzione, convezione ed irraggiamento). Ovviamente il pezzo interessato dal trattamento si riscalda a partire dalla superficie esterna. Si formano inevitabilmente dei gradienti di temperatura tra la superficie riscaldata ed il cuore ancora freddo e dei corrispondenti gradienti di deformazione: le parti più calde si dilatano ma sono ostacolate dalla presenza di parti fredde.

La dilatazione lineare ε per una variazione di temperatura

 $\Delta T > 0$ vale: $\varepsilon = \alpha \Delta T$

Se tale dilatazione è impedita, il materiale è sottoposto ad una sollecitazione o di compressione data dalla legge di Hooke:



I trattamenti degli acciai possono essere classificati in:

- Trattamenti effettuati a temperature superiori alle temperature critiche (ricotture, normalizzazioni, tempre)
- Trattamenti effettuati a temperature inferiori alle temperature critiche (rinvenimenti, distensioni)
- · Trattamenti termochimici di diffusione (nitrurazione, cementazione)

Prima di un trattamento termico che preveda una trasformazione di fase si ha un processo di austenitizzazione. Tale processo consiste in un riscaldamento in modo da ottenere una struttura che sia austenitica in modo completo o parziale, a seconda della composizione chimica dell'acciaio

22



(are bria il comportamento di Az? lu hurrione di «C.

Le voclie portore l'érciais in una Constitue du corprets sustEntitifations, deux Corprere sopher le luves di Az.

912 Pg LINE A DI 79 A3

SMORTH IN ALERA 10 12 LONDING 1

- · TA TETPERATURA DI AUSTENITI PLATIQUE
- · LA DUNATA DI AUSTENITI PRAFLOVE.

and'é le gransmableure « Caradho de niveulica? Nolla realté noi ha un reuplice nisteure Fo-C.

Cora nopulha porha l'occidio a 1200 c per 7 h?

Avere T elevate n'quilva formire tanta energia, energia de nève per generore un grano di grandi olimentiami.

Avere un grano di alluentami elevate n'qui ba avere un problema vella fore nuccentra di rollreddamento neccli lostruttura no è progettata per questo canditione.

Questo cora implica? Implica de rispetto il diognama on shaho?

Con i diognami d'Alohodero capire qualitzano le caralitiani minime per avere en lose di aistenitizzazione.

Sous mours di cés ele gluero? Ottemps la ntena struttura por tendo de un montema di son sustenite?

Rispetto reupre il diograma an'shop? No.

Se raspettom reupre il diogname du'nhobo, non ottenei le shutture cle cu nervous.

Se rispettom il diagnaciona di stato, aucle vel respectamento avvei seripre la conditione di equillibrio e son avveila TEMPLA DELL'ACCIAIO.

il respectatione di stoto.

Per Vrof: V* ho cle querta volocità di rolfredouvento la ritordace A3 tolmente tambo da forbo consciolere con A1: A3 sparisce e si genera un ochia struttura.

Non ho più la perme ma la BAMME.

- a TRIF >0 los la Possite complete
- a year < V* lo can Parlite Fine
- a rung = 1° As now =siste ea c'inglo boto in A1, nou la perlite ru la Bainite.

· 1 × < VIDE CV:

Coutinuo ad aumentore la VRIFT.

· V PAF = Vi

Vi = VELOCUTA DI MAFFIRE DOSTROVTO CELTILA IMPERIORE. VI VI VI lu un punto per Viaf = Vi ni hornor un achia hore, dillerente dolla BAINITE, ima le entre contemporare provine alla bainite, detta Martensite.

· VRAF = VS

Vs = VELOCITÀ SUPERIORE DI TETEPRA O VELOCITÀ CRITTILA DI TETEPRA
Vs e la volocita alla quale genero salo turitensite e non ho
più la presenta di bainite.

Se la VINFF, relacita di DUSTENITIZZAZIONE, e:

· BASSA - formo PUTLITE

· repus - now edetts cle courtinuers and owere perlike.

Se la VINFF AURONA, la concentratione di perlite DITUVUISCE l'un alla formatione di BAINITE. Pero, per VINFF ANCOEN PIÙ ELEVATE, n'hornera ancle Marrensite Per VINFF MOLTOROLTO ALTE aura soco Mortensite.

Il montro problèma e'cle la Visser è lumidare della componistame chimica comiderata.

la franziare del tipo diarciaio, questo qualico ni modifica anche in modo sostanziole.

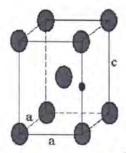
MARTENSITE

Trasformazioni martensitiche

- Se la T è inferiore ad Ms (martensite starting), caratteristica della lega considerata e delle condizioni di austenitizzazione, si ottiene Martensite.
- La martensite si ottiene dalla austenite mediante degli spostamenti degli ioni inferiori alle distanze interatomiche.
- Appare sotto forma di placchette.
- Il suo reticolo è tetragonale corpo centrato.

c/a = 1 + 0.045 (%C)

La trasformazione da un reticolo CFC ad uno tetragonale avviene con aumento di volume



27

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



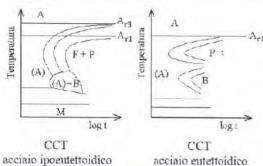
6MPIO ACCIAIO EUTETTOIDICO

YMAR LENTA LO P=POPLITE

· YMF MEDIA GO B = BAINITE

VILLE VELOCE ON (A) = BUSTENITE INSTABILE & notto la civennetta ho la hiothormatione marteusitica.

I diagrammi CCT (Continuous Cooling Transformation) permettono di rappresentare contemporaneamente le differenti trasformazioni microstrutturali, comprese quelle non rappresentabili nei diagrammi di fase, e le leggi di raffreddamento effettivamente utilizzate.

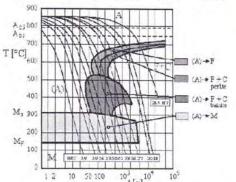


In questi diagrammi si hanno delle zone in cui le fasi risultano stabili, delle aree in cui sono metastabili ed, infine, delle porzioni dello spazio in cui si hanno le trasformazioni microstrutturali.



Al crescere della VILF ha un surento or ouretta rainellante sul ninterna v. Sportandomi verso suistra nella aurua ha un annelu ha di duretta Fusit.

%C %Mn %Si %S %P %Ni %Cr %Mo %Cu 0.44 0.80 0.31 0.013 0.030 0.96 0.46 0.05 0.18



Ponaudo da Vrup = 10° s → 10 s, Well'intervallo T= 800°C, T=100°C, la durezza pomo do 18°a 59 HRC.

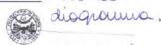
Ho 2 live paravere de one delle x _ cle ropphereu hous la FUE e WITIO Olella hurrousitione marteusition.

Per le applicazioni numeriche, al fine di rappresentare una determinata legge di raffreddamento, viene utilizzato un solo parametro significativo. Ad esempio:

la velocità di raffreddamento istantanea a 700°C

il Δt necessario a passare da 700 a 300°C

le monformationi vosiamo in huntione della compositione chimica del



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

He transportation QUASI ISTANTANTE percet la sportaneuro dell'artorio di C e Breve: n'oporta dal centra vir una zona vicina (sur 1270).

Esinhano delle componitioni chimicle done ca Fine della transonutione marteuri Noa sarebbe a T < 0°C: le mintena e instastit a quelle T.

Ulteriori informazioni sulle trasformazioni martensitiche

La martensite è caratterizzata da una durezza molto elevata, dovuta a:

· una elevata densità di dislocazioni;

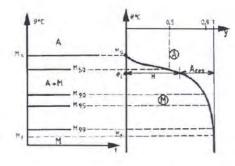
Indurimento per l'influenza del C (in soluzione solida interstiziale)
 Da ricordare che

La trasformazione martensitica è quasi istantanea.

Ad ogni temperatura una determinata frazione di austenite si trasforma in martensite

Le isoaustenite sono parallele all'asse dei tempi

 Se la T finale è superiore ad Mf, al termine del raffreddamento si otterrà dell'austenite residua



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Ottempo dell'aunteuite rell'orologio rende l'ho batta robbedolore velocemente: a Tara niano in ma combigurorione di evergia de non rarebbe nellicionne per los auvenire la hiorbornorione. © Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 185 di 584

Combica i tro Hauser ferrara in furriare dello struttura hirolo cle arrevoco.

PRITA: Macroccussi ne t è Ter Apresso socroccussi in bore alla dilberente pomibilità di mattanento termico.

RICOTURA: processo de viene serve applicato al accionio di fonderia.

Ci nettiano nelle condutiani di sinpetto del diagnama di sheto

RICOTTURA (couditatione pui reuplace da ricondura.).

Un acciaio può presentare all'interno della sua struttura disomogeneità di varia natura ed origine:

· Segregazioni (macro e micro) ottenute al termine della solidificazione;

Incrudimento per deformazione a freddo;

· Sforzi residui per saldature etc...

I trattamenti di ricottura permettono all'acciaio di avvicinarsi ad uno stato di equilibrio termodinamico, eliminando, almeno in parte, le suddette disomogeneità

Il ciclo consiste in un riscaldamento ad una temperatura opportuna (in modo che l'acciaio sia austenitico), permanenza per una durata opportuna, raffreddamento effettuato in forno.

Cora forcis a respontine de li?
Ponto da li con la rescottura, el elemente le regregartioni, shorti
Mendui, incruolimento... merent melle shutura.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

tri parto a Totre per un determinato revisas di beopo e por braio avvenire un raltredamento in borni.

IR RAFFREDSATENTO IN FORMO, moreno molto sento, va nella quen' totaleta del respetto del ariognama distato.

to shutters view rolledanto in form him at eter ed offengo

Ricottura completa (o, semplicemente, ricottura)

una shruttura cle

· Mantenimento a:

T = Ac3 +50 (ipoeutettoidici) T = Ac1+50 (ipereutettoidici) dishoto, ha ana componente shutturde dillerence es ho un

· Raffreddamento lento, specialmente attraversando l'intervallo critico.

groces di'duresta nollo più bono.

Risultato:

Tpoeutettoidici) ferrite e perlite relativamente grossolane, resistenza e durezza modeste, duttilità elevata

• Ipereutettoidici: globulizzazione parziale della cementite proeutettoidica, con aumento della resilienza.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Dalla lavorazione e rolliedda neuto in borno ottengo

. LA STRUTULA RICARTA IL DIAGNAMA DI STATO

· COMPOSIFIQUE STRUTULAR DIFFERENCE

GRADO DI DURETTA PIU BASSO, è più lovorobile.

38) TEMPRUS

Case offenere una verocità di MAPPRE DISTENTO RAPIDO?
Bisaque buttare il petto dembra qualcasa di tracto FREDIO:
Candi tione di Associata e noi totalità del riopetto delle
cardittani di equillibrio.

Buttane il perto desetus quelcare di riocto peololo niquilica Evere sella ASSOCUTA E TOTAG MON RISPETO dello Comolitique di equilibrio.

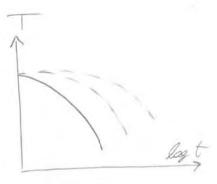
Cenero della struttura marteusitta.

· CORRE DIRAFFREDDS TRUTO

illi elletto inoucoutivo, indipendente alle Curve CCT e quello obternimoto dell'INTRITA DELSISTETTA.

Pono avere delle curve different, per quanto riquorda le comportamento del materiale, in hurrione di:

- · DITOUSCONE DOC TUNTER LAIL
- · a Mueristiche Teuriche.



- SUPERFICIE -- CUDAR MATERIALE

Queste avere aque si pontribuano rispetto alle vorre vi « vs.)
Porno avere struttura marteunita se:

- · VILE >US
- · Vic VARCUS

lu fumitione della consertione crivica dell'acciaio, potro avere della differenti VAF, una maggiore o unione quantità di struttura marteuripea.

Pui lecurue saus spostote vero sessos e più las probabilità di ottenere musi struttura rusrrensitics, quindi e resolore le terene dell'acciais.

la caratteristico di conducibilite dell'acciaio e + ghise.

MOTO has unaus le curre di BAIN (TTT) percer hanno delle inconquenze to le ausure cot (le rons ausure più intordate) rende hanno un ouper tanento più n'un'le alla realto.

Normalizzazione

La normalizzazione segue lo stesso ciclo termico della ricottura e permette quindi di ottenere strutture ferrito-perlitiche. Tuttavia:

- La temperatura di mantenimento è leggermente superiore per gli ipoeutettoidici e supera Acm nel caso degli ipereutettoidici
- · Il raffreddamento in aria calma è sicuramente più rapido di quello caratteristico della ricottura. Il refreddamento in aria colola RISRETTO de disognamma di stoto (Dipende delle compon rione chimica) ed effengo Grani Più FIM.
 Risultato:
- Una struttura ferrito-perlitica caratterizzata da grani ferritici fini e da uno spazio interlamellare della perlite molto ridotto
- Sono strutture ottimali per successivi trattamenti termici di tempra e per determinate applicazioni meccaniche

per la hiorboanofiche di tenpra.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Tempra

Il trattamento di tempra consiste in una completa austenitizzazione dell'acciaio, seguita da un rapido raffreddamento al fine di ottenere una struttura completamente martensitica.

Il raffreddamento può essere effettuato in acqua, soluzioni saline, olio, metalli fusi, aria soffiata oppure semplicemente aria.

La scelta del mezzo temprante dipende dalla sua attitudine alla tempra, caratterizzata dalla temprabilità o penetrazione di tempra.

Metallurgicamente, la temprabilità può essere definita come la capacità di nucleazione della austenite rispetto alla ferrite, oppure ai carburi.

Più le curve CCT sono spostate verso destra, più è elevata la temprabilità



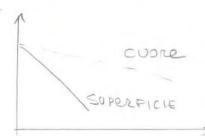
39) Bisagua rempetemente compo delle Merza del Sisters, cle e lumpione delle dirensioni del perso.

lu bore alle dilluntari del perso pono ancle offerere qualcoro di direvo do quello cle volero.

Se buttami au blorco gravage in acqua!

· Sulla superficie auner una velocità d'inoffredatamento ELEVATA (VMF).

· Not were owner was You reviewe.



Aucle re il rallreddonento e Mepido, delliho la Multura potro avere delle FASI piverse: le salectorioni glieramo delle Teusiavi resione.

SISTOTI PER RAFFREDDAME : < ACRUA
0210
8AS

Percle nou rollredolibrio in Aria?

Upore l'aria con il moteriale a T=700°C produrrebbe un ECCESSIVA OSSIDATIONE, ele non voi bene per il moteriale.

Alla line, l'eridenta spesimentale contratta il procedimento teorico.

Forme: elletto decrescente nul contributo colhectorinte.

Cosa voud dire fore la tempna? Quamb vale la velocità di raltreatdamento VRIF?

· retal reposition (smutture awarfe): v=1000000 of h

Parsoance marrensite con acque e our con V=1-10'c/3

Dave where a great all rollhedda veryto?

Noll'intervallo ma Az a Az con la T de textrevsité standard

(200 = 300°C), i un terioli presentamo una shur truson de l'

AUSTENITE MESIDVA (STORFA), anche a T inferiore della

Toli austrevit i 7 fariore.

Cautione la componitione claime significa cambione la duretta tire del motoriale ad una determination distanta del punto di rollredolamento.

GNFICO: LE 92 G2 Ni 4 ha una tempabilità haggiore del C42. Se la 15 annenta, annente la duverra del noteriale? NO.

la avana del 35%; ha un volore de duretto in superficie Muone del 92 cm. Ms ha ma Termasicione: Mantiene i volore de duretto cle eva in ruperficie Memocle contante con la mobandita.

Il 35 Ni in repertice ha un valore de durezza interiore al 42 Or. He ha una tempatibilité mogrine perce montreme un visible acro di tinc anche un profonditio.

la nova Johny remette di capine qual é la risposta del materiale el rollreddamento rapido.

Pomei vou courridonne la curva cot e vedere solo querte prove sperimentali.

41) THATT MONTH TOUTICE SOUTH THASFOURTHOUT DE FASO

Fino ad ademo, con i hottoment de Ricotters, Morraciones e revors, n'usolificame le favidel nintene:

· ercottura e noviacionariore rispettano o memo ce dicaponero de stoto;

· TEMPIA: mi allambairo olde diogramma di noto.

Ademo he hattonent de nos coreas suo VACIAZIONI DI FASE.

cora m' aspetto da querli mottomenti?

Rush hottament impattano in modo referente ruspetto ai mottament cle producano della horbornariore di fare: ho ile le coratteristicle veccamica vociano rus or poco se paragonate della vosibiliare cle produce la Terpia.

Trattamenti termici che non comportano trasformazioni di fasi

Ricottura di addolcimento o di miglioramento della lavorabilità
 Consiste in un riscaldamento a qualche decina di gradi al di sotto di Ac1, seguito da un raffreddamento lento.

Permette di ottenere uno stato sufficientemente addolcito e privo di sforzi residui, migliorando la lavorabilità e l'attitudine alla deformazione a freddo

· Ricottura di sferoidizzazione o globulizzazione

Si riscalda il pezzo appena al di sotto di Ac1, si mantiene per un tempo sufficiente, oppure si oscilla intorno ad Ac1, si raffredda lentamente, in modo da ottenere una

coalescenza spinta della cementite

b - stades intermedia:
(im no globale concerns)

- stades intermedia:
(im no globale concerns)

- stades intermedia:
(statis globale concerns)

- stades finale:
(statis globalece)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

processo de las determina la transformazione an fare ra genera una struttura di versa da quella originale.

Quando sono de fore? Sono de fore quemado esegue una esporratione presta (oumento il numero delle dirlo cortiani) moducendo una struttura present.

Trattamenti di restaurazione e di ricristallizzazione

mottamento de restamento

Premessa:

La lavorazione a freddo di una lega comporta il suo incrudimento.

*Una struttura incrudita è caratterizzata da una forte deformazione orientata dei grani e da una elevata densità di difetti (dislocazioni e vacanze).

·Una struttura incrudita è fragile.

KICKISTALLIFASTIONE?

Per ovviare a tali problemi si può ricorrere a due trattamenti:

· Trattamento di restaurazione

· Trattamento di ricristallizzazione

Senza Con indurimento per invecchiamento

HV II Restauxazione

Ricristallizzazione

Ingrossamento grano

Temperatura

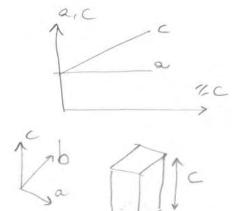
45) TRATTA POUTO OF DISTOUSIQUE

Qual'é il problème relativo alla tempra?

Aver generato una fore, trarrevo itt,

al é habolimente dillerente dalla

fore premir tente.



la martaunite:

· Nos esperente nel diagnouna de noto

· Rollreadamento doco

6 moduce stress residui quillah cricche.

Quer' reupe, pass unhattanento di Terris, biogne fore un Transverso si riverirerso per portore à materiale un una conditione di equilibrio:

Ly S, perdous de vambager produtto della tempra.

Cou la tempha atterner un moternale con puretta trevata Ms con troppi stress resion: hore pericals di madurare un moternale troppo Frabili.

ll processo di riviveri mento cerca di mandione la struttura verso una situatione di equilibrio.

Quali nous le T di rainveniments? Le frenzione del fotto de vogliano for auvenire la tricristallitatione o veno, pono operare con:

- · T>600'C re vaglio fore la ricriptable prositive
- · TC600°C re mon voglio fore la rioristallitzavione.

46) Cora alla dello couriderore?

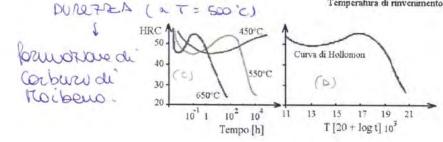
Sarebbe tropps reliptive counderare sous il nistera Fe, C Avere altri meteriali mercuti pa perdere la pomibilità di redittare altre multure con durerta ma maximisme.

