



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 757

DATA: 30/10/2013

A P P U N T I

STUDENTE: Calò

MATERIA: Scienza e Tecnologia dei Materiali

Prof. Brovarone_Spriano

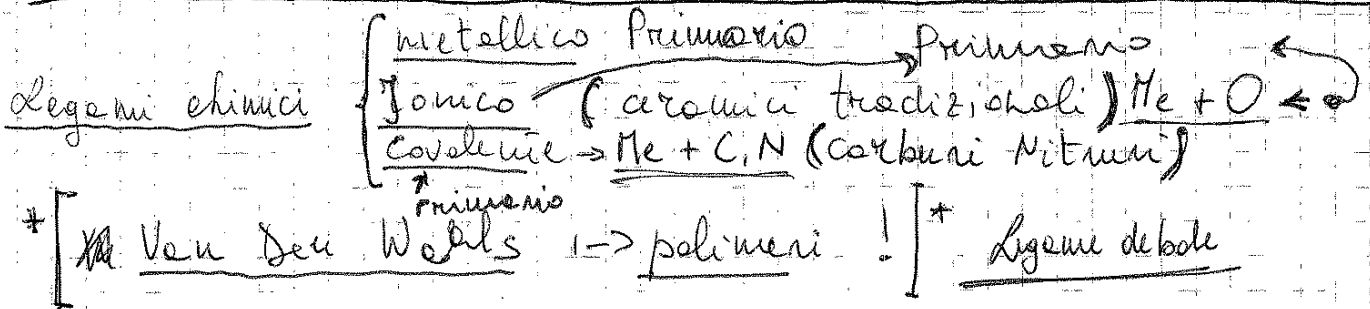
Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

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.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

Bertolini "Materiali da costruzione" 2 Volumi

Callister "Scienza ed Ingegneria dei Materiali"
Una Rivoluzione



Metalli ~~ma~~ costituiti da atomi, allo stato cristallino

con una struttura ordinata. Preparati per fusione
solidi a T ambiente e originano leghe.

legame metallico → legame primario
sfuocati elettroni di valenza,
non è direzionale ed è forte

PROPRIETÀ

Rigidità → Energia elettroni nel legame $e^- \leftrightarrow$ nucleo
Rigidità → Forza da legame fra nuclei ~~non~~ poco plastica
 $nucleo \leftrightarrow$ nucleo

legame ionico → legame primario
crystalini compensano cariche elettriche

adirezionale quindi gli elettroni appartengono ai
singoli nuclei

legami secondari \leftrightarrow Van der Waals \leftrightarrow polimeri
 ≈ 10 ~~kg~~ KJ/mol (legami deboli)

Un atomo con debole carica e l'altro opposte appartenenti e molecole differenti si attraggono

Polimeri \rightarrow composti organici macromolecolari, naturali o sintetici.

Densità basse $< 1 \text{ g/cm}^3$ molto spesso

Proprietà:
 lavorabili meccanicamente, pessimi conduttori,
 scarse resistenza termo-elettrica ma flessibili

\rightarrow ECCEZIONI

Materiali con diversi legami

GRAFITE \rightarrow Covalente + Van der Waals

{ legami misto \rightarrow Unico legame ma con caratteristiche
 { miste resistenza formi ceramiche }

• ionico-covalente (sono semiconduttori GaAs, ZnS)

• metallo-covalente (Si e Ge)

• metallo-ionico (composti intermetallici) (turbine)

Alcuna ...

Secondo le applicazioni distinguo in

FUNZIONALI (non per reggere / trasmettere un carico)

STRUTURALI (viceversa)

(sono fragili)

MATERIALI COMPOSITI:

• STRUTTURA DEI MATERIALI

Atomi, ioni o molecole sono ordinati nello spazio secondo pos geometriche definite. Si dispongono secondo una struttura stabile (energeticamente e chimicamente). CELLA UNITARIA: unità geometrica fondamentale.