VEDISCIDE -

Come si valuta l'elletto degli eleventi leganti nel proceno di Trimenivento del nateriale?
Condono 2 arciai can STESSA 10 M

(A) Différente 1 Since: al cresiere del tenore du Silice ho un anmento di duratza del noteriole Maron ho l'elletto di fosmotione di

coupont neconstant. Mar hour anner to di'direrra 604 Indurimento secondario al crescore della T di HRC 50 Tiller mineriho. 40 (B) DIFFERENCE - MOISEND 30 0.5 Per mocale quantito 5-6 Mo 20 0,35 %C 0 10 how PICO SECONDAZIO DI 200 400 600 200 400 600 Temperatura di rinvenimento Temperatura di rinvenimento



 $P = T_R (\beta + \log t_R)$

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

lu funtique della T di rimpenimento ho della influenza non trascurabili rulla durezza, in base della permanenza di quella struttura a quella determinato T.

FIND THATTA TROUT MASSIVI

Trattamenti superficiali

Hanno come obiettivo quello di ottenere una durezza elevata sulla superficie insieme ad una elevata duttilità ed una buona tenacità del cuore del pezzo Tale risultato può essere ottenuto in diversi modi:

 Modifica della superficie mediante trattamento termico localizzato (indurimento mediante tempra superficiale).

 Modifica della superficie mediante trattamento termochimico di diffusione di un elemento di lega (nitrurazione, solfonitrurazione, cromizzazione, ...)

 Modifica della superficie per diffusione di uno o più elementi, seguito da un trattamento termico (cementazione oppure carbonitrurazione, seguite da bonifica).

Tempra superficiale

Tale trattamento ha come obiettivo quello di ottenere una struttura martensitica in uno strato superficiale di qualche millimetro di spessore.

E' inutile ricorrere ad acciai ad elevata temprabilità. C < 0,5%.

Tenori controllati di S, P, Ni, Mo, Cu, Grana fine e poco sensibile all'ingrossamento.

48

49) TRATIANOUTI TOUTOCHIMICI DI DIFFUSIONE

Trottamento de voria la componizione chilunca combinando il

Care forlo?

Porto ie moteriale a controtto con un attrasfera cerentante o CARBOTANTE (proceno da fore a Thou da remalere pomibile (l proceno di diffundore) est ottengo una struttura di Fe cle potra allaghere altri atani di C: FASE AUSTENITIA.

la consulatione equel moremo de viene condutto nella. Tai postenitificatione (+ ~ 300 : 1000 °C).

Care sipué exeguire la cerentatione? Bisoque nettere le materiale a contetto con una timatera cerentante di tipo saiso, navios « Gassos a (più usata).

l'processo di comentazione e composto della fore di'

Siccour le caratteristicle delle acciais auneu tours all'aumentione della 1/C, niccour ho una 1/C risobiore, pono pensore auche di fore una tempra, per ottemere una struttura più dura perche:

- . Ho was 'C MAGGIONE'
- . No exeguito un mottamento di tenpo.

Siccoue deutro al moteriale auro diversi voloni di ¿C, diversi tenori di C, auro differenti voloni di tempro.

VANTAGG1

- 1) hurements sostantible di'durerza (700/900 Vickers). Prolè Vickers? vedu dopo.
- 2) Spomore WOURLTO (COTENTATO) le nou co currologe TUTTO Il materiale na soco la Zova Esterna (12 mm)

Trottamento mello rapido 1 ha Tulerioni. SVANTAGGO: Marriccio aso di Chrisi, suvios, ho problemi di Caupatibilità ambientole.

Cementazione liquida

- · L'acciaio è posto in cestelli
- · Il bagno è costituito da:

20-50% cianuro di sodio 40% di carbonato di sodio o di bario resto cloruro di sodio o di bario

- Tcem = 870-950°C
- · Durata trattamento: fino ad 1 ora

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

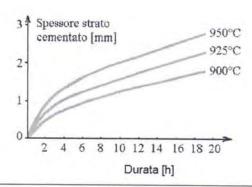


Effetto quan più nouro la coventazione gomosone descritto dolla Il legge di Fick.

Al crexone della T, i worriment dillustiri annuentamo (piffusione e interdiffusione) perdet, al crescene della T potra ottenere, par tempsi inferiore, una ruscolore pener natione, guilliani ruscolori spessori perco strutto di corentatione: Cementazione gassosa

· La miscela gassosa è costituita da:

ossido di carbonio ossido di carbonio idrocarburi (metano e propano) $C_3H_8 \Leftrightarrow CH_4 + C_2H_4$



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



IMPORTANTE: NON deux avere un evernivo aumento del grano

lu processo di cerentotabre standond a 200:250°C produce uno promore di quoliche una con t = 10 + 20 h.

Parametri influenzanti la penetrazione del C

- Composizione chimica dell'acciaic
- Temperatura di cementazione
- · Durata trattamento
- · Sostanza cementante
- <u>La cementazione è favorita dagli elementi che formano carburi (Cr.</u>
 Mo)
- La cementazione è ostacolata da elementi che formano soluzioni solide (Ni, Si, Al)

Solitamente:

%C < 0.2% (C penetra meglio nel Feγ) %Mn < 0.4 (lo strato cementato diviene fragile)

53

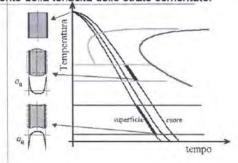
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



La consulorione e cui holtamento de vilene poto require da cui hottamento de volene poto require da le curvo di rollocadamento n' riforixano a no teriori dillocanti

Trattamenti termici post-cementazione

L'indurimento dello strato superficiale cementato si ottiene generalmente mediante tempra (in olio). I pezzi possono quindi subire un rinvenimento di distensione (150-190°C), con un aumento della tenacità dello strato cementato.





55) Se voolis riportarui al diagnouna di stato, auro divene vituorion : la porte ESTERNA, car una maggiore 1/C e la porte MIENVA cou una 7 C MNOTE.

Se volemi volutione A3 per quel material, aurei 2 volori different a recomba di comiderare il nintena superficie o cuore.

· core: LC=0,2%, A3=800°C. · SUPERFICIE: 1-C=017 15, D3 = 727'C.

Care inparta questo moremo di tempra? Duno delle caratteristie coupletamente divene percle auro delle CAMATTERISTICHE OTTITITZATE per un cono e non per e'aemo.

Sicrone voglio avore au moreno de ni ottinitti Tutto il Marociace, duo inequire un processo di coppiatenona.

1- AUSTENITTO A T > A3 CUDIE

2- TEMPRO Questa tempo e sous per de cuore. Dopo aver censulato porto il millena ad una T di austeur 77007/ave sons per il avane del sontema: questo volace di T sarebbe troppo elevato per la superfice e modurable una STRUTTURA GROSSOUNA.

Di querto nos cimeorcupicos percles, a volte del trattavento di tempa per il cuare, n'esegue aucle un mottavento de tempos per la superficie

3 - AUSTENIFICAT > A CFFINATEUA

A - TOTPRO Ho una rivinhollettarious del n'intense cuore

5 - EMPENITUMTO A 100 + 200 C

NITHURATIONE (TIMETAROUTS TOUROCHIMICO) 50

la cerentazione aumenton la "+Cla Nitrurazione ammenta ca " 17000 (N) uel miteria.

la Nithurazione e un mo cerro rocro cun 60 de avirione nel compo di crintenta della Ferrite (500:580°C).

Pono avere più procemi de producaro au alemento della "CN".

NOU voluto il sobo contributo della cenentorione superticiale TIL Otterrei un volore rechiato nel contributo dei vori o stracti. Non voluto il contributo della cenentorione MA un contributo medio.

come nife?

MICRODUREZZA MONA enequita MON sul perzo oraginale MA MICHAEL MASURESALE del perzo non definine ca PMOFONDITA' DI TNATTATENTO.

Sullo serioue tronvende foro delle prove di microdurezza a distauze progressive della superficie esterna.

Ricoro un profilo di Microdurette con un andamento (trevol) M'mule a quello della diretta ris con nguificato della diretta ris con nguificato della

Déficie aux la spossone ettricire care quella sponnare a aux é attribuits un volore di durettra di 550 HV.

Quando il mintena mesenta una durerza luquelle al volone che ha nella zona non interemata dal moremo termochimos,

il n'nteua ha la durezza uguole ella durezza del curare.

550

A distaura x los le sterre consteristace du durerra cle sous present auce vol curre.

l'ellucacia del mottamento chimico ni valenta andonnalo a vedere quali é la spenare di durerta querato dal nationale.

Nitrurazione gassosa

L'agente nitrurante è una miscela di gas di ammoniaca e di azoto

 $NH3 \rightarrow N + 3H$

La Tnitr è compresa fra 500 e 550°C (50h) Lo strato nitrurato comprende:

- $^{\circ}$ una zona di combinazione (5-30 μ m) composta da nitruri γ' Fe4N, duttile, ed ϵ Fe2-3N, fragile
- una zona di diffusione (0.05-0.8 mm) costituita da una soluzione solida interstiziale di N, nella quale precipitano nitruri o carbonitruri di Cr, Al

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Nitrurazione liquida

E' effettuato in sali fusi (cianuri alcalini) a 570°C.

- 4 NaCN + 2 O2 → 4NaOCN
- 4 NaOCN → Na2CO3 + 2NaCN + 2CO + 2N

Si forma:

- zona superficiale (10-20 μm), contenente nitruri tipo ε Fe2-3N
- · zona di diffusione (0.5 mm), simile a quella ottenuta con la nitrurazione gassosa

Nitrurazione ionica

Si introduce l'azoto a partire da ioni in un plasma mediante scarica elettrica (qualche centinaio di V) in un ambiente di N2+NH3 a bassa pressione.



Classificazione e designazione convenzionale degli acciai

Leggere l'acciaio

L'acciaio da costruzione

Come resconascere l'accidino dota la mue SIGLE? PUNTO DIVISTA MOZNATIVO.

Tecnologia dei materiali da costruzione



a nous della Morne cle describavo le cauponizioni e consterintace degliarciai? SI.

NORME DI CARATTERE GENERALE

- •definizioni e classificazioni
 UNI EN 10020 Definizione e
 classificazione dei tipi di acciaio
- sistemi di designazione
 UNI EN 10027 Sistemi di
 designazione degli acciai:
 Designazione alfanumerica o
 numerica

indicornare melle nepodologie an descritore deals acuai semplia



- A. MCHIBASSOLEGATI ho contribugh elevent homo 2057-(olmi autori) dicono co la sonna degli eleventi 05 1/).
- B. ACCALAUTOLEGATT: how elevents > 5.6.

DEFINIZIONE DA UNI EN 10020

Acciai legati Hour volar mosione del linite della hobella.

È considerato come acciaio legato qualsiasi acciaio per il quale almeno un limite indicato nella tabella precedente venga superato anche solo per un elemento.

Convenzione:

- Acciaio bassolegato: nessun elemento al di sopra di 5%
- Acciaio altolegato: almeno un elemento al di sopra di 5%

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Bisoque copulre quell'rous le ce legorie dell'us hui arcion de contrurcone. Nolle voire categorie auno acción dillerenti.

Cosa cuplica la modelivinione? Sulla bore dell'applicatione les ca corrispondenta ha la cafegoria e la caupon tiane chimca.

BONIFICA: TETAMA+ REMUNEUTO (Ferrecció + legant).

DA UNI EN 10020

Classificazione degli acciai per applicazione:

· Uso generale

>di base

di qualità

Speciali da costruzione

>da bonifica

≯autotempranti

>da cementazione

>da nitrurazione

>per molle

>per cuscinetti

· Da utensile

per lavorazioni a freddo

>per lavorazioni a caldo

Rapidi

Inossidabili

>Austenitici

>Ferritici

➤ Martensitici

> Duplex o surer DUPLE X

>PH MECIPITATION FUEDEVING

mean botique.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Wordille de

DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI

in funzione dell'impiego finale

Hozombilita

a) Designazione alfanumerica

b) Designazione numerica (o sequenziale)

Tecnologia dei materiali da costruzione

M sigle TABULTE de damo mancorioure melle macroia de implego dell'acciais.

Puo enere prenente la G = ACCIDIO Ottembo per GETTO.

DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI

in funzione dell'impiego finale

a) Designazione alfanumerica 1 – simbolo che identifica l'impiego

Questo e' solo Ca Prits parte della clonificatione.

S = acciai per impieghi strutturali

P= acciai per impieghi in pressione

L= acciai per tubazione E= acciai per costruzioni meccaniche

B= acciai per cemento armato

Y= acciai per cemento armato precompresso

R= acciai per rotaie

H= acciai ad alta resistenza per imbutitura a freddo

D= acciai per formatura a freddo

T= acciai per banda (per imballaggio)

M= acciai magnetici

Prima del simbolo può essere presente la lettera G per indicare acciaio per getti



lou encuelo (XOR) il 5235, il valore 235 indica il coruca du' Supruamento rivuro, espreno in MPa. Questo e 1 dei netodi au donniticortione dell'arceaux, in humitique dell'impiego l'inolo.

DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI

in funzione dell'impiego finale

Acciaio S235J0 UNI EN 10025

S = acciaio da costruzione

235 = carico unitario di snervamento minimo in N/mm² a 20 °C per spessore

fino a 16 mm

J0 = resilienza minima K_v a 0°C di 27J

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



b) Designazione numerica (0 + complicara . sequenziale)

A • B C D E

A: tipo di lega TIDOGIA FOTENTO LABASE BELLA LEGA

1: Acciai

2: Metalli pesanti escluso l'acciaio , യ'ാഡ് ഡ് റ്റ്റ്റോഗ (ad es. Rame e leghe di Rame)

3: Metalli leggeri

(ad es. Alluminio e leghe di alluminio, Titanio e leghe di Titanio,....)

Fino a 9: altri materiali

BC: gruppo 0 664

DE: tipo DI LEGA

Tecnologia dei materiali da costruzione



A délivire il tipo di lega da examinore. Gli altri volori paro men a coppie. Come capine? Faccions riforments a delle tabelle du correlatione.

Pomopoudere couponizioni o moteriali dillerenti.

Querto é un problema di non facile risolutione re clamifica il materiale in bore de ma irrecció FINAME. Se non hocció riferimento alla corrossitione CHITICA, pono fore ENTORI GROSSICIANI.

Alcune designazioni equivalenti per acciai da costruzione

EN 10027-1	EN10027-2	EU 27->	vecchia horma, la solo
S185	1.0035	Fe 320	lou Fusione ed abbitours una
S235JR	1.0037	Fe 360 B /	magrice panibility du
S235J0	1.0114	Re 360 C	
S235J2G3	1.0116	F 360 D	Abaglione.
S275JR	1.0044	Fe 430 B	
S275J0	1.0143	Fe\430 ¢	
S275J2G3	1.0144	Fe #30 D	
S355JR	1.0045	Fe 510 B	
S355J0	1.0553	Fe 5/10 C	
S355J2G3	1.0570	Fe 510\D	
E295	1.0050	Fe 490 \	
E335	1.0060	Fe/590 \	
E360	1.0070	F# 690	
		1	

Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE

E'walko facile plu glu accuai von legoh MA dob hivano visore le clovrute

attentiani quando ho c+...
In funtare del tenore du c, pomo ancle dore una descritione
per quel tipo du noteriole.

DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI

in funzione della composizione chimica

Acciai non legati (al carbonio):

1. C Moternale cle e' Fe-C

2. % di C x 100 quantitalvas di c. 100.

le clamp corriare e soco fumiliare della componitione chuice

Esempi:

C10 acciaio da carbocementazione

C40, C80, C120

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

(10 NOV 2 10%C

MA 0,1-60

Eperghiadhiacción?

21) ESEMPIO

42 Gr 16 6

(NOW to X PRIVE)

- 42 = 0,927C

Querto topo di clomi ficortione los ao aperte divene pomibilità: Deutro l'acciais po tro avere una vosto scello di Coupon'Abui dillerent.

· Mo> 0,808 % ~ 0,1% e Mo C 0,62

Mo=0,12 e'il volore nomino per poter comi derore quell'elevente vell'acciais nomillato

Per quanto siano in anodo de bruine delle SIGLE DENTIFICATIVE de cura daha componitione, reliene un daha componitione.

1/CR = 1,5 % rapohebbe evere 1,2 +2-6.

"Il ushallurgista non e un formaciste".

Emeforibile settle fore referencemb and una signs cle dia informationi mella correstitore CHITICLE: aura 11-applicationi della certali.

ACCIAIO iNOX 1 SUTISISTICO O resintente de lusco)

"ACCIAIO INDIA HS CHIPONITADUR Chimos (descrutable dell'orcionio.
Ho HS + a mureri reparatida 1 mottuno (-) de indicamo de a percentuale di 10, 170, 1, co

DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI in funzione della composizione chimica

Il caso particolare: gli acciai rapidi

- 1. HS HIGH SPEED (STEEL) HSS
- 2. Numeri indicanti la % di W, Mo, V, Co (in questo ordine) separati da un trattino

HS 18-0-1: acciaio rapido 18% W, 1% V

の。キャン C Vecchia equivalenza: X78WV18.1KU

Tecnologia dei materiali da costruzione

VRICHUA EQUIVALOURA Marco ACTIS GRANDE

Melodo au complicazione di un acciaio autoleante. Ku: acciaio de utenia recapplicazione ropida.



Si possono considerare 5 grandi categorie di acciai

Clarificazione dillerente dalla Macca tegaria

- ·acciai da costruzione di uso generale;
- ·acciai speciali da costruzione;
- ·acciai da utensili;
- ·acciai per usi particolari;
- ·acciai inossidabili.

Simile alla Clambicatione per applicatione de averag riscra-- estegorie (solo quella mox remove uquele au).

ande don'thattone countolerore?
MONETSISTE UNE CAUSIFICATIONE UNIVOCE, COURTE .

Quando delimbro una unava applicazione: mono cotegoria.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Dove sous glu accidi everteuritar? Neafraccioni de costrurione o viteur vi?



lu funtione del mottamento reruico la clei valon di u cle vornano in bore alla triviento cle reque il mottamento reruico. Inalpre la clei lottori di corretione della talegli elemento cle serve per modificore l'influenta ai una determitmata lega.

R = Ro + R MATARENTO + R FUNTIONE

Ad esempio:

R = 300+ n 1000 %C + 100 (%Si - 0.30) + 150 (%Mn-%C)+ 40 %Ni + 150 %Cr + 300 %Mo + 700 %V + 50 %AI

Con:

n = 1 Trinv = 600°C n = 2.3 Trinv = 450°C n = 3.8 Trinv = 200°C n = 4 Trinv = 150°C

Tecnologia dei materiali da costruzione

Philiapoli coupontificui chullicle unate vegliaratordo con mutione

ALTEL : quantita & a quella degli ali element

Altre composizioni chimiche

%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	(altri)	
0.22	1.60	0.50	0.30	0.60	V,Mo	Norm.
0.20	1.00	0.35	0.35	0.65	V, Mo	Bon.
0.12	1.70	0.35	0.30	0.50	Nb,V	HSLA
0.12	0.50	0.70	1.25	0.65	Cu	Corten
0.19	1.25	0.30	0.65	-	V,Cu	Corten

%S < 0.02 %P < 0.02

Cosa sous quest voui!

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

- BON: Memo an everative in holo boursears

Questi moni indicamo la stato di formitura e le conottensivele dell'acciaia.



Quell rous le conditioni revanere l'accasio corten suropsessivente? exorten non m'apporta rempre con.

Se non n'horna los hors pominante o reviere eliminoto, il Content mangrita corre il Ferroccio e ma correde.

A. RIVESTITEUTO PROTETIVO MUIS CLE niformillo ntrato essessure: damaggio in modo irreporabile e omba e à Conten nicorporte care un Forracció.

La formazione del film superficiale passivante avviene però solo in presenza di determinate condizioni ambientali quali:

>esposizione all'atmosfera;

>alternanza di cicli di bagnamento-asciugamento;

>assenza di ristagni e/o contatti permanenti con acqua.

In caso contrario il film protettivo non si forma e l'acciaio COR-TEN si comporta come un comune acciaio al carbonio.

Di solito il film protettivo non si forma quando:

A >ristagni di acqua,

- g >ambienti con cloruri o in presenza di acqua di mare. I cloruri tendono a non formare un film protettivo;
- c >schermature;
- >applicazioni di pitture o cere protettive subito dopo l'esposizione del corten all'atmosfera cioè prima della formazione e crescita del film passivante Tali rivestimenti impediscono la formazione del film.

Solitamente utilizzato in interventi di carpenteria di tipo pesante o per la realizzazione di sculture, ha trovato di recente applicazione in architettura nella realizzazione di profili per serramenti dotati di tecnologia a taglio termico.

Dove applicatio?

- Sculture

- SENSMENTI

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

A.B hours diverse componitioni chimicle veutre che un increvento sostautible delle conotteristicle recconicle.

A-TIPOS: Sous i revier realizatio, arcisio ac FOSFORO, prende remistre di più aslu aslut atuanforial - busua applicabilità per cum MCHITETTOUTET TO MON STRUTURSCI (percle 100 remistre alle teusiani)

Esistono tre tipi di acciaio COR-TEN:

COR-TEN tipo A: comunemente denominato al P, viene utilizzato per applicazioni architettoniche. Ha una resistenza agli agenti atmosferici da 5 a 8 volte quella dell'acciaio al carbonio;

COR-TEN tipo B. comunemente denominato al V, viene utilizzato per strutture fortemente sollecitate. Ha una resistenza agli agenti atmosferici di circa 4 volte quella dell'acciaio al carbonio

COR-TEN tipo C: viene utilizzato per strutture fortemente sollecitate. Ha una resistenza agli agenti atmosferici di circa 4 volte quella dell'acciaio al carbonio.

TIPOB: ACCIA (WATER AL VANADIO, ho was ren'ntenta necconica > 600 Mgs the BUOVA DUTTULTA).

les le ma renove resistente agli agent atauxono. (cle pero e rempe maggiore duquella del ferraccio).

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE 8

TIPOC Acciais per ano shuttarale per le shutture forteuente Sollecitate reccarrica mente.

hauns Ni = Ce 39 Ni Uz Ho3 39 Cr N: 163 o la Hema occittura.

Mare aveni 0,87 Ni e 0,7 Cz, per noi e'lo sterra quautito percle non potrei discriminare la componisione chimica.

N.B. Ho degli internalli di composizione

K = TENACITA"

Si possono considerare in questo gruppo:

- · acciai da bonifica
- · acciai da nitrurazione
- · acciai da cementazione
- · acciai per molle
- acciai autotempranti
- · acciai speciali per cuscinetti a rotolamento
- · acciai per funi
- · acciai per particolari applicazioni
- acciai maraging

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Aciaio usolodos il hottavoulo di soviFici (Terpret Rimerinenzo CALATTERISTICHE:

Motoride tempato e rimenato, modifico le me manieta in lumitiono del prottamento di rimerimento.

Acciai da bonifica

Sono adatti a sopportare sforzi, urti e vibrazioni. I valori massimi degli elementi di lega sono: 0.2<%C<0.6

%Mn< 1,65

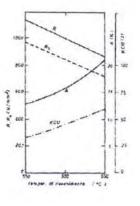
%Ni < 4.2

%Cr < 2,2

%Mo< 0,6

%V<0.35

- CTUBIL LATURE LIBRUAT ATURNUA
- DITIUDISCE IL CALLO A SUPERIMENTO (POTUMA
- BUPENT A L'ALWINGEMENTO ANOTUNA E LA DUTTULLA





Acciai da cementazione

Sono sottoposti al trattamento termochimico, seguito da una tempra ed un rinvenimento a 150°C.

Il tenore di C è basso sia per avere una buona cementazione, che per avere una elevata tenacità nel cuore

%C < 0.2 %Mn < 2 %Ni < 5 %Cr < 2 %Mo < 0.5

C Mn Cr Ni Mo C10 0.1 0.50 (15 0.15 0.50 16MnCr5 0.16 1.15 18CrMo4 0.18 0.75 0.20 12NiCr3 0.12 0.45 0.55 0.65 16CrNi4 0.16 0.85 0.95 0.95 16NiCrMo2 0.16 0.80 0.50 0.55 0.20 16NiCrMo12 0.16 0.55 0.95 2.95 0.35

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



MOUS: elevolo cosico a severuamento, la delocuazione avviene quan rempe in campo elantico.

cono fore? Annou lo in modo nontamiquole la 1/50 o combino la merenta del si con almi elevent.

Acciai per molle

Si distinguono dagli altri acciai per l'elevato valore di Rs, ottenuto agendo sia sulla composizione chimica che sulla temperatura di rinvenimento (400-450°C invece di 600°C).

Nel caso degli acciai non legati si utilizzano tenori di C piuttosto elevati, mentre nel caso degli acciai legati il tenore di C è inferiore, con valori più elevati di Si e Mn. (<2%)

%C %Mn %Si %Cr R [MPa] C55 0.55 0.75 0.30 610 C100 1.00 0.50 0.30 690 48Si7 0.47 0.65 1.75 1110 52SiCrNi5 0.52 0.80 1.35 0.85 1220 quest'ultimo con Ni=0.6 e Mo=0.2

Con un surento della 15: (o di almi eleventi), annenta il como a suozuamento.

Tecnologia dei materiali da costruzione

R CSS Va bene Ma de SZSICZNIS ETRECTO PENCLE lua lu volare di R DOPPIO

Acciai speciali da costruzione per particolari applicazioni

Si ricordano gli acciai per lavorazioni ad elevata velocità, con percentuali notevoli di S oppure con un contenuto non trascurabile di Pb

	%C	%Mn	%Si	%S	%P
10S22	0.10	0.70	0.30	0.22	0.05
35SMn10	0.35	1.50	0.25	0.10	0.02
35SMnPb	0.35	1.50	0.25	0.10	0.02

ACCIDI TANDONO: acciai con : EC COIN "1ficondando de le 913 è le volore nombro di C solubile volla Perrite.

Marco ACTIS GRANDE

Tecnologia dei materiali da costruzione ACCIAIO = Fe + C (WOK 0,03-1)

l'arcidio car gos/20 e'un arciais con poco carsouro de ha una STRUTTURA MARTEUSITICA CO, imece de avere la relicado temagando a corpo centrato, e ccc: ranteusite suorua.

CAPATERISTICHE RECONICHE:

· BY N BROTULL

BUDDE CHATTELISTICHE DI TENACITA'

· DUMETTABLESSA

Acciai speciali da costruzione con elevatissime caratteristiche

Acciai maraging

- Non è necessaria la presenza del C, anzi è dannosa (%C<0.03)
- Σ El < 30%

17<%Ni<25

3<%Mo<5

7<%Co<9

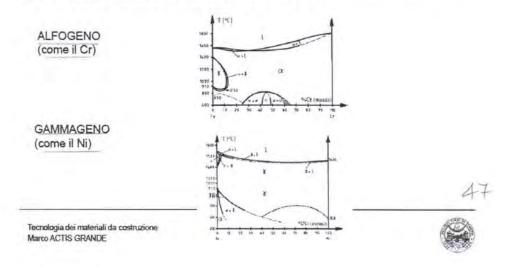
in più si hanno Ti ed Al

- · La trasformazione martensitica avviene anche in condizioni isoterme
- · La martensite ha un reticolo CCC
- La durezza HRC≅30 (invece di 45)
- · La tenacità è ottima
- La struttura resta invariata fino a circa 500°C
- Sono sottoposte al processo di invecchiamento della martensite (Martensite Ageing)
- Si ottiene un rapporto Rs/Rm prossimo ad 1

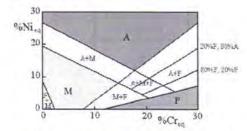
Coue si otti une? Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE con una compositione chi unca can componenti leganti del ACCIDIO ALTOLEGATO. le Ni madhle una steutum Gertrobera. Se I Ni AUREUTA, SUREUTA il ferrore di Austruite

Acciai inossidabili

Sono delle leghe a base di ferro resistenti ad un gran numero di ambienti corrosivi, in un campo esteso di temperatura. L'elemento indispensabile perché un acciaio sia inossidabile è il Criche deve essere presente almeno con un tenore minimo del 12%. Gli elementi di lega hanno una influenza sulla struttura di tipo:



Si può utilizzare il diagramma di Schaeffler (valido per le leghe dopo solidificazione), che permette di determinare la microstruttura dominante, nota la composizione chimica e la velocità di raffreddamento.



Questi acciai vengono usualmente classificati in base alla microstruttura e, spesso, viene per essi utilizzata la designazione americana AISI.

Serie 400: acciai inossidabili ferritici e martensitici Serie 300: acciai inossidabili austenitici 48



Casa nicode tradificando gli aleventi leganti?

- . 1/cr > 12 " goran tirce diavere un accionio Mox
- · 60 altri devent inpottano mele Consteristicle strutturali.

como pomo capine auxa nhuttura ottempo?

48) RETORD SCHEAFFLER

El pomibile provedere la microshuttura rimetante in functione della compositione chimica esperson in croro e NICKEZ EQUINAMENTE (Greg, Nieg).

Male formele, d'anni elevent alfageni a gamageni nous computati in bare al loro nero e marformotrin creg, vieg.

Questo displanna vole ancle per 16 Ce < 127 Ms la ma Volidita noi e precisa.

Se uno Scheoffler ottemps una previndue mule accidire. Refeado de Clomiticatione divenso de quella vinto preva.

Mancho con con al' mox nou n'ha responsant alle mecedenti Clamphariani (x...) tra alla cuscificatione AIII (serie 300, 400) done nou man nomen unero all'accionio Dupiex:

ASO ACCIAI INCCSIBABILI MANTOUSITICI

Onchi none le dillereure ha accasio Austeuritico, MANTOURITICO ?

AURaumo una differente componitione.

la compositione traviensitios:

- · PIÚ PORFORTANTE PER LE COURCO a sucrubuseulo
- . 1 cr vel livite
- · 1. c now moscurabile
- · House A1, A3

Questo acarai modificamo le loro carotterinto de neccamicle mediante mottamento hermico.

andinaro le conotterinade di moltamento par adequate per l'acciaro?

sons ancle huntione dell'applicatione finale

PROBLETA: - 1/A, ALLUNGAMENTI MEDIO; BASSI (10:15%)

- 6R 16Re

- By 600 MPa

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 241 di 584

Veugaus unot alle alte T peule von haurs A1, A3 e nou modu cous

CONFINANTO QUARTORISTIC RE COOPSI FLOURCE INOX FERRITICO E TOR TENSITICO:

· Stems Teure Ce

produce una struttura forribra e non marteur noo:

- Gyebr ZZ Brancousitici

Acciai inossidabili ferritici (non hanno A3 ed A1, e non sono induribili per tempra)

Il rischio maggiore è l'ingrossamento del grano.
Per 400°C< T< 600°C si ha la fragilità al rinvenimento
per 550°C< T< 850°C si ha la precipitazione di fase σ
Possono essere sottoposti a ricottura (per migliorare resistenza meccanica ed alla
corrosione) ed a ricristallizzazione

Tipo AIS1	%C %Cr		Altri elementi	R, [MPa]	R _m [MPa]	A%	
405	0.06	13	A1 = 0.20%	230	450-600	20	
430	0.08	17		250	450-650	18	
446	0.16	26	N ≤ 0.25%	280	500-700	15	

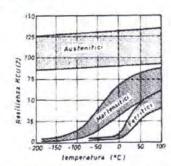
· Overharcian VANNO BONE ando ALTET.

. NOU varma bene a BASSET per la presentar di ferranemi ou transitione DUTILE: FRAGILE (Malto print a coentrado)

> Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Impiego a basse temperature



La temperatura di transizione (piuttosto elevata) può essere abbassata diminuendo il tenore degli elementi interstiziali (C+N)

Impiego ad elevate temperature

Gli acciai ferritici hanno una elevata resistenza all'ossidazione (crescente al crescere della %Cr). L'AISI 446 può resistere fino a 1100°C

Tecnologia dei materiali da costruzione

Veugaro und ourle a T >1000°C, in funtione della "i Cr:

1 M26610le e "1-Cr e M26610le e la ren'steura all'omidatione.

Acciai inossidabili austeno ferritici

Rispetto agli austenitici: Elevate caratteristiche meccaniche Miglior comportamento a corrosione sotto sforzo e per pitting

Suddivisi in due gruppi in relazione alla resistenza a corrosione: PRE = %Cr + 3.3(%Mo + 0.5%W) + 16%N

SUPERDUPLEX se PRE > 40
 DUPLEX standard (35 < PRE < 39)
 DUPLEX senza molibdeno (PRE » 25)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



ACCIAIO	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	N	ALTRO	PRE
(LOS SELECTION)	D.03	21-23	4.5-6.5	2.5-3.5	max.	max	0.08-0.2	1	30 53- 37.75
ASTM AB90 4A JUNS (B2205)	0.03 max	21-23.5	4.5-6.5	2.5-3.5	1.5 mex	T miaz	0.14-0.20	Cu I max	31.49 38.25
ASTM A182 F53 (UPS 532750)	0.03 max	74-76	6-9	3-5	1.2 max	0.8 max	0.24-0.32	4	37.74 47.62
ASTM A890 SA (UNS 893404)	0.03 max	24-26	6-8	4-5	1.5 mex	8.0 #/m	0.1-0.30	.4	38.8- 47.3
ASTM A182 F55 (UNS 532760)	0.03 max.	24-28	6-8	3-4	T.O.	10 max	0.26-0.30	Cu 0.5-1.0 W 0.5-1.0	37.93 45.65
ASTM A890 BA (UNS £93380)	0.03	24-28	65-85	3-4	7.0 max.	1.0	0.20-0.30	Cu 0.5-1.0 W 0,2-0.3	37.4

Settori di applicazione:

Industria della carta Settore Oil and Gas Industria chimica e petrolchimica Settore alimentare Settore energetico Settore dei trasporti

Più in generale impiegati negli ambienti laddove richiesta una buona resistenza ad ambienti aggressivi unita ad una buona resistenza meccanica

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



56

56) Perchi le ntrutture CFF-strone nouvole più pericolose?

Perchi le prattaforme nouvo le prin pericolore?

· influenzate del controtto con l'acqua di more

· sucorati in profondito (± Mobili).

MOSIOTA: Howe autiente solima con clarura di Sadia ed ha un ecremente cicci Berneto lescoutit, nituatione peggiore per la consonane perde vengano neupre garantite le constittani al nombre trasporto degli 10n1, in più la schrelletti (vento...)

Deus internemine mi moteriali: non uno ce Ferrarcia ma lectre di Accinio Dupiex (o miperatuplex) + remestrano.

37) Oudurance le parmibilité re vaglice operane a T c 0°C 0 a TETEULTE?
Ho 2 différent reccomison di rottura.

· ABASSET (TCO'C)

Devo verificare qualitation gheoliarcian de hours Co TRANSIFICARE DUTTILE: FRAGILE E NON USARLI.

Dave dono Caronare).

Durante l'Inverso in Mariane : Mare o a cartotto con Azoto LIQUIDO, vas pomo penerone du unone un accionio de C
SPMICANSONATO.

· A ALTE T (+ 550°C)

Il noccamismo di rottura e le conotteristicle neccamicle da Considerare non qualle riferite alla sconzurento viscoso (map) del moteriale + assissacione, do puro incidere muche conotteristicle neccamide del moteriale.

E'uportante sopre con la corronave modifica le conotterent vole necessaries del moteriale themo.

Se l'oni doziare focia in corronoure ponoavere dei problem.

la fruttique della T preventa per l'applicatione, auro'dei un terioli + performanti.

ACCIAI MOX nous quegliacción cle veglio nodounhamo alcune Origente degliacción peraphlicotioni nhutturali (PONTI, FORMI...)

Binoqua avere aucle la renneura agli Weersi.

Tradizionalmente l'acciaio inossidabile viene impiegato per la sua capacità di resistere alla corrosione, per le sue doti di igienicità ed in generale per la sua attitudine a mantenersi inalterato nel tempo.

Sono sempre più numerose le applicazioni in cui l'inox è sfruttato per applicazioni strutturali, per cui viene visto come materiale che resiste anche alla corrosione. Nel settore edile si possono citare, ad esempio, le barre ad aderenza migliorata per cemento armato, le zanche di ancoraggio per le facciate, i sistemi di fissaggio in genere, le canne fumarie autoportanti, gli elementi per interventi di restauro, componenti strutturali in genere, parti di facciate.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE







Acciau mossicabile unitzzato per trimit e per le lame ch sostegno delle lastre di magnoramento nella banca Popolare di Losfi.



Automaga e profili di sostegno di un tampomenento "ii empolio" enegato con laine di marmo.



Poote di Bassano per il comolidamento dei verchi pilastri di soviegno si sono miliazzate tame into ad aderenza miglioriati.

Tecnologia dei materiali da costruzione
Marco ACTIS GRANDE

30

Perch qui mor nous unots? Quali nous le differente con gle accional Fe-C?

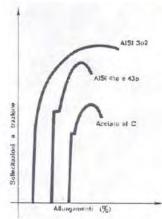
· Marciais di bose ho una trassione seportasilità a rottura, formisce una maggiore mourezza nulle conottorist cae di remoteura elle sollecitotioni

LITTITE INOX: ho rudoth condu de reservante o rottura, de peró posso troste cape intervenendo con delle peroruszioni pastiche rul hoberiale: incruairento Inox materiale antisismico: perché

E' noto che gli acciai inossidabili, in particolare quelli a struttura austenitica, sono caratterizzati da un'elevata formabilità, in virtù di una notevole capacità di allungarsi prima di arrivare a rottura.

Diagramma sforzo-deformazione di un acciaio inox al cromo nichel (AISI 302), di un acciaio inox ferritico (AISI 430) o martensitico (AISI 410), e di un acciaio al carbonio:

Ovviamente tale capacità di allungamento diminuisce per effetto dell'incrudimento del materiale, ma le risorse dell'inox, rispetto a quelle di un acciaio al carbonio, rimangono comunque tali da consentire ancora notevoli deformazioni



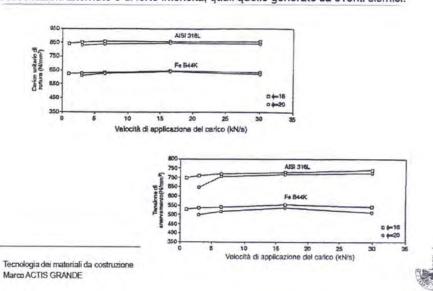
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Confranto Max e FeB44K

6 p. 0 6 y, con velocité au applicatione del correct, quent del 50 % in pint voll'acciais MOX AISI

Valutazione del comportamento di acciaio inossidabile austenitico per barre ad aderenza migliorata, confrontato con il convenzionale Fe B 44 K, in presenza di sollecitazioni alternate e di forte intensità, quali quelle generate da eventi sismici:



L'acciair e i materiali moballuci non remolaura boure alle altet!

E'meglio forbi in ceranica? SI, MA non possura controllare tom I DIFETTI

L'inertha ternica dell'acciano may alle aetet e > dell'acciana e c

INOX > MERZIA e > a respetto acciana per C

Pleces bound un comportamento miglione?

La resistenza al fuoco

Tra i possibili effetti collaterali ad un evento sismico, esiste sicuramente quello della nascita di incendi.

Qual è il comportamento dell'acciaio inossidabile quando sia sottoposto alle elevate temperature?

In primo luogo occorre rilevare che l'inox della serie austenitica (tipo 1.4301, AISI 304) conduce poco il calore, come si può vedere dai dati in tabella 2; di conseguenza, a parità di dimensioni e di geometria, un elemento di acciaio inossidabile avrà un'inerzia termica superiore rispetto a quella di uno in acciaio al carbonio.