Parametri

Lineari a, b, c

angolari α, β, γ

dati della 0,1 - 0,3 mm

$$(a, b, c) = (0,1, 0,3) \text{ mm}$$

A 0°K gli atomi sono in pos di equilibrio diversamente oscillano mediamente intorno una posizione

RETICOLI DI BRAVAIS

MONOCRISTALLINO stessa cella elementare

(minerali)

POLICRISTALLINI la normalità

Da liquido a solido

grani e bordo di grano

di generale
 \neq strutture $\rightarrow \neq$ proprietà

acciai ferritici CCC T « fragilità »

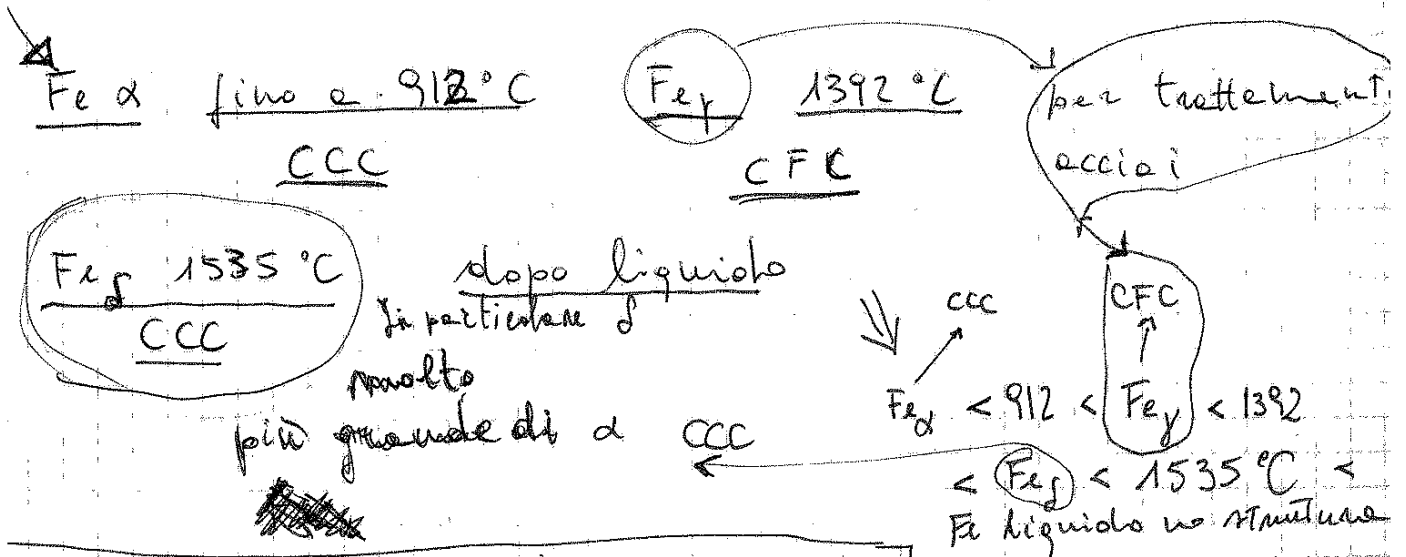
per un acciaio CFC ideale

Il polimorfismo ^{cioè} $\alpha \neq T_{imp} \neq$ strutture

importante per acciai usati in coltizia

(T_1) e (T_2) esempi lampanti

TRASFORMAZIONI ALLOTROPICHE \rightarrow variazioni di volume \rightarrow stress residua che possono portare a fratture



SPAZI INTERSTIZIALI } OTTAEDRICI
 } TETRAEDRICI \rightarrow leghe

leghe solide α

soluzioni solide interstiziali

soluzioni solide sostituzionali

Tra una macromolecola e l'altra -> forze

Van der Waals -> buone proprietà meccaniche

hanno buone densità

Quanto perché sottoposti a sforzi i legami Van der Waals cedono per primi e non permettono agli sforzi di interrompere legami forti delle catene di carbonio

• **DIFETTI RETICOLARI** importanti perché si manifestano per entità di volume per migliaia di atomi

PUNTUALI } vacanze
interstiziali
sostituzionali

Gli atomi attorno al difetto sono spostati dalle posizioni medie di equilibrio dunque viene indotto uno stress interno (compressivo o di trazione)

In generale

T >> n° vacanze >>

Vacanze: difetto di equilibrio! Permette il movimento degli atomi vicini

In solidi è l'assenza dell'atomo che ci si aspetterebbe di riscontrare

INTERSTIZIALI E SOSTITUZIONALI (leghe)

② elementi base e allegante

↓ Solvente ↓ soluto

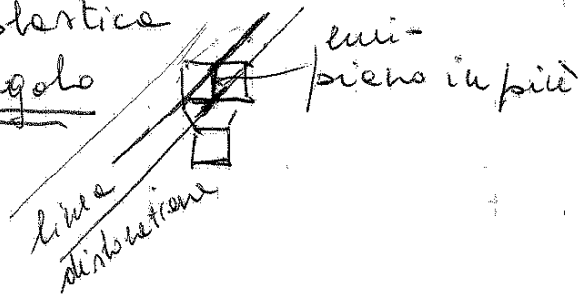
Soluzione solida quando viene mantenuta la struttura cristallina del solvente, e la composizione è omogenea (le impurezze sono distribuite uniformemente).