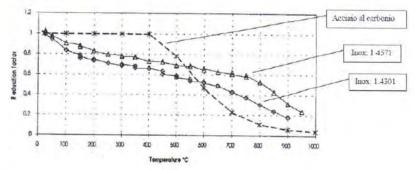
Sempre per la serie austenitica, è anche vero che il coefficiente di dilatazione è maggiore rispetto a quello dell'acciaio al carbonio. Quindi le deformazioni dovute all'alterazione termica saranno sensibilmente più elevate.

Tecnologia dei materiali da costruzione

· Se quardians and is noterial rende le propriété a 7 250.

· Pero, a T>500°C, l'accionio mor los un degrado delle conotteristrole noccounde inferiore dell'accionio el C.

l'acciaio Mox austenitico ha aucaro il 50 i del Idae miriole olla Penistaura neccamica, neutre l'acciono el c ho volore > &.



E' piuttosto evidente come la perdita di resistenza meccanica dell'inox, per temperature superiori ai 500°C, sia inferiore a quella dell'acciaio al carbonio. E' inoltre da rimarcare che alle più alte temperature, 800 °C circa, mentre l'acciaio al carbonio ha esaurito le sue risorse meccaniche, l'inox mantiene ancora circa il 50% della sua resistenza iniziale.



FILE 6 Rame e leghe di rame

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



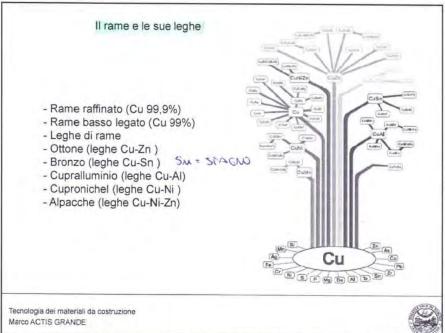
peusitra' pare > accusio, è pui resante tra pri resistente acua corrosione percli le Cuni sutopassiva nenta inhodurre proppi eleventi in lega Vi ève unoto melle coperture, foccuore, - for levente roggette alle artiqui don audient

TELLIONE, CU C TELECCALO

- · Elevata conducibilità elettrica e termica
- · Elevata resistenza alla corrosione
- Facilità nell' entrare in lega con altri elementi dando vita a numerosi materiali dotati di una vasta gamma di proprietà
- Possibilità di effettuare deformazioni plastiche di elevata entità sia a caldo che a freddo
- · Elevate caratteristiche meccaniche
- Possibilità di effettuare processi di elettrodeposizione
- Possibilità di effettuare processi di brasatura o saldatura
- Possibilità di ottenere una vasta gamma di colorazioni

Nome rame Simbolo Cu Numero atomico Serie chimica Metalli di transizione Densità 8920 kg/m³ +1 (ione rameoso) Stati di ossidazione +2 (ione rameico) Struttura cristallina cubica a facce centrate Stato a temperatura ambiente solido (diamagnetico) Punto di fusione 1357,6 K (1084,6°C) Punto di ebollizione 2840 K (2567,2 °C) Elettronegatività 1,9 (Scala di Pauling) Calore specifico 380 J/(kgK) Conducibilità elettrica 59.6-10°/(mΩ) Conducibilità termica 390 W/(mK)





Il same viel undo per le me ECEULTE CARATELISTICHE ETETIZICHE e recuiche, nouto

le notesiale puro presenta un tenas sidatto di ossibero, elevento ele insquerie inporta rullo cardincipalito elettrico del notesida.

Rame raffinato

Duando ladio applicalo per candutiare, la 10 C 0,11. come offerere "40 c on 2?

- Oxygen free copper Cu-OF (oxigen free)
- Rame dissossidato con femoni diversi di Fosforo

 a basso tenore residuo di fosforo Cu-DLP
 - (deoxydised low phosphorus)
 - · ad elevato tenore residuo di fosforo Cu-DHP (deoxydised high phosphorus)
- Rame contenente ossigeno
 - Eletrolitic tough pitch copper (ETP)
 - Fire refined tough pitch copper high conductivity (Cu-FRHC)
 - Fire refined tough pitch copper (Cu-FRTC)

Variano, i mottamenti da apreviore per ottenere il moteriole e voria il costo del moteriale.



3) OTTOKE

rans e qual materiale can diverni tenor di O demo interno.

il tempre di tu de pura evere contembo dentra al es trave serra generale altre persone altre persone al esta de la contembo dentra al esta de contembo dentra de contembo de contembo dentra de contembo dentra de contembo de contembo dentra de contembo de contemb

l'Ottans è una lega ravotasier car 127301 pende il Zu forma renta problemi une rolutione solido col Cu.

10) OTTOUR MONOFASICO X A TANS quento limbre diminuisce e las leghe Zu-au manoforicle De la 1-74 C33-2, agrudo la panibilito de fore i moltamenti.

DITIONISPECULU

· Pb maubo, '6 Pb > 4'L

. Hous clevent de anentars la rententa a corranare.

OTTOUR BIFASICI d+B = OTTOURHISTI

Con 12 74 > 30; 062, otherse ad also become di fu.

- · le moteriale ha delle magnieto recrounde ai bore MIGLIDEL Mus € MINO DEFORTASILE A FREDIDO, bisaqua notto por lo a mottavanti a coldo.
- · Ha ren'heure a corronoue or more ruspetto all'ottone a bono leuore di zinco.

OTONIBINANI PER TORNERIA

Dumento le 6 degliochii clurchi legant, cone il pionto, rende?

IR PIOTES DURENTA LA LAUSSILITA / DE FOTUSILITA del moteriole

Tra hodei problemi.

R costo dell'ottane è functione deall element degant (7) present.

· un ottane con le 527 à di Pb costera di veno percle la passo
moderne can processi pri repisi, abbotts à costo me home
prodotts ce enette Pb.

Dove unone gli Ottorii? TUBATURE Oridié ilproblema del priambo regli OTTONI?

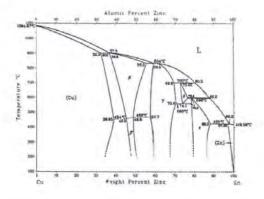
WBEVILLO - UNCORDEND

- INFENTILITA

Vagliano avere un noteriale lavorabile Ms, Mertere a contotto con l'acque la puo aigninare.

Ottoni

Sono leghe Cu-Zn. Il loro largo impiego, sono le leghe di rame probabilmente più diffuse, è dovuto alle elevate caratteristiche meccaniche unitamente alla buona resistenza alla corrosione e lavorabilità.



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Ottoni

- Ottoni monofasici α: hanno un contenuto di Zn compreso tra 4 e il 33%; sono facilmente deformabili a freddo e meno a caldo, specialmente nel caso in cui siano presenti delle impurezze.
- Ottoni bifasici α + β o ottoni misti: contengono un tenore di Zn tra il 34 e il 46% di Zn. Sono facilmente deformabili a caldo e meno facilmente a freddo. Gli ottoni misti, per la presenza di due fasi, sono più soggetti a fenomeni di corrosione elettrochimica rispetto agli ottoni monofasici α .
- Ottoni binari per torneria: viene aggiunto Pb in lega con tenore variabile dall' 1,5 al 4%. Essi sono generalmente utilizzati per torneria e per stampaggio.
- Ottoni speciali: sono ottoni contenenti altri elementi aggiunti in lega per migliorare la resistenza a corrosione o le proprietà meccaniche.
 Possono venire così aggiunti Mn, Fe, Sn, Al o Ni.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



10

Altre leghe di rame

- CUPRALLUMINI: contengono un tenore di Al dal 6 al 12%. Trovano applicazione nei casi in cui siano richieste buone caratteristiche meccaniche unitamente ad elevata resistenza alla corrosione o all'erosione.
- CUPRONICKEL: sono leghe Cu-Ni, con un tenore di Ni compreso tra il 10 e il 30%. Presentano elevata resistenza alla corrosione e all'erosione anche in acque marine. L'aggiunta di 1-2% di ferro e manganese migliora la loro resistenza all'erosione. La lega al 25% Ni è utilizzata in diversi paesi per monetazione.
- BRONZI AL BERILLIO: sono leghe suscettibili a trattamento di invecchiamento il quale permette l'ottenimento di caratteristiche meccaniche molto elevate, superiori ad ogni altra lega di rame e tali da competere con molti acciai legati, ai quali si possono sostituire in particolari applicazioni.
- ALPACCHE O LEGHE BIANCHE: sono leghe terziarie Cu-Ni-Zn con un tenore di rame del 50-60%, zinco del 15-30% e nichel del 10-30%.
 Presentano elevate caratteristiche di plasticità e resistenza alla corrosione;per il loro colore argenteo sono state spesso utilizzate per posateria e vasellame.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



rou doude duretho

Visto il 60017 dei 10/15 anni dell'exilitia conere, « dei moteri di controllo e mos porto del requele nelle autoretture, il cu e cun suon surveriole per trestrette il reguele: il presso del cu e xxo neophratrum'anni. Il beste di vane hamo porticolori conotteristica di sutto (600177271000, importante, per le appensationi di tatti i giorni.

Rottami

I rottami di rame possono essere catalogati in quattro tipologie secondo il contenuto di rame:

- rifiuti a basso tenore di rame;
- rottami di leghe: rappresenta la maggior percentuale del materiale riciclato; sono costituiti da ottone, bronzo e cupronichel, provenienti sia da fasi di fabbricazione del metallo sia da prodotti e attrezzature scartate;
- rottami ad elevato tenore di rame puro ma sono contaminati da altri materiali (esempio i metalli usati nei rivestimenti, saldature o giunzioni);
- rottami di qualità, richiedono solamente la fusione e la colata. Questi rottami provengono da rifiuti di fabbricazione (esempio barre, fili scoperti, stampi) e sono fusi e colati come lingotti di rame o leghe in bronzo o ottone.



15) TRATTAPENTI TECHICI

1264 DINATE:

· FACILITEUTE BEFORTUSHUE, OK,

· NOW HA FLEWATE CANATIONISTICHE DI RESISTEUTA, mar má bene r Ce applicationi nhue Hanoli.

Care offeres le abrote conofferint ile reclamicle?

. processi du deformatione plantice mocessi du mottomento terrilos

nomous usos e' <u>nocustreurs</u> per precipitatione, de la venta usoto per gluacciai.

Cora rejurção?

Chrando ho un nintona all'interno del Fe C

quale lus della modificale di nhuntiura

al vocione della T (modificale nontauriali)...

of homino 0,03-1 a 727°C:

querto volare non e river entre per l'annento

delle maphieta nercanicle negli acciai shoudard.

la ghantità della robribilità del notoriale an voria mallo della The alla Tai reottare putettoidica/entettica; pormano internenire su questo aspetto.

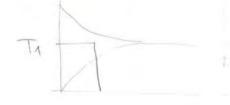
Partendo della lega: Récettura e novue 17727 lave, rempre Minnettando il diagnamia di ntoto.

c. Pincoloro il minterra frue alla t alla quale lua un curro propofasico (B), il modifica la polubilità del noluto nel solvente.

D. - Ego evere in (D) forcio un rollheddamento respros,
NOU sono nol rispetto del diognamma du nhoho tris momo
in conditioni di Socutione soursestura = non ho
doto tempo de mintena di compuere le rectioni.

Ottemps un products can devote recisionne reconside.

Poi prio un hottavento perissa TeTI.



L'ARSIENTE (città o Manhague).

Il cu é facilmente attaccabile est ha favouenidicorronous importants.

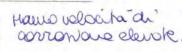
Corrosione

E' il processo per il quale un metallo o una lega vengono trasformati dallo stato metallico ad uno stato combinato (ossido) per interazione con l'ambiente esterno.

Il rame e le sue leghe sono note per avere una elevata resistenza a corrosione (anche in svariati tipi di soluzioni saline, alcaline e con molte sostanze chimiche organiche)

Il rame però va incontro a rapida corrosione nei seguenti ambienti:

- acidi ossidanti
- sali ossidanti di metalli pesanti
- solfuri e solfati
- ammoniaca



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Resistenza alla corrosione del Rame e delle sue leghe

L'elevata resistenza a corrosione del rame è principalmente legata alla formazione di uno strato aderente di ossido Cu2O

Alcuni elementi, quali alluminio, stagno e nichel influenzano la velocità di corrosione interferendo con le cinetica di reazione



RIDUZIONE DELLA VELOCITA' DI CORROSIONE

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



10

Processi di colata

I processi di colata permettono di produrre, in modo economico, componenti con geometria o dimensioni difficili da ottenere mediante deformazione o asportazione di truciolo. Poiché il rame puro è estremamente difficile da colare a causa della tendenza alla formazione di fratture superficiali, cavità interne o porosità, vengono aggiunti in lega altri elementi quali Sn, Zn, Be, Si, Ni e Cr.

- I processi maggiormente utilizzati sono:
- Colata in sabbia
- Colata in conchiglia
- Pressocolata
- Colata centrifuga
- Colata con stampo in gesso
- Colata in cera persa

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Processi di deformazione plastica

L'elevata duttilità del rame e delle sue leghe rende possibile diversi processi di deformazione plastica, quali:

- ☐ Estrusione
- ☐ Trafilatura
- ☐ Laminazione
- ☐ Imbutitura



Applicazioni

Trasporti

Oggigiorno automobili, aerei, treni ad alta velocità, sottomarini, macchine per movimento terra, tram o filobus ma anche space-shuttle dipendono dal rame. E la

domanda è stata sempre crescente. Si consideri ad esempio l'automobile: nel 1948, una utilitaria conteneva solamente 55 cavi con una lunghezza media di 45 metri.

Grazie ai continui miglioramenti nell'elettronica e all'aggiunta di accessori,oggi una automobile di medie dimensioni contiene circa 22,5 Kg di rame, di cui 18Kg solo per i componenti elettrici, mentre una macchina di lusso contiene circa 1500 cavi per un totale di 1,6 Km.



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Applicazioni

Agricoltura

Un suolo ricco in rame permette di ottenere coltivazioni sane e rigogliose, soprattutto di frutta e cereali. Ma quando i raccolti sono poveri in rame, gli animali che si nutrono di questi non crescono così bene e possono diventare infertili. Fortunatamente la carenza di rame può essere corretta con i supplementi.



Architettura / EDILITUA

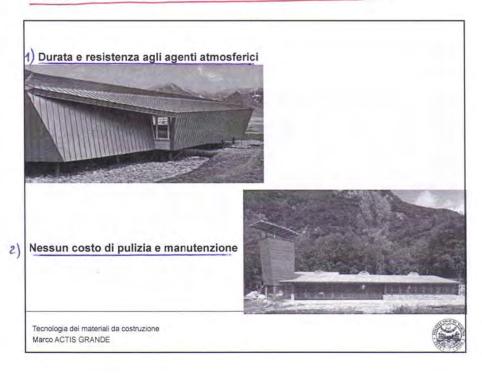
Il rame è impiegato per eseguire tetti e coperture, gronde, scossaline, pluviali ed altri elementi di lattoneria. Questo metallo è apprezzato per il suo colore, che cambia nel

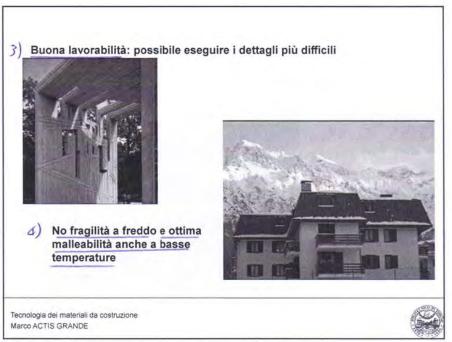
tempo se esposto agli agenti atmosferici: prima imbrunisce, fino a diventare marrone scuro, poi con l'ossidazione diventa gradualmente verde. Ma è anche utilizzato per

maniglie, pomelli, lavandini, sistema anti-incendio e altre finiture di arredamento.



CANATTERISTICHE DEL NAME DER LE COPERTURE :





Perce nou ha formeri di fragilità a freddo?

Ho la cella uninfolhina CFC senza problemi di transizione dutire-fragit



Il Pantheon (Il sec d.C.) era ricoperto di tegole in bronzo dorato. Le tegole sopra il pronao sono state rimosse nel XVII sec., cioè dopo 1500 anni!

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Qualità la valocità di corrona e la copentare (e vola altre applicationi), des valocità di corronave.

Quali sous le valocità di corroni ave? +

Vc = 9.1 : 1.4 mm sours, per fore 1 mm servaus 1000 anni.

La perdita di spessore di lastre di rame è stata misurata dall'ASTM in "tempo reale" (20 anni).

+ Perdita di spessore della lega C11000 = VELOCITA DI CONTOSIONE

atmosfera marina
atmosfera industriale
atm. industriale-marina
atmosfera rurale

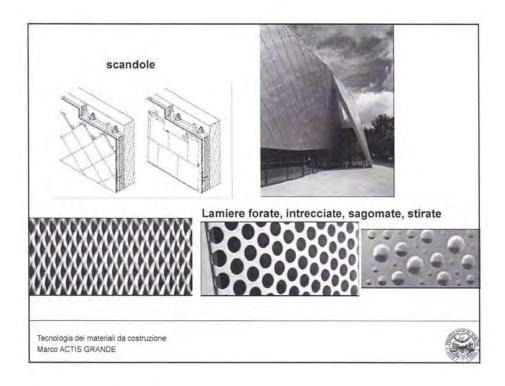
0,56-1,27 µm/anno
0,16-1,27 µm/anno
0,16-1,27 µm/anno
0,16-1,27 µm/anno
0,16-1,27 µm/anno
0,17-1,27 µm/anno

Tali valori tendono a decrescere col passare del tempo. La velocità è influenzata da alta T, alta umidità, presenza di inquinanti nell'aria e prossimità al mare

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Biraqua considerare questi volori quando facció le magetto un funtibre della vita vitre:



LEGHE DI RAME: OTTONE

OTTONE lega rame-zinco

- ·stabilità e rigidità
- ·resistenza ad abrasione
- •durata
- possibilità di trattamenti superficiali

OT15 CuZn33 ArchitecturalBronze CuZn40Pb2AI TeCu®Brass NordicBrass C38500



COPERTURE: ASPETTI PROGETTUALI

Audin' dei me requinit per reprogetto di aperture.

- 1.Compatibilità tra i materiali
- 2. Dilatazione termica
- 3.Azione dei venti
- 4.Pioggia

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



legato alla criticità, devo verificare di non generare una PILA.

Perchi nelle coperture è pui curdunte il fatto di avere corretibilità Frettrica?

Per la menerità di un agente elettrolità (HrD) ele puro velo cittàre
i processi di consoniare.

COPERTURE: ASPETTI PROGETTUALI

1) Compatibilità tra i materiali: i metalli

Potenziale elettrochimico (in Volt)

Cu++ e- → Cu +0.521 Cu2++ 2e- → Cu +0,337 Pb2++ 2e- → Pb -0,126Ti++ e- → Ti -0.336 Fe2++ 2e- → Fe -0,440Zn2++ 2e- --> Zn -0.763Al3++ 3e- → Al -1,66Mg2++ 2e- → Mg -2.37

Linee Guida:

- •Non mettere a contatto diretto metalli diversi (giunti dielettrici)
- ·Utilizzare fissaggi compatibili con rame (rame, ottone, inox 316)
- ·Gronde e pluviali compatibili con rame



COPERTURE: ASPETTI PROGETTUALI

3) Azione dei venti

Le lastre devono essere fissate alla struttura sottostante con:

- clips fisse
- ·clips scorrevoli
- •(chiodature)

Linee Guida:

- •Calcolo dei venti prevalenti su dati di zona
- ·Adeguato dimensionamento delle strutture di supporto
- ·Adeguato dimensionamento dei sistemi di fissaggio
- Controllo di eventuali strutture preesistenti

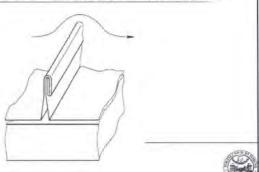
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Il numero dei fissaggi dipende da:

- ·altezza dell'edificio
- •zona della falda (angolo, bordo, zona centrale)

La piegatura delle lastre deve tenere conto della direzione del vento dominante!!