Condizioni favorevole -> dimensioni e elettronegatività simili
elementi chimici vicini su tavola periodica

DIFETTI LINEARI → dislocazioni

Si formano durante le sollecitazioni e durante le deformazioni plastiche

Dislocazioni a spigolo



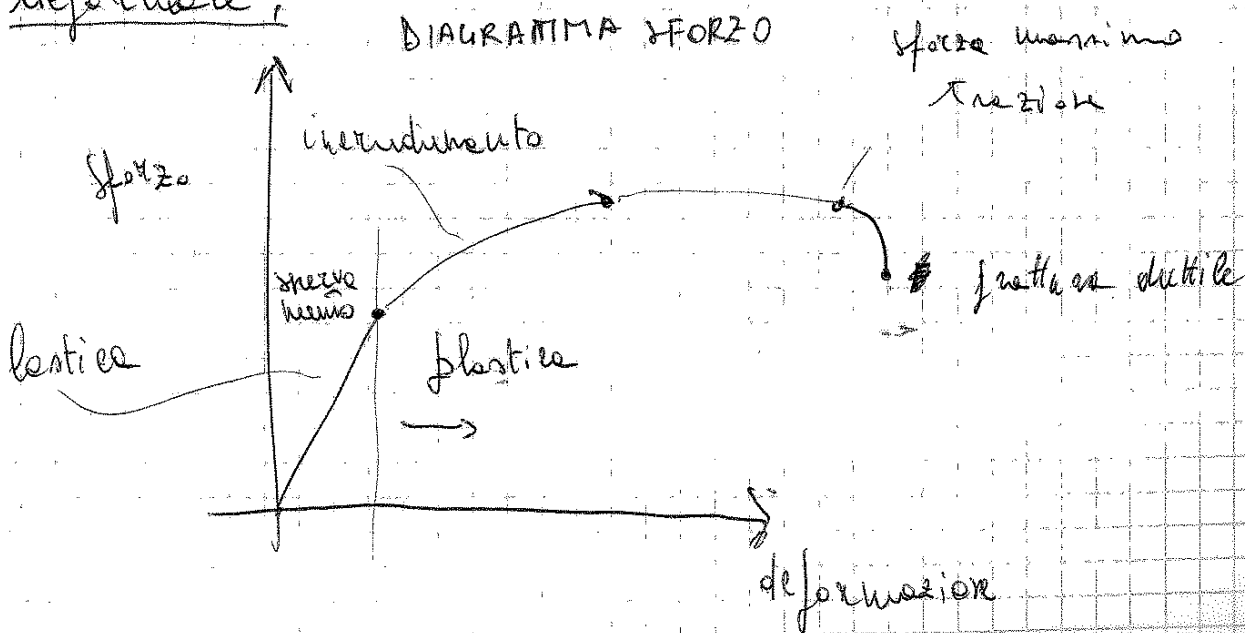
VETORE DI BURGERS → CIRCOLTAZIONE DI BURGERS

Viene identificato il piano di dislocazione.

Si individua una zona di trazione e una di compressione. Le dislocazioni si muovono superato il carico di snervamento, ma si spostano fino al bordo di guaina.

Il vettore di Burgers indica la direzione di movimento. Lo scorrimento è più facile sui piani e nelle direzioni ad elevata densità atomica.

Durante il movimento le dislocazioni generano nuove dislocazioni, e tendono in generale a respingersi quindi servono esatte per estirpare e deformare.



④ Formo ∞ dislocazioni

② Cambio composizione \rightarrow chimico! \rightarrow Reticolo distorto

③ BAC sono un ostacolo al cammino delle dislocazioni, + bordi + rafforzamento
 Gaspi fini hanno un costo di movimento più elevato

DIAGRAMMI DI STATO

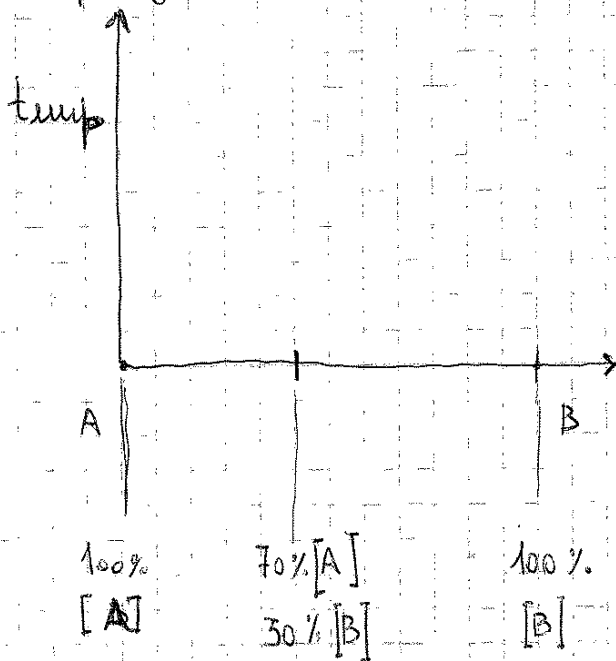
lega: materiale metalli composto

sistema: tutte le leghe possibili di uno o più elementi

fase: porzione di materiale omogeneo

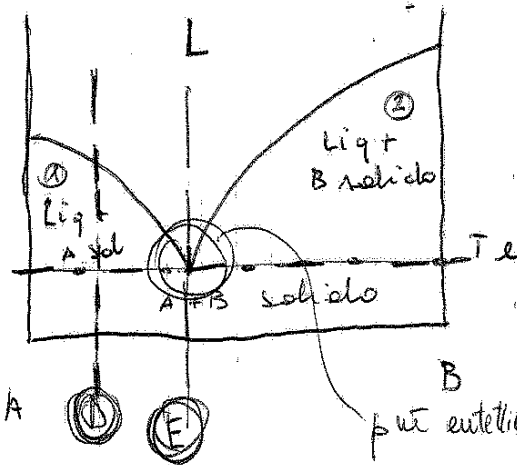
diagramma di stato: descrivere quali e quante fasi di un sistema sono presenti al variare dei parametri intensivi
 composizione temp pressione

° fasi presenti, solubilità max! + peso e n° fasi
 Temp fusione e di transizione di fase



no pressione si usa solo
 con gas
 Generalmente tutti tracciati a
 pressione costante (1 ATM)

IMMISCIBILITÀ NULLA A STATO SOLIDO Bi - Cd



In 1 e 2 solidifica rispettivamente

A e B poi eutetticamente

$$\frac{AB}{AE} 100 = \% \text{ liquido}$$

$$\frac{BE}{AE} 100 = \% \text{ solido}$$

l'ut eutettico

"fonde bene"

LEGA EUTETICA → fonde alla
minime temperatura

fonde tutta alla

stessa temperatura → come se fosse un elemento puro

se raffreddo una

lega di comp E

a T_e ho cristalli

le molle di A e B

solidificano contemporaneamente

Se x di composizione $H \neq E$ solidifica diversamente. Tra la temp di solidificazione e T_e solidifica solo A (si arricchisce di B), raffreddandolo fino a T_e la composizione è pari ad E e solidifica eutetticamente.

blu peritettico

Violetta eutettoideica → eutettica tra solidi $\alpha \rightarrow \beta + \gamma$

Verde eutettico

912 °C $Fe_{\alpha} \rightarrow Fe_{\gamma}$

inverso come

- linee tratteggiate per Carbonio puro (grafite) -

PROPRIETA' MECCANICHE

- elasticità
- plasticità
- fragilità
- usura
- durezza
- fatica

dipendenza dalle sollecitazioni

tipo sollecitazioni } statiche
 } dinamiche
 } temperatura dipendenti

↓
 tensioni compressive
 torsione (origine taglio)

• COEFFICIENTE DI POISSON $\nu = - \frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{ass}}$

≤ 0,5

↑ effetto a volume costante
 in molte ceramiche
 volume, aumenta,
 per via del legame

C'è una certa espansione in volume durante def. plastica (rottura legami, dislocazioni)

0,17 = 0,27 ceramiche
 0,33 metalli
 0,33 = 0,5 polimeri

• MODULO DI YOUNG

Alto materiale rigido (viceversa) elastici

legame
 a volume

legame Van der Waals

REGOLA : SOLVENTE + SOLUTO

equilibri di stato sono veloci in condizioni di equilibrio termodinamico raggiunto (minimo di energia libera). L'energia libera è funzione dell'entropia e dell'entalpia del sistema. L'equilibrio di fase viene espresso dalle tendenze nel tempo delle caratteristiche delle fasi del sistema. Lo scopo è di determinare le fasi presenti a T variabile, pressione e composizione, e calcolare le quantità relative delle fasi presenti in equilibrio e determinare la solubilità massima di un componente in un altro. Ancora, conoscere le temperature di fusione delle varie fasi e le temperature di transizione di fase.