R NATRE É AUTIBATTERICO, conolterinhos boudaventale.

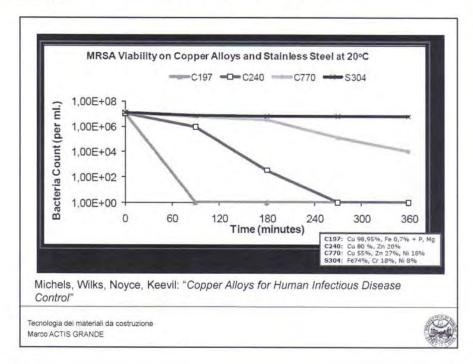
Dans rerue? Qualizano de propriéta authbothericle del rane?

Grafico: esemplos au el NOX 18.8 (AISI 5 304) = POSATE

· Per le leghe du rane cou i cu maggiori les au a bhottemento del numero di botteri a portire de un determino to reupo: più ho rone vella laga e maggiore e la volocità cou cui i batteri vengano eliminati della structura.



· Con l'iNDX, i botteri non pranteriore ra non DITI MUISCOND Overta c'un amblin a 20°C, con traviore combia con la T. Decresore della 1. Cu la dei maggiori comportamenti amb botteria.





Queli vous le corotteristicle di chiminatione del rone. Queli virus e funghi chimbra? "I rame of carporto de Terminator"

La letteratura scientifica cita la capacità del rame di inattivare o eliminare diversi tipi di batteri, funghi e virus nocivi:

- · Acinetobacter baumannii
- Adenovirus
- Aspergillus niger
- Candida albicans
- Campylobacter jejuni
- Clostridium difficile
- Enterobacter aerogenes
- · Helicobacter pylori
- Influenza A (ceppo H1N1)

- · Legionella pneumophilia
- · Listeria monocytogenes
- · MRSA (con E-MRSA)
- · Poliovirus
- · Pseudomonas aeruginosa
- Salmonella enteriditis
- Staphylococcus aureus
- Escherichia coli (ceppo O157:H7) Bacilli della tubercolosi
 - VRE (enterococcus resistente alla Vancomicina)



Antimicrobico: significa che dopo due ore di contatto più del 99,9% dei batteri sono stati eliminati. Dopo zi lo eliminati del 33,30 du botteri

I batteri eliminati dalle leghe di rame:

- ·Enterococcus faecalis resistente alla Vancomicina(VRE)
- ·Staphylococcus aureus resistente alla meticillina(MRSA)
- ·Staphylococcus aureus
- ·Enterobacter aerogenes
- ·Escherichia coli (ceppo O157:H7)
- Pseudomonas aeruginosa

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Dave le lipo?
Neaph orjectel he le maggior quant potrio au botter.
Quest aggetti contamo di più ta he un racciore elletto di prenontione.

L'80 per cento delle infezioni nosocomiali si trasmette per contatto, cioè toccando oggetti "contaminati" da batteri.

Maniglie, corrimano, piastre per porte a spinta, interruttori, ecc. in materiale antibatterico possono ridurre il numero di batteri sulla loro superficie e limitare la possibilità di infezioni nosocomiali.



Le proprietà antibatteriche del rame sono state confermate anche per gli oggetti presenti nelle corsie o nelle stanze d'ospedale.





PROVE SPERIMENTALI (ospedale di Charleston USA)

Scelte 6 stanze nel reparto di terapia intensiva (3 con oggetti in rame, 3 con oggetti di materiale "comune").

Oggetti studiati (% Cu):

- ·sponde dei letti (100%)
- ·piantane porta-flebo (75-95%)
- ·monitor (90%)
- ·tavolini mobili (90%)
- ·braccioli delle poltrone (90%)
- ·pulsanti dei dispositivi di chiamata (75-90%)

Durata: 9 settimane, con 282 prelievi sul rame e 288 sui materiali comuni

Sul rame e sue leghe il carico batterico è stato abbattuto complessivamente del 87,4%.

filter of the first terms.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

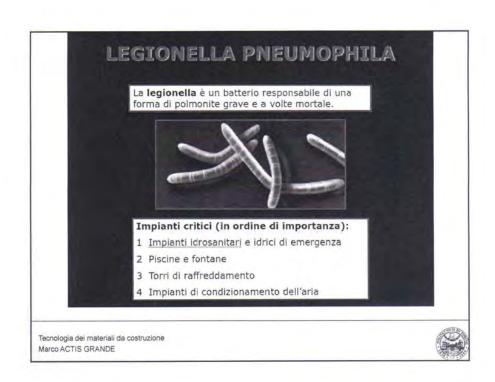


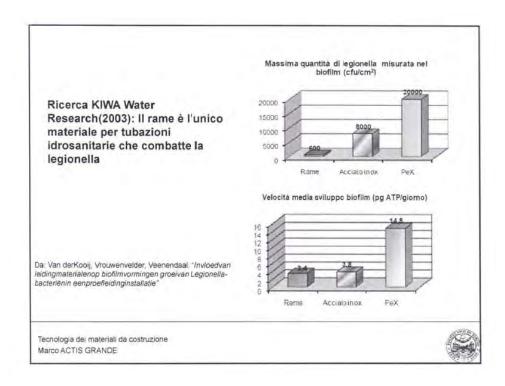
SAINT FRANCIS HOSPITAL (MULLINGAR, IRLANDA)

Gennaio 2010: il primo ospedale ad avere deciso di installare su tutte le sue porte maniglie, piastre e serrature in lega di rame, per ridurre le infezioni nosocomiali.









25°C	La legionella non rilevabile nei tubi di rame, ma sopravvive nell'acqua e nel biofilm degli altri materiali (PE-Xa, acciaio inox, PVC-C)
37°C	Concentrazioni di legionella tra 10 ⁴ e 10 ⁵ cfu/l
55°C	La legionella scompare completamente nei tubi di rame, mentre subisce pochissime "perdite", o addirittura nessuna, negli altri materiali.
60°C	La legionella scompare in tutti i materiali

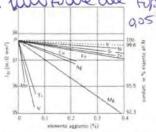
Quanto conta di più ? TANTO Quanta garanta da ? A 25°C MOLTA. Il cu conta di più Ms ho una sacure MIGLIONE. l'alluni uno puro overe avoto por uso ere TIRICO: sevaglio de l'allunino na un conduttore, le injureme c 0,5% Se c'con, la conducibilité di se = 63 / Cu A PARITA' SEFTIONE, reute a parita di pero: De = 2. Cu.

Per avere cuis struttura car le storre conducibilité del rave, ho una struttura rassione de però pesa si revo (e costa o i revo)

Alluminio "commercialmente puro"

- ·Si tollera l'1% di impurezze AUUT WO PUTO
- •Per AP5-E (purezza elettrica): Fe+Si+Cu+Zn+Ti+Cr+V<=0.50%
- ·Effetto delle impurezze sulla conduttività elettrica dell'Al

impurerre madificamo le conotteristide di combinati li ha in hunthave del typo di elevent legant. 905 the = ridutione sonauticle di conduci bilità



L'importanza dell'Al come conduttore è funzione dell'elevato rapporto conduttività elettrica/peso specifico. A parità di sezione l'Al conduce il 63% rispetto al Cu, ma a parità di peso conduce 2 volte tanto

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

l'allumino mesenta una ridurdore di proprieta inferiori rispetto a rame: l'Al é new gouspoire del Cu.

i'elletto dell'introduttione deal elment nello lego e quello di DURENTALE LA DEUS (TA' DEUS (LES : tuttigli elevent della lega amoutano

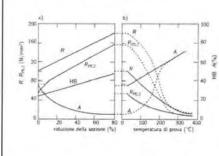
15%

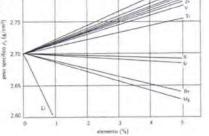
PROBUTA: le

(Sterno del Cu)

Rew con 5 23 the wis pono accettore de nothere anche 2 elevent legant

> Influenza degli elementi di lega sul peso specifico finale





Caratteristiche meccaniche dell'Al 99% in funzione dell'incrudimento (a) e della temperatura di prova (b) per materiale ricotto (linee continue) o incrudito (linee tratteggiate)

Tecnologia dei materiali da costruzione

Al mo dificare della corpositione o perovotione pustical incrnammento), ho wa modifica delle conotterni le reccouricle del moveride.

l'allumino puro voi ha proprieta aiportanti per le applicazioni Shutterdi : devo wore una loga.

Meccanismi di rafforzamento delle leghe di alluminio

△ • soluzione di elementi allo stato solido nella matrice di alluminio:

mentre la totalità dei metalli ha una completa miscibilità allo stato liquido con l'alluminio nessun elemento ha una totale solubilità allo stato solido; a parte il caso dello zinco la cui sclubilità massima è di 66,4%, i valori della stessa sono superiori al 10% nel caso dell'argento, del magnesio e del litio, sono compresi tra 1% e il 10% con il rame, il silicio, il gallio e il germanio, mentre gli altri elementi sono impiegati con percentuali inferiori all'1%.

Maifico la coupantione elvivira car delle sautioni solide, cle modificamo le conotteristicle neccaniche in bore also copocito di formas solutione solida car x elements.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



B •deformazione plastica a freddo: Raucle di aucundi neuro del monteciale
l'indurimento tramite lavorazione a freddo è possibile solo in leghe in cui può
avvenire l'incrudimento e che in seguito saranno definite da trasformazione.

Lo strain hardening è la conseguenza della maggiore parte delle operazioni di lavorazione e formatura nell'alluminio e nelle sue leghe. Nell'alluminio puro e nelle leghe non trattabili termicamente come le leghe alluminio-magnese e alluminio-magnesio, l'indurimento per deformazione aumenta la resistenza dovuta alla soluzione solida e alla dispersione di alliganti.

Nelle leghe trattabili termicamente, invece, l'incrudimento migliora la risposta all'invecchiamento. Molto spesso i prodotti della deformazione a freddo sono ricotti per riprendere una certa duttilità e per eliminare le tensioni interne.

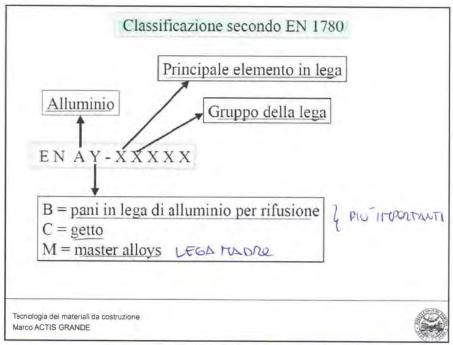
C · precipitazione:

meccanismo successivo ad una tempra di soluzione; l'indurimento e il rafforzamento della lega di alluminio sono dovute all'invecchiamento, naturale o artificiale della lega, durante il quale avviene la formazione di precipitati coerenti nella soluzione solida.

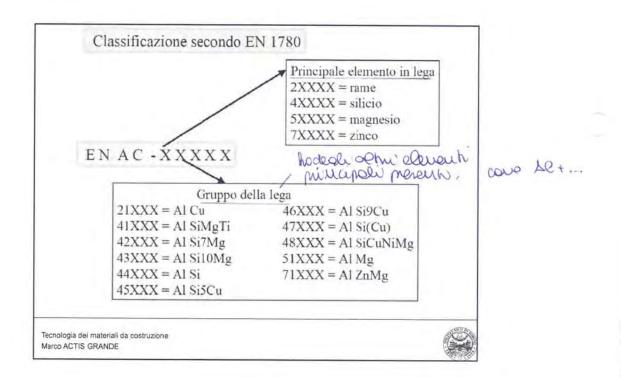
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Mecipitatione: cone per il rave, vorva la nolubilità d'usrière della T Mudo pomibili i mottament beaux della meap hotique delle 2º fon.



(= il numero corrisponde alle principali conotteristale alivide



Leghe da deformazione plastica

Il sistema di designazione, promosso dall'Aluminum Association nel 1954, suddivide le leghe da deformazione plastica in base al principale elemento alligante. La designazione prevede che ad ogni lega venga associato un codice a quattro cifre: la prima cifra individua la classe, la seconda serve per esprimere lo scostamento dalla lega originaria, mentre le ultime due cifre identificano una specifica lega all'interno di una stessa famiglia (o il grado di purezza dell'alluminio se si tratta della famiglia delle 1xxx).

Serie	Alligante principale	Serie	Alligante
Lexx	Alluminio puro	5xxx	Magnesio
2xxx	Ranie	6xxx	Silicio e Magnesio
3xxx	Manganese	7xxx	Zinco
4xxx	Silicio	8xxx	Varie

18 1º Mrero indica i privajodi Copunti.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



LOGHE DA DEFOUR FLOUR PLASTICA:

1) TRATABILE TERRICIPENTE: quando applico un hottamenho rosmico annello le proprieta neccamide dello lega

? I har that a sileterricaneure: ne poccioum mottomanto formos persocioso

le namueta

neccouncle all usteriale

Leghe da deformazione non trattabili termicamente

Le leghe appartenenti a tale categoria devono il loro rafforzamento alla soluzione allo stato solido degli alliganti nella matrice di alluminio e alla formazione di seconde fasi e composti intermetallici nel caso si sia in presenza di elementi che hanno bassa solubilità con l'alluminio, come ferro, nichel, titanio, manganese e cromo. A tali meccanismi deve essere aggiunto lo strain hardening, cioè l'insieme di tutte le lavorazioni che inducono una deformazione sul getto ricotto (allo stato O), facendogli conferire sia la forma desiderata, sia una struttura cristallina tale da indurre determinate proprietà meccaniche



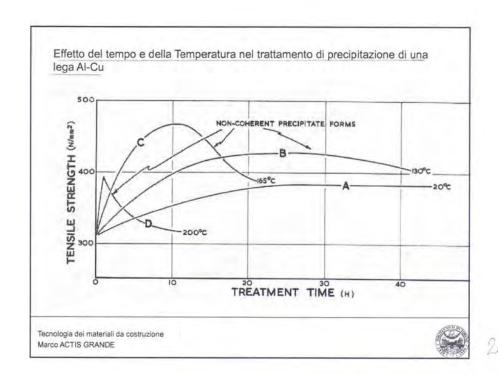
TT delle leghe di Al

E' possibile sottoporre le leghe di Al a TT per incrementarne le caratteristiche meccaniche

Tipologie di Trattamento termico (parametri variabili in funzione della lega):

- •Tempra di soluzione (circa a 500°C), con raffreddamento in acqua fredda (10-30°C) o calda (60-100°C)
- •Tempra di soluzione (circa a 500°C), con raffreddamento in olio
- •Tempra di soluzione (circa a 500°C), con raffreddamento in aria
- ·Invecchiamento naturale, dopo tempra di soluzione a TARSCEUTE
- •Invecchiamento artificiale, a T>50°C) dopo tempra di soluzione T > 5°C
- •Bonifica generica che comprende il trattamento di tempra ed invecchiamento
- •Ricottura di addolcimento (circa 150-200°C)





23) LA SUPERFICIE DELL'ALLUMNIO

Porclé una le bache di allumino?

- · Remiteura a corrondore elevato ducle in aubiente acido
- · 1866812778

l'alluminio forma motorcolmente una patina protettiva, come (in, cr) di spense ridotto de lunge anche da Barriera reviria.

Basta 10 di cautotto au Varib de l'Al forma uno strobodi' ALLUMINA Stecharetura (AlzOz) o non Stecharetura (AlxOy)

Whose all cauditaui aubien holy pono avere differente rullo formatione della nhoto:

· RUGOS(TA'

" MESENTA DI DU NESIDUI

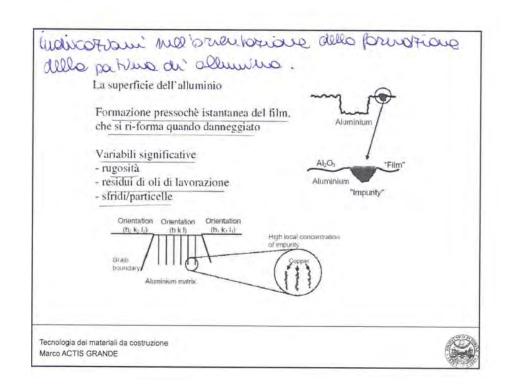
le resuperiore della patima propettiva



Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE

23



I trattamenti superficiali dell'alluminio

Motivazioni:

- Eliminare inquinamenti e "sporcizia" superficiale
- Ottenimento di una superficie con caratteristiche fisiche, chimiche ed elettriche costanti e uniformi
- III. Eliminare difetti morfologici
- IV. Modificare l'aspetto, rendendolo "brillante"
- Migliorare la resistenza a corrosione
- VI. Incrementare la "durabilità" in esercizio

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



La superficie dell'alluminio

Effetto degli elementi in lega

- Cu riduce la resistenza a corrosione più di ogni altro elemento
- Fe riduce la resistenza a corrosione: va mantenuto entro una ben precisa soglia
- Mg effetto benefico sulla resistenza a corrosione
- Mn effetto abbastanza benefico sulla resistenza a corrosione
- Si effetto lievemente negativo in alcuni ambienti
- Zn effetto limitato



Il trattamento di ossidazione anodica

Principio:

Ossidazione controllata della superficie dell'alluminio per formare uno strato di allumina

Proprietà:

Miglioramento durezza, resistenza a usura

Protezione dalla corrosione

Colorazione

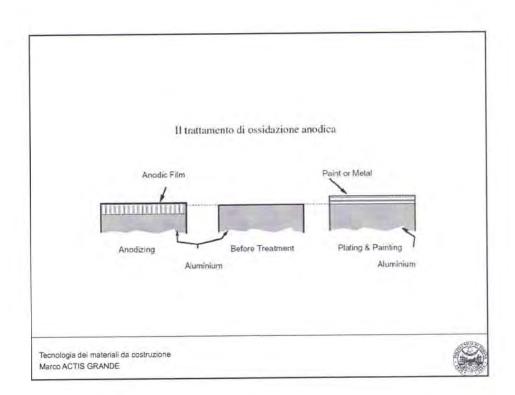
Isolamento elettrico

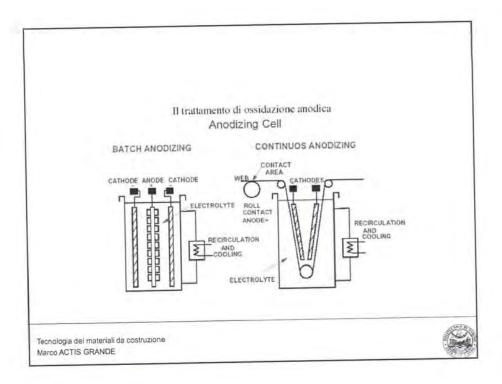
Miglioramento dell'adesione di film organici

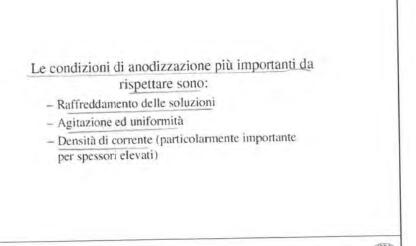
Applicazioni:

Architettura, Automotive, Aerospaziale, Arredamento, ecc.









Tecnologia dei materiali da costruzione

Marco ACTIS GRANDE

DESIGN CRITERIA FOR ALUMINIUM STRUCTURES IN CIVIL ENGINEERING

• How can aluminium and its alloy satisfy the requirements of civil engineering structures?

Quando n'una l'Al per un Civili?

◆ In which applications can they compete with other structural materials, like

Ourse nous quelle applicationi done le legle de l'Ac ponous coupétore con letre élevent n'hutturali?

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



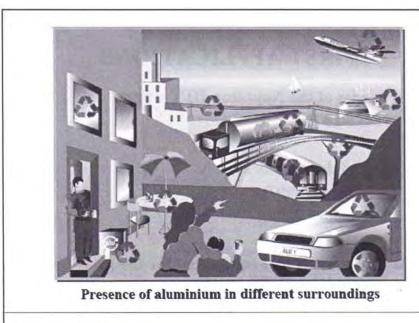
Discours Mill' ETX' dolle leghedi he.

HISTORICAL BACKGROUND

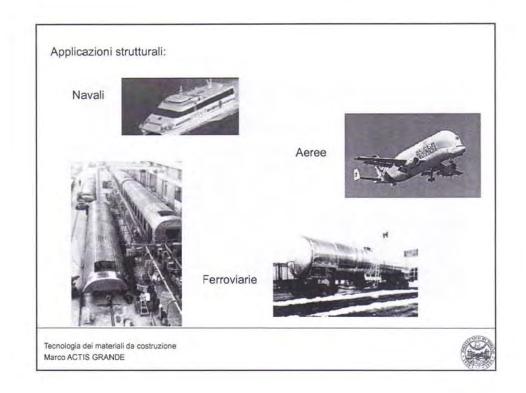
Birth of aluminium:

- 1807 isolation of AL element (Sir Humphry Davy – U.K.)
- 1827 first aluminium nugget (Whoeler – Germany)
- 1854 first electrolytic reduction
 (Henry Sainte Claire France)
- 1886 industrial electrolytic process (Paul Luis Touissant Héroult – France and Charles Martin Hall – USA)









Empire State building, New York

Primo edificio al mondo ad utilizzare alluminio anodizzato per le finestre



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



The Atomium was built for the Universal Exhibition of Brussels in 1958, nevertheless aged over the years.

The Atomium is a structure that is half way between sculpture and architecture, symbolising a crystal molecule of steel by the scale of its atoms, magnified 165 billion times.

The aluminium cladding - initially conceived to last six months has served its purpose for almost 50 years and is ready for a new life. Now the Atomium is undergoing renovation: the original aluminium skin will serve for new purposes.

A thousand aluminium triangular panels are available for sale with a certificate of authenticity for collectors and Atomium fans. The remaining 30 tonnes of aluminium will be recycled.



Symbolic works



BASIC PREREQUISITES OF ALU-ALLOYS

Wide family of constructional materials, covering the range of mechanical properties of mild steels

Corrosion resistance makes normally not necessary to provide protection coating

Weight reduction (respect to steel is 1 to 3) gives many advantages in transportation and erection

Low elastic modulus increases the sensitivity to deformability and instability problems

The material itself is not prone to brittle fracture

Fabrication process by extrusion allows individually tailored shapes to be designed

Either bolting, riveting and welding techniques are available as connection solution

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



BASIC CONDITIONS FOR COMPETITION WITH STEEL

First pre-requisite:

Corrosion resistance (C)

□ Second pre-requisite:

Lightness (L)

Third pre-requisite:

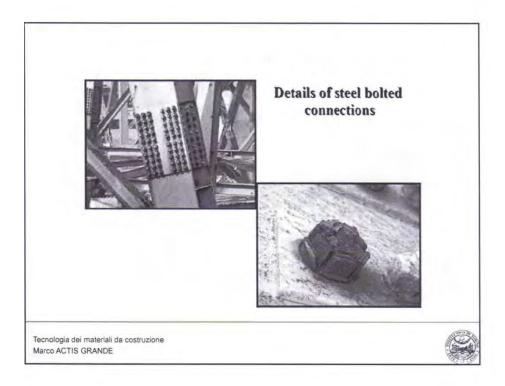
Functionality of sections due to extrusion (F)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



57

Quarte nous 3 conditioni di prerequinto na biogno modificare le constraintile neclamicle con involutioni reconscience o sursarione. Deus fore de mottamenti termico.

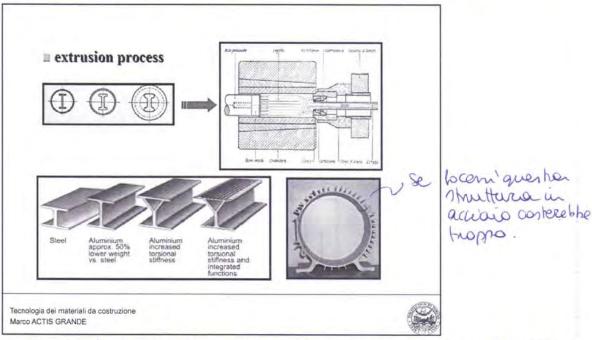




Lan l'Al pana attendre principalità l'Es (ME) < 700°C. - Tou l'auroritane meccanicle mimorità des performasiones la Frenca l'approve del Ferroccio persone de l'Ac dai fortidio al Fe.

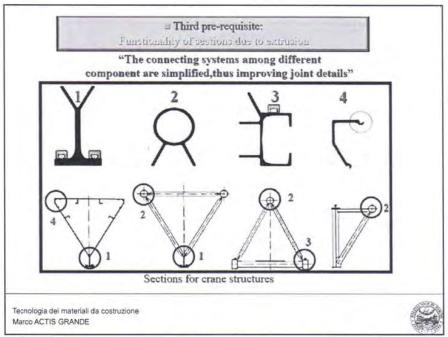


Vinte le consterint de de moteriale, ponione la qual casa cle na SITILE
per aparetura con consterint le reccamile analoghe.
Il potto cle quel moteriale na focilmente estructibile repui pres de pouro
ottimi trare ce propriéta morcamicle espagettomato la struttura rer avere...

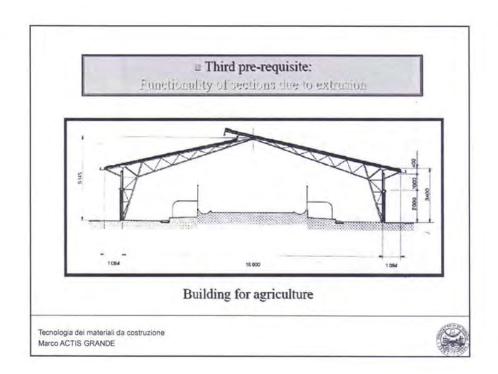


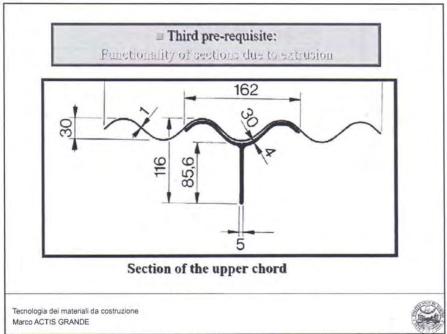
posso rifare la Multura li male condeterminate promieta.

Grazio al fotto di avere un noverible pui fachemente macemabile e quazzo alla pombilità an madificare le constrezionale mecanicale, pomo corrigine exports.



redite n'uniture aimi l'utili 770 von è civil ru la ma realitzatione richiede revisioneres





Per pru vienti: reali 770 della Multiure avane è pomibile mettere le tribature, i minteri au miscoldamento...
Pero' luo a problèmen dell' lucendro.



EMATA CONVIGE

R (15 è un motoriale composito de m'ruline ad ottenere a BASSOCOSTO.

l'acciais nerve per: - sureurane le canatterlettiche reccaniche - per prottessere.

Dovier pore à C.A. con le les hech Al? le consterint de veccanicle o Hemibili neu nous mélucients por gustificare à processo. L'acciais nox, perdune consterent des, etcampotiste nol C.A.

Cinava walks lower de shutture con national disamo un resconde di una costa relevanta.

бу (Fe) puro aucle enere attenuta da cura strutterra in lega di Ne, pero costa.

- E'shaghoto peusone di fore il C.A. con l'Al peuclicossa; - Peus e shaglioho dire cle TUTTE-le shutture in c.a. vouis fotte in ACCILIO

Buraquer peurore di urare l'Al valle strone porve dell'icciaco.

ADESIVI STRUTTURALI

Vengono prodotti ed utilizzati colle ed adesivi strutturali per vari materiali : metallo, legno, calcestruzzo, grés, ceramica, vetro, laminati, fibre minerali, materiali espansi, strutture a nido d'ape, materiali compositi e materie plastiche.

Vengono particolarmente utilizzati nei settori : dell'auto, lapideo, componenti architettonici, navale, nautico, pannelli sandwich, compositi, industria aeronautica, spaziale, meccanica e dei metalli.

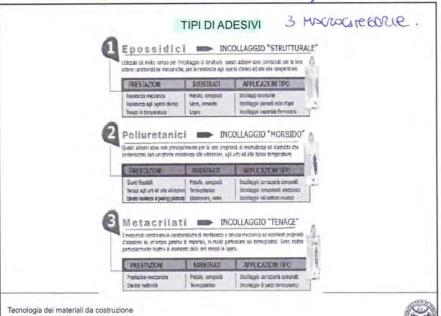
ilaiotau est onli lerge ho la la descritique del mobernole.

philorici per cirallore noberiali dilbrent. dilbreura ha 12,3? del collaggia describe la coralterinhide macranicle

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Querte proprietà reccaricle rare brutique del tipo di motoriale urato ner

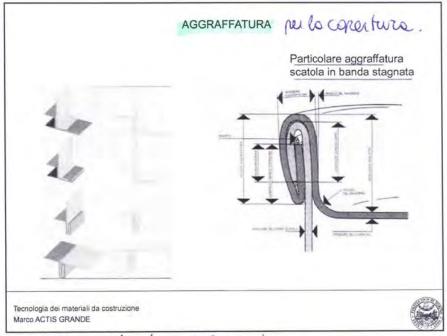
1) MCQUESGEO STRUTURE: UNO RESUVE EPOSSIDICHE, REM'UE FORMO MOLLITERATE CLE hours determinate conotterinhole cayon Filonoli. the willbaggi can surent dolle constreristiche reconniche & propriets du remoteure.



Marco ACTIS GRANDE

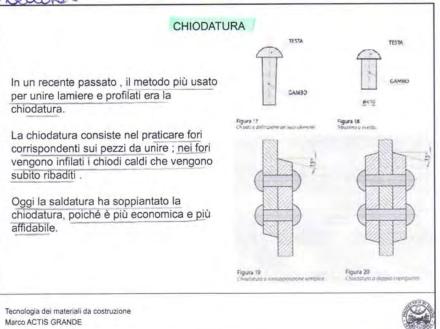


MAGGIONI deglially .. ad apput chi wa e all T



Elevento importante rella Givitiare delle viviere Ademo non si una più perce e neglio la solatotura: - Potentinore affinarie.

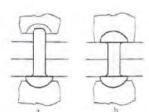
tripara deal devent de ponono modificare la conotteristica roccanica



ESECUZIONE DELLA CHIODATURA

Le fasi per una chiodatura sono:

- □Foratura lamiere
- ☐Cianfrinatura: svasatura della parte esterna del foro per adeguarlo alla forma del chiodo
- □Inserzione del chiodo "a color rosso"
- □Ricalcatura della controtesta



TIPI CHIODATURA

- >Chiodatura a caldo: con chiodi in acciaio extradolce diametro del gambo 8 –40 mm
- >Chiodatura a freddo: con ribattini o rivetti in alluminio, ottone, rame; diametro < 8 mm

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



MATERIALI PER CHIODATURE

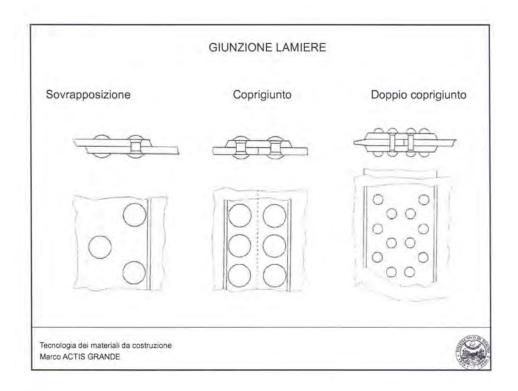
Chiodature a freddo con rivetti:

Acciai dolci ed extradolci Ottone, rame, leghe leggere Metalli duttili

Chiodature a caldo con chiodi:

Acciai dolci ed extradolci perché poco temprabili





SALDATURA E SALDABILITA

Saldatura : unione permanente di due parti metalliche ottenuta realizzando la continuità del collegamento , con impiego di una sorgente di calore

Saldabilità: attitudine di un materiale a prestarsi alla realizzazione di collegamenti saldati con le volute caratteristiche meccaniche



MA: notoride de vorve por lorsia gunto.

ELEMENTI DI UN GIUNTO SALDATO

Giunto saldato: è comunemente detto "saldatura"; indica la zona di unione dei due pezzi, originata dal processo di fusione-solidificazione dei lembi dei pezzi;

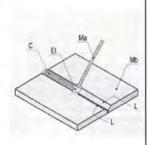
Metallo base(Mb):è il materiale di cui sono costituiti i pezzi da saldare.

Metallo d'apporto(Ma): è il metallo che, fuso insieme al metallo base,concorre alla formazione del giunto.

Cordone di saldatura(C):è costituito dal metallo base e da quello d'apporto (se presente), solidificati per raffreddamento dopo la fusione.

Lembi(L):sono le superfici estreme dei pezzi interessate dalla saldatura. Lue puen de dimpes

Energia termica(Et):è il calore necessario per la fusione del metallo base e di quello d'apporto. La fonte di calore può essere di natura diversa (fiamma ossiacetilenica, arco elettrico, luce laser, ecc.) e (o un follo du apporto).



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Ho 3 toue different.

1) FOUR 1 - ZP FOUR FUSA, éla porte de giunge a familier, e comporto des retrambisase e sufforto Z) ZTA (HEAT AFFECTED FOUR) hou averano a famoure tra applico uma certa evenção heranca noble soma vicamo



- Zona fusa (ZF): rappresenta la porzione di lega metallica che raggiunge la temperatura di fusione ; è composta dal metallo base e dall'eventuale metallo d'apporto
- Zona termicamente alterata (ZTA):parte del giunto saldato che non raggiunge la fase liquida ma subisce modifiche microstrutturali per i cicli termici di saldatura
- Metallo base: la rimanente porzione del giunto saldato a distanza sufficientemente elevata dalla saldatura da non subire alterazioni apprezzabili nella microstruttura e, quindi, nelle caratteristiche

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



3) METACIO DIBASE Zona rullucentenente dintante dall'introni tai raldata Cle van rinente del miocaldamento dei Ceretor.

Perchi uno l'OTTONE mula Archaio? Perchi uno uno lega a bone di roune con e Archaio?

percle mi da suchetta:

· PLSISTEURA A CORROSIQUE PIU FTENATA, I femomento de Cornomone

· STESSE CONSTITUTION STICKE RECLANICHE dell'ACCIDIO.

BRASATURE

BRASATURA (brasatura dolce)

Temperatura < 450 °C

Sempre con metallo d'apporto basso fondente rispetto agli elementi da giuntare (i pezzi possono essere saldatati varie volte)

Pezzi non devono essere a contatto altrimenti non è possibile interporre il metallo d'apporto e devono essere puliti

SALDOBRASATURA (brasatura forte)

Temperatura > 600 °C

Preparazione del giunto tipica della saldatura autogena

Leghe di apporto fondenti a temp. inferiori ai metalli del giunto

Ottoni fondenti a temperature relativamente elevate : per la saldo brasatura dell'acciaio tra 800+950°C, per la ghisa tra 650+800°C, per il rame e i bronzi tra 850+950°C.)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



CLASSIFICAZIONE SALDATURE

ETEROGENE	Brasatura Saldobrasatura	
AUTOGENE	 Elettrica ad arco (idrogeno atomico, plasma, atmosfera protettiva, ad arco sommerso, ad arco protetto); 	
per Fusione	 Gas (ossidrica, ossiacetilenica); 	
	• Laser;	
	 Alluminotermica; 	
AUTOGENE a Pressione	Attrito Esplosione Ultrasuoni Elettrica a resistenza (a punti o cucitura ,con scintillio , a rulli)	



SALDATURA PER FUSIONE A GAS

Il calore necessario è derivato da una reazione di combustione:

Fiamma ossiacetilenica C2H2+ 5/2 O2= 2CO2 + H2O

Fiamma ossidrica H2+ 1/2 O2= H2O

L'ossigeno è fornito dall'ambiente ma soprattutto dalla bombola. La fiamma ossidrica sviluppa principalmente vapore acqueo. L'uso delle fiamme è per la saldatura (non industriale), per la saldobrasatura, per il taglio alla fiamma

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

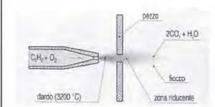


la bisma ornace Hours e bounde do avone zoue con proprieta e noturo diderente. DARDO É la mina porte della livillua cle presenta ALTE T.

PARTE CONTINUE di natura riducente.

Froces di hatura omdante e/o corburante in huntiare del tipo di hayua usato.

SALDATURA OSSIACETILENICA



$$C_2H_2 + 0_2 \rightarrow 2 \text{ CO} + H_2 + 443.8 \text{ kJ}$$

 $2 \text{ CO} + 0_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2 + 573.6 \text{ kJ}$
 $H_2 + \frac{1}{2} \text{ 0}_2 \rightarrow \text{ H2O} + 248.8 \text{ kJ}$

Il calore necessario alla fusione dei lembi da saldare è ottenuto dalla combustione di una miscela di ossigeno O2 e acetilene (C2H2).

La fiamma ossiacetilenica è composta di tre zone : il dardo, la zona riducente e il fiocco(vedi figura).

La zona di massima temperatura (circa 3200 °C) è situata alla punta del dardo (è la zona usata per la saldatura).

La reazione esotermica primaria avviene nel dardo e dà luogo alla formazione di monossido di carbonio e idrogeno

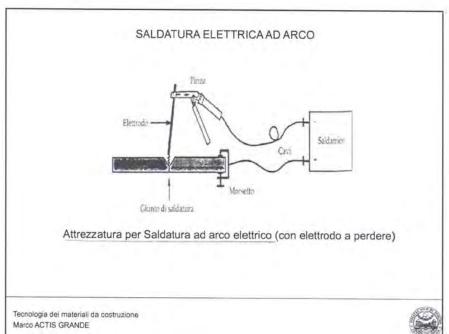
Nella zona riducente la temperatura è di circa 2600 °C, mentre nel fiocco (zona

ossidante) si ha una temperatura media di 1200 °C.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Bisagra stare attenti a dave netto le perto rispetto dela soldiatura perle caubiano le micro strutture e le promiéta noccaericle.



Spenso il regluce rucomo adelettradi rivertiti non emelliciente perce l'elettrado non e protetto. cora lore? Uno lecurcle ad Arco protette dove nolla zona in an anviere la lundane ni sura un ous interte.

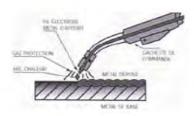


solute d'apporto fuoriesce à resse courrire.

SALDATURA MIG

Nel procedimento MIG l'elettrodo è costituito da un filo metallico fusibile che fuoriesce in modo continuo dalla torcia. Il filo viene prelevato da una matassa e inviato alla torcia da un sistema motorizzato di trascinamento.

Nella saldatura MIG il filo metallico svolge la duplice funzione di elettrodo e metallo d'apporto.



MIG(Metal Inert Gas) Elettrodo: Filo metallico fusibile Gas di protezione inerte : azoto,elio

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

(suincine careavice) ele couseure di attenure una Fieren superiore gimali una ruscione penetratione disalpatore: Salpatore di Profrancione.

SALDATURA MAG

Il procedimento è analogo a quello della saldatura MIG, ma in questo caso i gas inerti sono sostituiti da un gas attivo, generalmente anidride carbonica (C02).

I vantaggi di questo procedimento rispetto ai sistemi TIG e MIG consistono nella maggiore penetrazione e nel minor costo del gas protettivo.

Il sistema MAG (Metal Active Gas) è utilizzabile solo per la saldatura di acciai al carbonio e di alcuni acciai inossidabili.

Elettrodo: filo acciaio ramato;

Gas di protezione : CO2 o sue miscele

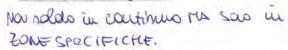


SALDATURA A PUNTI

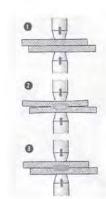
Questo tipo di saldatura è idoneo per la saldatura di lamiere sottili; si realizza per mezzo di apposite saldatrici che prendono il nome di puntatrici.

Il procedimento di saldatura avviene in tre fasi :

- 1) sovrapposizione dei lembi da saldare e accostamento degli elettrodi;
- 2) passaggio di corrente e fusione localizzata del metallo nella zona di contatto dei pezzi ;
- 3) compressione dei pezzi tra gli elettrodi e consolidamento della giunzione.



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE





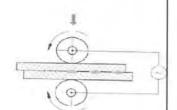
SALDATURA A RULLI

hours was pour

Il principio di funzionamento è analogo a quello della saldatura per punti, ma in questo caso gli elettrodi sono costituiti da rulli.

La corrente viene inviata a intervalli regolari, mentre i rulli rotolano sui pezzi esercitando contemporaneamente la pressione necessaria alla saldatura.

Le lamiere di piccolo spessore devono essere decapate prima della saldatura.





Col Plasua la Trissia ic Ha solo T couri, in prominita del videride: biraqua fore un rollredidamento risito Forre in queste zone (cargo, acqua). Non metto il moteriale d'apporto na surenza il gradio di corrossione (devo forbo cir un atmosfera protetta) e perolita di proprieta nerconicle.

TORCIA AL PLASMA

La TORCIA è dotata di un elettrodo infusibile in tungsteno e di ugello calibrato attraverso cui viene lanciato il gas ionizzato (plasma) ad elevata temperatura (circa 30.000 °C).

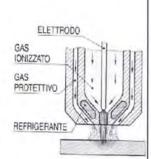
Il riscaldamento del gas avviene attraverso un arco elettrico che scocca d un elettrodo infusibile di tungsteno ed il pezzo da saldare .

I gas più usati per la produzione del plasma sono costituiti da miscele di argon ed idrogeno .

Nella saldatura al plasma, la torcia è provvista anche di ugelli anulari per l'emissione di un gas inerte che circonda il getto di plasma e protegge il bagno di fusione

A causa delle elevate temperature, l'ugello deve essere raffreddato con circolazione di acqua.

Tecnologia del materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE





SALDATURA LASER

La saldatura laser (LBW) produce una fusione del metallo tramite la radiazione emessa da un raggio concentrato di luce coerente; per proteggere il bagno fuso viene utilizzato un gas protettivo.

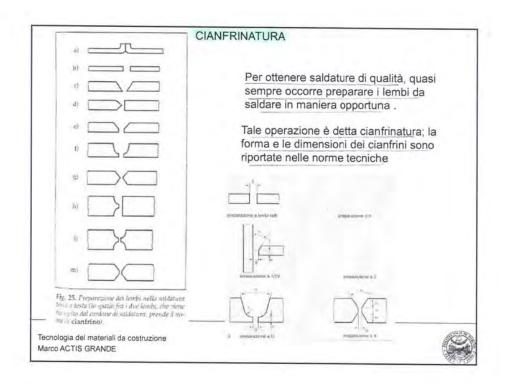
La saldatura può avvenire con o senza metallo di apporto ed è utilizzabile sulle principali leghe metalliche (acciaio al carbonio, acciaio inossidabile, leghe dì alluminio, titanio, nickel e rame).

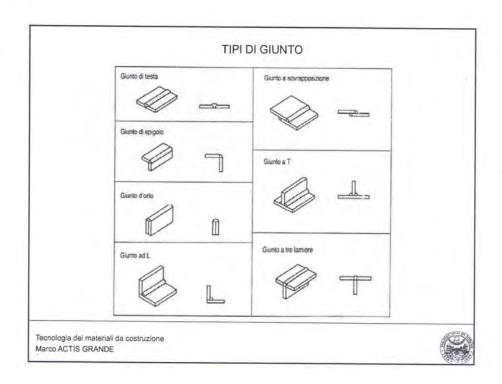
I vantaggi di tale tipo di saldatura sono l'altissima velocità di avanzamento, la riduzione delle zone alterate dal calore, le caratteristiche meccaniche e la bassa deformazione del pezzo saldato, l'assenza di scorie e spruzzi, nonché l'elevata possibilità di automatizzare il processo.

I sistemi laser a CO2 ad elevata potenza sono indicati per saldature strette, a singola passata.

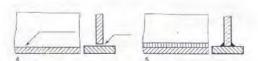
Un'importante particolarità del laser a neodimio è che il raggio può essere trasmesso tramite fibre ottiche, rendendolo particolarmente indicato per azionamenti robotizzati.







SIMBOLOGIA SALDATURE



RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA

I cordoni di saldatura non vengono rappresentati nel disegno .
Le saldature vengono individuate con la linea freccia , corredata con le altre informazioni sulla forma e dimensioni del cordone e sul metodo

RAPPRESENTAZIONE COMPLETA

I cordoni di saldatura sono rappresentati in vista ed in sezione In vista si rappresentano con due linee parallele , riempite con archetti tracciati amano libera



INTERNATIONE TRUEFICA: RUGGINE, amodo di ferro, illuttura cau bono quautritativa di Cre omgovo.

Del unitio ni forma un composto forroso, isnossios Ferroso, el enalve, a coulotto cou acqua e ornigouo, per poruore a vera ruggilhe. Tra & 2 restaul n' moi formore un omble du forro: PLAGUETITE.

ce omidi di berro nous portucolormente non sofranti de musilmono: c'amido non orderina allo moho nottontante, quando ni forma re me un via e non motegase lo smoto nottontante. La corrontare continua himo dela consum tique

JUANSOTAN 1997

(100 1/1 corrosione).

Due esempi molto noti di corrosione dei materiali metallici (l)

- Il ferro e l'acciaio (non inox) quando è esposto a un'atmosfera industriale reagisce per formare la ruggine (ca. Fe₂O₃ • H₂O) che è scarsamente aderente e quindi non costituisce una barriera che isola il metallo dall'ambiente
- La reazione pertanto continua a una velocità pressochè lineare fino a quando il materiale non è completamente consumato

La formazione della ruggine avviene in modo più dettagliato secondo le

Ruggine

1° strato che si forma $2Fe + 2H_2O + O_2 \rightarrow 2Fe(OH)_2$ Idrossido ferroso

2° strato che si forma $4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3$ Idrossido ferrico (rosso-marrone)

Si forma spesso uno strato intermedio fra i due costituito da Fe₃O₄ (magnetite)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

INTERNATIONE BENEFICA: L'OMIDE du nome e fortemente ADFAUDIADERENTE DE substrato e foruisce della mamieta di reniteura alla corrowoul Ycorr - pum/aumo

Due esempi molto noti di corrosione dei materiali metallici (II)

- Il rame esposto all'ambiente forma una patina verde (ca. bronciantite, CuSO₄•3Cu(OH)₂) che è protettiva e isola il metallo dall'atmosfera.
- I tetti di rame installati 200 anni fa hanno ancora oggi ottime
- La formazione dei composti di corrosione in questo caso è benefica e migliora l'aspetto estetico.
- Tuttavia, l'analoga patina formata sulle tubazioni in rame non appare esteticamente così attraente



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE





Quando ni usus questi moteriali per una appencazione specifica, Cospetto estetico (e insulminte) pur produrre determinant problem.

PADFILE: bouta'e bellezza delle lighe di roune.

Ci sono altri ambienti, quali i sali e i metalli fusi, le soluzioni non acquose, la cui azione aggressiva non si può far rientrare né nella corrosione à umido né in quella a secco. In questi casi i fenomeni corrosivi possono assumere aspetti caratteristici sia della corrosione a umido che di quella a secco.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



andi nous gli elletti generati dogli setni? andi nous i neccamismi tipici della corromane? comorione unios corromane elettro chimica (Pin)

CATOWO

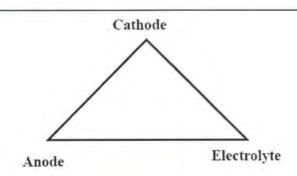
Nel caso della corrosione a umido, il meccanismo del fenomeno è di tipo elettrochimico, corrispondente cioè legato al funzionamento di sistemi galvanici, in cui il processo di corrosione è risultante di un processo anodico di attacco del materiale metallico, accoppiato ad un processo catodico di riduzione di una specie chimica presente nell'ambiente.

Pertanto i processi di corrosione a umido seguono le leggi della termodinamica e della cinetica elettrochimica.



Allindiquento tepodi neutrare auvença, alco avere TUTTI i o clerant. Se rumano a deali elevent, le neutrare e Annuluità.

Quantoc paile eliminare quento mobilema? El impomibile.
Pomo otrodiore cono zitarpare la restiono tra non nilema a climinale.



Perché si verifichi corrosione ci deve essere contatto tra catodo e anodo e la presenza di un elettrolita (che costituisce l'ambiente operativo) a contatto con essi.

Se si rimuove uno di questi tre fattori, la corrosione viene inibita.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Situatione pecceiore: Muttura all-more perche lacurico alla respione chi

Quando los della societaria desate ho dei procemi di comortare con Voore ELEVATE/MADIBE rispetto al coro non serato. Le recovario conocicle nome recopiani ele vichi edono cul minoro naggiore

die e velocitano il discono delle reationi suoditte

Corrosione umida

- · Pertanto se la reazione catodica è lenta anche la corrosione è lenta.
- La reazione catodica può essere accelerata dalla reazione dell'idrogeno con l'ossigeno disciolto (in soluzioni aerate):

 $H^++2e^-\rightarrow H_2$ Reazione catodica in soluzioni deaerate

 $4H^+ + O_2 + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ Reazione catodica in soluzioni aerate

- La reazione di ossidazione procede più rapidamente al crescere del quantitativo di atomi ossigeno che raggiungono la superficie: può sembrare strano ma in una struttura a contatto con l'acqua marina (es. piattaforma petrolifera) le parti parzialmente immerse si corrodono più rapidamente di quelle totalmente immerse, a causa della maggior disponibilità di ossigeno
- In ogni caso, si formano in superficie degli strati di composti di corrosione che formano depositi più o meno aderenti e quindi protettivi

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Se ha citilità una smittura de lorma dei depositi soes (10 14 serent). La comprane mocede con una volo cità ellustra percei bornisco Oz Ele volocità la reoxime cotrodica.

- Un a prima idea dell'attitudine dei diversi metalli a corrodersi si può avere dall'esame della Scala Elettrochimica degli Elementi, che classifica i diversi elementi metallici e le leghe metalliche sulla base del loro potenziale di corrosione, o potenziale elettrochimico
- Più alto è il valore del potenziale elettrochimico e minore sarà la tendenza del metallo a corrodersi
- Oltre alla tendenza maggiore o minore alla corrosione in presenza di una reazione catodica e di un elettrolita, la scala elettrochimica dice anche, in caso di contemporanea presenza di due metalli a contatto con un elettrolita, quale dei due si corroderà per primo
- In particolare, si definiscono elettropositivi quegli elementi che si trovano nella parte a sinistra del diagramma (potenziali positivi) e che, pertanto, non tenderanno a dissolversi e quindi a corrodersi, mentre saranno elettronegativi tutti gli altri
- La scala elettrochimica varia a seconda degli ambienti operativi

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Insteuridi elettroclimi a sono riportol vel gratico.

Potenziali di currosione in acqua di mare finenze (do 1.5 a 40 m/s) nell'intervallo di temporatura 10-27 °C
Note elegando di riferimento semicella al cutemellano sampo
+62 0 -62 -64 -06 -08 -10 -13 -14 -16
Gerfar
Le leghe same sirección self-indicer des prisentado che assurazione in acquie di more fluente.
Le signe some stretcare mell'emisser del profession del manuscram in soupe en more ficarrice. Alternal leggle stretcare gain el ciuriteira 1888 è lessas «ribustà in acquis perus acresa e le save schemane prosesso delernare actione a montrere un protessoriale di ciura «1.5 » sale.

8

Ho toute forme de corromana de pur enere rassiva, e riquenda touto à parpo, o Depilata

Le forme della corrosione

- Le forme di corrosione possono essere classificate a seconda dell'aspetto che assume il materiale corroso. Alcune forme di corrosione sono:
 - Corrosione uniforme
 - Corrosione galvanica
 - Corrosione per vaiolatura (pitting)
 - Corrosione in fessura
 - Corrosione intergranulare
 - Corrosione sotto sforzo
 - Corrosione selettiva

- ...

audi rous inheui pui pequenti?

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Comprisse impose : nothers baso to me una restribus elethorenimos, ele
pres entre controlloto o ridotta con reventmenti protettivi o ...
Overti interventi non hanno duroto e terro.
Faccio la vermasturo: - ananto e oriagenes?

- Quarto é as partobile ne motoride?

- se la forcia nu una mora conteu, nous mouso de la mobo pom voule e couple ho?

Corrosione uniforme

- L'attacco per corrosione generalizzata è caratterizzato da una reazione elettrochimica che procede in modo uniforme o anche parzialmente disuniforme sull'intera superficie metallica esposta all'ambiente corrosivo.
- E' la principale causa di corrosione dei metalli e degli acciai in particolare; tuttavia essa è facilmente controllabile e può essere prevenuta tramite (i) rivestimenti protettivi; (ii) inibitori; (iii) protezione catodica.
- · I prodotti di corrosione possono formare:
 - Film protettivi spontaneamente cresciuti
 - Scaglie spontaneamente cresciute
 - Possono essere spessi strati di ossidi generati artificialmente (es. anodizzazione)



Tecnologia dei materiali da costruzione



I madato di corronione:

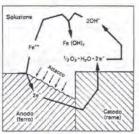
- crexious in mode spotulanes

- crescamo quando lo stroto va e resoltamente adenino

- spermare de riduce la volocità di corronare della lega.

Rapporto di area

- Un'altra importante parametro nella corrosione per contatto galvanico è il rapporto tra l'area catodica e anodica (effetto di area). Dal punto di vista della corrosione, un rapporto sfavorevole fra area catodica e anodica si ha quando c'è un'ampia area catodica e una piccola area anodica (nell'elettrodo più piccolo scorre più corrente e si consuma rapidamente).
- · Es. accoppiamento acciaio-rame immersi in acqua di mare:
 - Una lastra di rame (catodo) con chiodi in acciaio (anodo) genera una rapida corrosione sui chiodi di acciaio
 - Dei chiodi di rame (catodo) in una lastra di acciaio generano una limitata corrosione sulla lastra di acciaio (anodo).



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE







Corrosione per vaiolatura

- La corrosione per vaiolatura (pitting corrosion) è una forma di attacco corrosivo localizzato tipica dei materiali non perfettamente omogenei, che determina la formazione di buchi o vaiolatura quando il metallo è esposto ad ambienti contenenti ioni alogenidrici (in paticolare cloruri e tipicamente acqua di mare).
- Questa forma di corrosione è particolarmente pericolosa e può portare a gravi danni soprattutto quando provoca la perforazione del componente metallico (serbatoio, tubo).
- Le vaiolature sono molto piccole (difficili da scoprire) e possono essere coperte da prodotti di corrosione. Inoltre, il numero e la profondità delle vaiolature può variare considerevolmente.
- Le vaiolature si innescano nelle zone dove si hanno aumenti locali della velocità di corrosione. Inclusioni, altre eterotegeneità strutturali e di composizione sulla superficie del metallo sono le più comuni zone di innesco delle vaiolature.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



20

la corronaux per variamentara pura evere provem la subdificamado la lega unabra recuna daha aprelicatione.

Quertamadifica di lega pura evere valu tata can il PRETI PRUTING resistence Educidadent invirser:

Pui il Pittung sonenta e maggiore e' lonenistenta de pitting.

Da ferrorcio a leghe di Nickee/Titalio. Undallo sapre il Titalio? Periste di più al pittiling Ms Costa Molto

26) comosione in pessons

Simile alla corrondone per Pitting the Peccial.

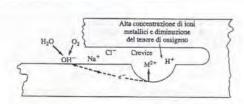
Se nel Pitting o Vaianetura peno enervore l'airorgenta della corrondone ntema, an una cresco a ve servi.

la corrondone in fernira anvilene otrunque ni ha una Fessira dentro d'interiole o gimpiane dare pomano ristagnare cionali, car illiquido d'Ultro la fernira an' qualde tun holo corrosione.

Quelo fondueno interema: Nox, Pate, Acurmio, Titanio...

the una proporname delle corremante de progredire extreterente τοπι i tr proche contros tourous es corremante.

He le spontamente della restricue colocica veno l'ESTERNO: quente importa maggiornente quando rous a contetto con solutioni ele non rous acqua distinuta, surentano l'acidità e becrerentano il per a memo contetto con ocche: conditione con vocar racciona.



- Il meccanismo generalmente proposto per analizzare il processo di corrosione in fessura è simile a quello del processo di vaiolatura:
 - Inizialmente le reazioni anodica e catodica sulla superficie della fessura sono

Reazione anodica M→M++e-

Reazione catodica O₂+2H₂O+4e-→4OH-

 In seguito siccome la soluzione nella fessura è stagnante, l'ossigeno necessario per la reazione catodica viene subito consumato e non rimpiazzato; questo sposta la zona catodica verso l'esterno dell'area coperta.

Tecnologia del materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



 Inoltre, la reazione anodica M→M⁺+e⁻ continua ad avvenire. Questo genera un'elevata concentrazione di ioni positivi. Per bilanciare le cariche positive, gli ioni negativi presenti in soluzione, tipicamente i cloruri, migrano nella fessura, formando M⁺Cl⁻. Questo cloruro subisce a sua volta idrolisi nell'acqua per formare idrossido metallico e acido libero, come:

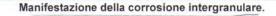
M+Cl-+H2O→MOH+H+Cl-

questo aumento di acidità determina la rottura del film di passività e provoca un attacco corrosivo autocatalitico, come nel caso della corrosione per vaiolatura appena discusso.



lua conontane può cupottore le conotteristique rescaurale e pomono contere de la busiem di consonare notionerso.

the delle are extere prive or crose: he dei percon pelorenziali di cononane. Le la roltura per oecoescare ellignamiete.







Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Quando el motorible e sopretto ad una Tensione (considera la Ci rano della direttani di propagozione della orucca cle rano nortani ruspetto des direttare di fornotione della crucca. andundo ni cuterni fica questo forrarono, Quando lo una terriore di notura recasica o revica oppure quando

Corrosione sotto sforzo

deutro of motoride

 E' dovuta alla formazione di cricche nel metallo, provocate dall'effetto combinato di una sollecitazione di trazione e di uno specifico ambiente corrosivo. In genere la superficie viene corrosa molto poco, mentre all'interno del materiale propagano cricche molto localizzate

 Gli sforzi che provocano corrosione sotto sforzo possono essere sforzi applicati (termici o meccanici)

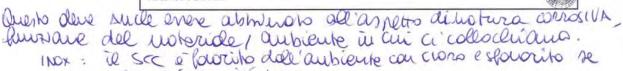
 La SCC si verifica solo in particolari combinazioni metallo-ambiente: gli acciai inossidabili si criccano in ambiente di cloro e non in ambiente di ammoniaca; gli ottoni viceversa.

Generalmente, in un fenomeno di SCC si ha una fase di innesco e una di propagazione della cricca. Spesso le cricche si innescano in corrispondenza di una vaiolatura o di un'altra discontinuità sulla superficie del metallo.



aguando ho delle Ep stoto leunande di un determinato TIPO: voxano deply storm rendy.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



well aubique e a AMTONIAGE

OTONI: Favorito con Ammoniaca e stavorito con cloro.

Dave n'originamo a vielle? a partire dolla mperhicie

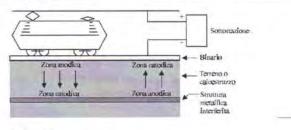
16

Corrosione da correnti disperse

core houseine? now who prevenue

sono una corrosione ruscione dono no pri correnti.

Spesso nei terreni nascono gradienti di potenziale per cui circolano correnti (dette disperse o vaganti). Le cause più frequenti di questi gradienti sono impianti di trazione a corrente continua, quali ferrovie, tram e metropolitane. In questi sistemi, parte della corrente di ritorno alla sottostazione di alimentazione, invece di fluire attraverso le rotaie, passa nel terreno e quindi rientra alla sottostazione attraverso strutture metalliche presenti nel terreno (di solito tubazioni). Su queste strutture si creano delle zone protette (catodiche) dove la corrente entra nella struttura metallica e delle zone di corrosione (anodiche) dove la corrente l'abbandona per tornare, attraverso il terreno, alla sottostazione.



Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE

Deux cor core de ouvere le consition otimen. Quali

- Forcio elvestitioniti - Uno dei notoriali in bore alle presente conditioni di epplicatione

boro à aubante omidante?

per ridurre i problem di corrondue, davei anne dei retrorie i noi retallill

con polivery, ran

cerama, reaver sem problem, sene alla comonione.

Scelta dei materiali per la protezione dalla corrosione

Materiali metallici

- Per ambienti riducenti o non ossidanti, come acidi e in soluzioni acquose senza aria, può essere utile usare leghe di rame e di nichel;
- · Per ambienti ossidanti possono essere utilizzate leghe contenenti cromo
- · Per ambienti estremamente ossidanti, è meglio utilizzare il titanio e le sue leghe.

Materiali non metallici

- I materiali polimerici come le plastiche e le gomme non subiscono fenomeni di degrado in molti ambienti e pertanto possono essere utilizzati in varie situazioni corrosive. In ambienti con acidi organici forti, essi hanno scarsa resistenza.
- I materiali ceramici hanno un'eccellente resistenza alla corrosione e alle alte temperature, ma hanno lo svantaggio di essere fragili e di possedere una bassa resistenza a trazione.
- Conseguentemente spesso i materiali non metallici sono usati nel controllo della corrosione principalmente come rivestimenti o per guarnizioni, piuttosto che come materiale in forma massiva.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE 9

Approrcio rassivo coundero la russa dell'aggetto e caubio il notoriale contituente. Questo votodo pono forlo cultus Cesti liviti, lubore alle termani agrun.

Dobbiano fore l'anolin' mel uterforcia rivertmento e restoriale e devo considerare solo i loro noccamina di interotione.

- Oltre alla resistenza intrinseca del materiale di rivestimento, è molto importante garantire elevata densità del rivestimento
- Se il rivestimento è poroso, il mezzo corrosivo si intrappola nelle porosità e penetra per capillarità verso il substrato, generando fenomeni di corrosione in fessura.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE





Corrosione intergranulare di un acciaio inossidabile austenitico 'sensibilizzato'.



Corrosione generalizzata di parti di acciaio inserite in un edificio a Venezia

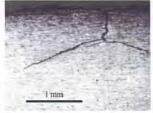
1(8)

Attacco selettivo dello zinco di un ottone



Corrosione generalizzata di un relitto





Corrosione sotto sforzo di un tirante in acciaio ad alta resistenza. (meccanismo infragilimento da idrogeno)



Foratura di un tubo di rame per il trasporto dell'acqua calda

Cedimento di una barra in acciaio ad alta resistenza di diametro 35 mm innescata da cricca di corrosione sotto sforzo





Foratura di una lamiera in AISI 304 in ambiente contenente cloruri

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE





Crollo della Congress Hall di Berlino per cedimento da corrosione sotto sforzo di armature precompresse (1981)

Colli la Gernania per corrondre.



Cedimento da corrosione sotto sforzo (meccanismo idrogeno) di una trave di un ponte in Germania (1996)



Considerazioni generali

- □L'acciaio non protetto, esposto agli agenti atmosferici, è soggetto alla corrosione. □Per evitare danneggiamenti da corrosione, le strutture di acciaio devono essere protette per resistere alle sollecitazioni corrosive per tutto il tempo di vita richiesto alla struttura, "vita nominale".
- □Per realizzare un'efficace protezione dalla corrosione, è importante che siano scelte soluzioni adeguate al progetto in questione.

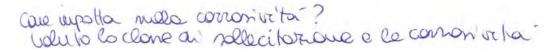
Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Check-list per il progettista

- □Stabilire la "vita nominale" (Norme Tecniche per le Costruzioni) richiesta alla struttura, dunque identificare la durabilità dei sistemi di protezione alla corrosione (UNI EN ISO 12944-1 vernici) (UNI EN ISO 14713 zincatura)
- □Individuare e classificare la corrosività dell'ambiente nella zona in cui la struttura sarà ubicata (UNI EN ISO 12944-2 vernici) (UNI EN ISO 14713 zincatura)
- □Identificare eventuali condizioni di corrosione particolari (UNI EN ISO 12944-2 vernici, valide anche per la zincatura)
- □Progettare la struttura in modo di garantire adeguata accessibilità per i lavori di protezione dalla corrosione (UNI EN ISO 12944-3) (UNI EN ISO 14713 in caso di zincatura)





Classi di corrosività atmosferica

(UNI EN ISO 12944-2 vernici -UNI EN ISO 14713 zincatura-ISO 9223)

Ciasse di corrosività	Perdita di spessore (dopo il porrio anno di espessorie)		Esenipi di ambienti lipici in un clima temperato (a titulo internativo)	
	Accialo a basso tenore di certionio Perdita di spessore jum	Zinco Perdita di spessore prii	All'esterno	All'interno
C1 Molto bassa	\$1,3	≤0,1		Edifici nacaidati con atmosfera pulita per esemplo offici, regozi, scuole, attençtis
C2 Dassa	da 1,3 a 25	do 0,1 a 0,7	Ambienti con bisso livello di inquiriamento, Soprattatto arec paturati	Edifici non riscaldati dove può vicificarsi condensa, per esempio deposati, locali sportivi
C3 media	da 25 a 50	da 0,7 a 2,1	Anticenti urbini e indicitisti, modento sigunamento da andicio sottoresa Zone costlere cost biassa salimità	Cocal di producione con alla umidia e un certo inquinamento almostario per esempio industrie alimentari, lavandene, bimene, casellio
C4	da 50 a 80	da 2,1 a 4,2	Arse Industrial e zone costere con modululu sutrilla	Impients chemics procine, carried confect per imburcations
C5-I Motto alta (industriale)	da 80 n 200	da 4,2 n 8,4	Ame industrial con alta unhată e alescetera agenerava	E della el arree con colorenca quan permanente e con allo inquisament
C5-M Molto alta (marina)	rta 80 a 200	da 4,2 à B,4	Zone coshere e offracts cost atta count?	Eduko plater con combernos quara (remanente e con alto inquirosment
lie2 (strutture untrerse)		da 10 a 20	Straffare zochte innerscher wogun siebnastra o di mare	

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



counderation in unions, Te Espositione

Condizioni climatiche

Generalmente dal tipo di clima si possono trarre conclusioni solo generiche per quanto riguarda il comportamento alla corrosione:

□La velocità di corrosione sarà minore in un clima freddo e/o secco che in un clima temperato; sarà maggiore in un clima caldo umido e in un clima marino, anche se vi possono essere considerevoli differenze da una località all'altra.

□II principale fattore di corrosione è la durata di esposizione, della struttura, ad un tasso di umidità elevato (durata di umidità.)



volutorione della duna bilita dell' mada tra e processa cau identificazione della conditioni della madifica di conottere superficiale sul maglita: principilità > 20 ANNI

Progettazione adeguata

Obiettivo del progetto di una struttura è assicurare che sia idonea alla sua funzione, presenti stabilità, robustezza e durabilità adeguate.

- □Nella sua globalità il progetto deve facilitare la preparazione della superficie, la protezione anticorrosiva, i controlli e la manutenzione.
- □La forma di una struttura può influire sulla sua predisposizione alla corrosione.
- Di conseguenza le strutture dovrebbero essere progettate in modo da non favorire "trappole di corrosione" dalle quali la corrosione possa diffondersi.
- □L'ideale sarebbe scegliere fin dall'inizio il sistema di protezione più idoneo.

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Criteri base di progettazione

E' buona prassi progettare le strutture di acciaio, da zincare a caldo, in conformità ai requisiti delle UNI EN ISO 1461 e UNI EN ISO 14713

È pertanto fortemente raccomandato che il progettista consulti un esperto di protezione dalla corrosione all'inizio del processo di progettazione, per valutare i seguenti aspetti (Contenuti nelle UNI EN ISO 12944-3):

- □Accessibilità
- □Trattamento degli interstizi
- □Precauzioni per impedire ritenzioni di sedimenti e di acqua
- ☐Giunzioni bullonate
- □Parti scatolate e componenti incassati
- □Intagli
- □Elementi di irrigidimento
- ☐Prevenzione della corrosione galvanica
- ☐Movimentazione, trasporto e assemblaggio
- □Spigoli (ISO 8501)
- □Imperfezioni nelle superfici di saldatura (ISO 8501)



Individuazione cicli idonei

Selezionare, fra i cicli di verniciatura identificati, quello ottimale tenendo presente il metodo di preparazione della superficie che sarà impiegato (UNI EN ISO 12944-4; UNI EN 13438)

Per assicurare le prestazioni ottimali del sistema di verniciatura, la maggior parte degli strati del sistema o, se possibile, il sistema completo, dovrebbero essere applicati in officina (UNI EN ISO 12944-5).

Vantaggi e svantaggi dell'applicazione in officina sono:

Vantaggi	Svantaggi	
a) Miglior controllo dell'applicazione b) Controllo della temperatura c) Controllo dell'umidità relativa d) Facilità di riparazione del danno e) Rendimento maggiore f) Miglior controllo dei rifiuti e dell'inquinamento	a) Possibili limitazioni della dimensione dei componenti della struttura b) Danneggiamenti dovuti a movimentazione, trasporto e messa in opera c) Possibile contaminazione dell'ultimo strato	

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Scelta del ciclo più adatto

La norma UNI EN ISO 12944-5 fornisce esempi di sistemi di verniciatura adatti per diversi ambienti.

La norma UNI EN 13438 stabilisce i requisiti specifici dei rivestimenti con polveri di prodotti zincati a caldo utilizzati nelle costruzioni.

Il progettista per poter scegliere il ciclo idoneo, deve avere accesso alla documentazione tecnica dei cicli prescelti e/o ottenere dall'applicatore una dichiarazione, che confermi l'idoneità o la durabilità del sistema di verniciatura in una determinata classe di corrosività.

L'idoneità e/o la durabilità del sistema di verniciatura devono essere dimostrate mediante le prove di invecchiamento artificiale previste dalla UNI EN ISO 12944-6 e/o dalla UNI EN 13438; soprattutto per sistemi di verniciatura nuovi che devono risultare conformi almeno ai requisiti normativi minimi.



Durata zincatura + verniciatura

Utilizzando congiuntamente le due protezioni, la durata complessiva è significativamente superiore alla somma delle durate ottenibili dall'impiego, separato, dei singoli sistemi.

Si crea una sinergia tra le due protezioni, che ne influenza la durata complessiva, esprimibile con la seguente formula:

 $Dt = K (Dz + Dv) = 1,2+2,5 \cdot (Dz + Dv)$

Dt rappresenta la durata del sistema ZN+VR espressa in anni Dz e Dv sono le durate nel caso in cui zincatura e verniciatura siano applicate all'acciaio separatamente

K è un coefficiente che dipende dall'aggressività dell'atmosfera (1,2+2,5)

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Music the virte so, dero fore della travurenzione o ritrozione obger' nuoto nuperliciali per l'aggiornamento della conott eritroca.

Manutenzione

La durata nel tempo di una struttura dipende anche dalla manutenzione preventiva cui sarà soggetta in servizio.

La manutenzione deve essere fatta in tempi che non risultino tardivi e con modalità idonee. Si raccomanda di seguire le disposizioni fornite dall'applicatore del

trattamento prescelto.

Per convenzione si stabilisce che il primo importante intervento di manutenzione correttiva è necessario quando la protezione anticorrosiva ha raggiunto un grado di arrugginimento di livello Ri 3, come definito nella UNI EN ISO 4628-3. Lo stato di un sistema di verniciatura applicato può essere verificato secondo la UNI EN ISO 4628 (parti da 1 a 6).



Indice delle Normative

UNI EN ISO 12944-1:2001 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Introduzione generale

UNI EN ISO 12944-2:2001 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Classificazione degli ambienti

UNI EN ISO 12944-3:2001 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Considerazioni sulla progettazione

UNI EN ISO 12944-4:2001 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Tipi di superficie e loro preparazione

UNI EN ISO 12944-5:2002 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Sistemi di verniciatura protettiva

UNI EN ISO 12944-6:2001 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Prove di laboratorio per le prestazioni

UNI EN ISO 12944-7:2001 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

UNI EN ISO 12944-8:2002 Pitture e vernici - Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura - Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

UNI EN ISO 14713:2001 Protezione contro la corrosione di strutture di acciaio e di materiali ferrosi - Rivestimenti di zinco e di alluminio - Linee guida.

UNI EN ISO 1461:1999 Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova

Tecnologia dei materiali da costruzione Marco ACTIS GRANDE



Indice delle Normative

EN ISO 8501-1:2001 Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings

EN ISO 8501-1:2001 Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness - Part 2: Preparation grades of previously coated steel substrates after localized removal and previous coatings

UNI EN 13438:2006 Pitture e vernici - Rivestimenti con polveri organiche di prodotti di acciaio galvanizzati o sherardizzati (cementazione allo zinco) utilizzati nelle costruzioni

UNI EN ISO 2808:2007 Pitture e vernici - Determinazione dello spessore del film

UNI EN ISO 2178:1998 Rivestimenti metallici non magnetici su substrati magnetici - Misurazione dello spessore del rivestimento - Metodo magnetico

UNI EN ISO 2409:1996 Prodotti vernicianti . Prova di quadrettatura

UNI EN ISO 9227:2006 Prove di corrosione in atmosfere artificiali - Prove di nebbia salina

UNI EN ISO 6270-1:2001 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza all'umidità - Condensa continua

UNI EN ISO 6270-2:2005 Pitture e vernici - Determinazione della resistenza all'umidità - Parte 2: Procedura per l'esposizione di provini ad atmosfere di acqua di condensa

UNI EN ISO 4628-1:2007 Pitture e vernici - Valutazione del degrado dei rivestimenti - Indicazione della quantità e delle dimensioni dei difetti, e dell'intensità di variazioni di aspetto uniformi - Parte 1: Introduzione generale e sistema di descrizione

UNI EN ISO 4628-2:2007 Pitture e vernici - Valutazione del degrado dei rivestimenti - Indicazione della quantità e delle dimensioni dei difetti, e dell'intensità di variazioni di aspetto uniformi - Parte 2: Valutazione del grado di vescicamento



2) CERATUCI

Materiale inorganico can atom rensurcie non mensurci, ottentida un praemo du cottura chiamato sintoritzaziar.

la notura del lagamo e importante per 3 motivi:

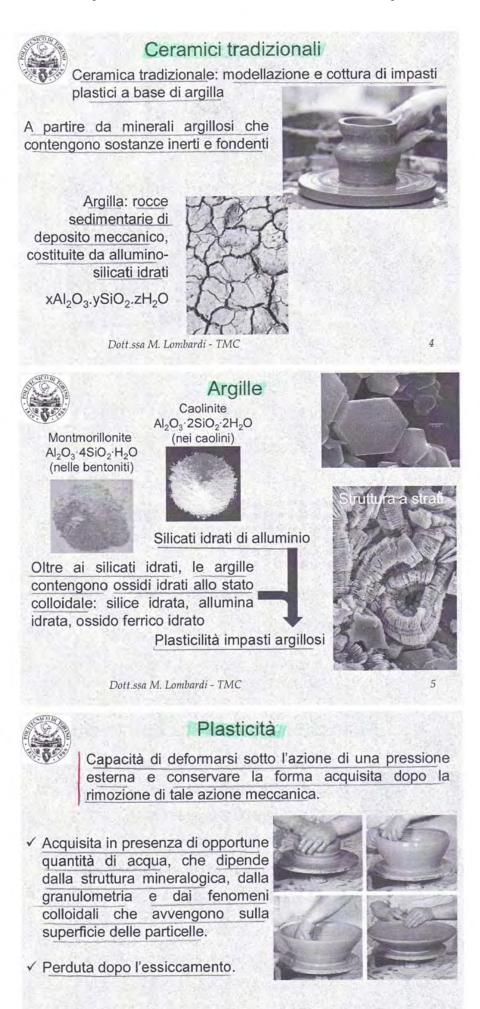
- 1 ENERGIA DI LEGARE (George courceure, also avague ai quaco);
- 2 DIMETICIALE: le legane n'verifica rolone i 2 atour hours Will diversone profesifa (différença dol legane Metollico con c' adirettamble can la conditionare degli e-). Il legane condente influenza molte conditeristale
- 3. NON vette a disponitione gli e-percle nous impegnoti nel legane

3) CARATTERISTICHE

- A l'answita di c' liberi madrece una Ecentra pesiciterra
- B. Secondo GRIFFITH, la vicca noopetta a Tertione ni hia la igottina henne con la Corprossione ampletiale reminte on più.
- C. I hotoriali ceramia non nono in grado di subvire una delburozione planca perce le dislacazioni presentizza hotoriali ceramia sono impedite dal legane prezionare. Onosto e il punto chave della duttilità dei motoriali.
- E · REFLATILLIETL': à la capacità di mostmore au buron comportarento noccamico aude alle suret.

 Reccamico aude alle suret non remiste malto bem allo compressione quamdo abbitano T > Teus.

 Que, to m'aprilibra alle le moteriale remiste malto bane alle
- Adlectotibui alle altet e remitte di pintrumpetto agli alti. F. Nou avere e liberi produce un isonoremo terrico e Fietrico.
 - El Musiconto Foudico Poudrisce la espacita di conduisse duração termica a elettrica ed e Tauro massione men netali trippetto ai ceramici, e tembe ad annullanze mel como ala politera pende lo lovo nhuttura nos e ordituaisa Ma nos solo materiali custallini, la comoducibilita bruico ed eletrica et trolto BLCSA.
- 6 Other de applicae manbient appenhoi quando lo rostaure ande o organicle.



Dott.ssa M. Lombardi - TMC

8) cepe a querte parvalle, en nomo sur contituenti bandanentoli:
nono dei costi tututi merti percle un partecipamo de benoneno
chi Forratura na houmo un rudo bondonentole.

STUSPILLET (Sièce cristallilla) rerue per il contralo della plantata.

DSSIDO DI FERRO (colhi) MEUDUD per dore il colore de ceraunco, Il nosso tarrove c'dovaho alla presenta di Onudo chi ferro

la componitione e' NATURALE MA PURO evere modifico la applimagendo Nella polivere dei cursonati (divadaio, colaro+ magnento.-) (le contino, tomo la colorotione rema ed homes anche il rualo di Fonslute.

Per le ceramico modifichable ha basque du com mattenento de comme : la binaque ce de cue nontamo Fousano, canalitane nocementa peravere un ceramico modificade percel·la nortamo feno, entra va vanotre reporte la porositar.

- Nel cramico la Porosita e il difetto peggiore.
- 3) Colo is corbanolo di colcio ho cure Trus v coo c, que lo voi houe re il ciclo di cottura e informo ai reco c ru pomono en Here du noteriali porticolori clave il ciclo di cottura deve enere portolo a T nuperiori.

Se pero anneulamino lo T, il corbonato di colcio diventerebbe moppo liquido e bisoquerebbe anere cen oema norhanza:

1 FELDS PATT 1 con functione di - Fouseure . UNO par la PUSTICITA!

l'felspat rervous per rislune la perovita: la presenta di queste quautità influisce ne proporto FILISCE: la loro 1 è functione del prodotto funcle.

il contamble du colois e importante per le rocce du Falura