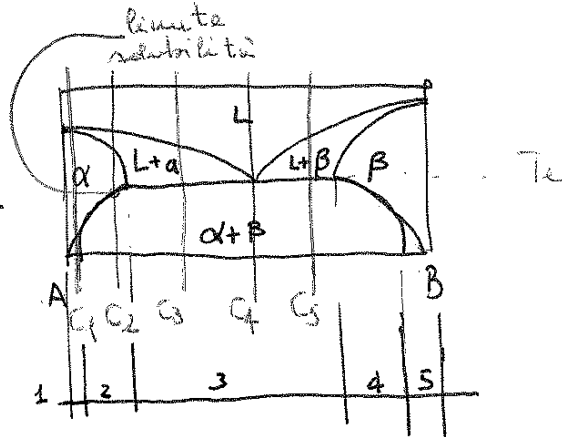
DIAGRAMMI :

- MISCEABILITA' ILLIMITATA
- IMMISCEIBILITA' ALLO STATO SOLIDO
- MISCEABILITA' PARZIALE ALLO STATO SOLIDO } EUTETICI
PERITETICI
- SOLUZIONI SOLIDE INTERMEDIE
- COMPOSTI A FUSIONE CONGRUENTE
- COMPOSTI A FUSIONE INCONGRUENTE

REGOLA DELL'ORIZZONTALE ;

REGOLA DELLA LEVA ;

Particolare analizziamo ①

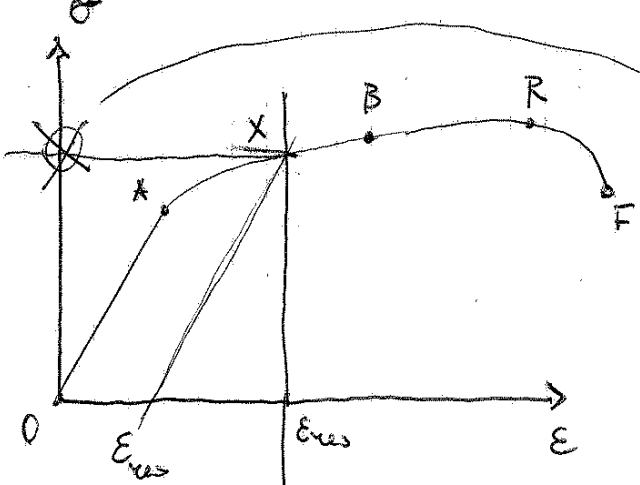


in base alla ~~variazione~~ variabilità di raffreddamento ottengo vari tipi di lega

- > lega monofasica
- > lega bifasica non eutettica (grani α e β piccoli)
- > lega ipoeutettica con ayda della leva posso calcolare la composizione di α primario poi superate inferiormente T_e solidifica eutetticamente in α e β
- > lega eutettica
- > lega ipereutettica

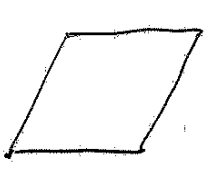
- 1 e 5 -> sistema rafforzamento soluzione solida
- 2 e 4 -> sistema rafforzamento soluzione solida e mescole fasi (α x 2, β x 4)
- 3 -> sistema rafforzamento soluzione solida, mescole fasi e affinamento del grano

materiali DUTILL prima della rottura superato
 sovrammento hanno def plastica e in conclusione
 stura.



crisis sovrammento convenzionale
 0,2% deformazione
 permanente

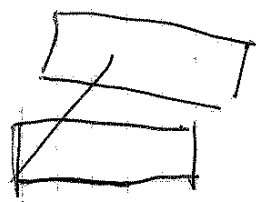
stoppo il carico, avviene
 def plastica, recupera
 def. $\{ \overline{OA} // \overline{X E_{res}} \}$



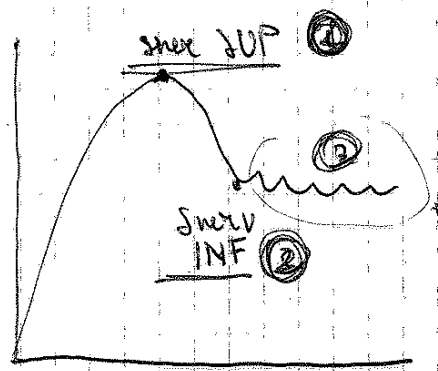
IRRES



DEF



FRATTURA
 CLIVAGGIO



BANDE DI LUDERS

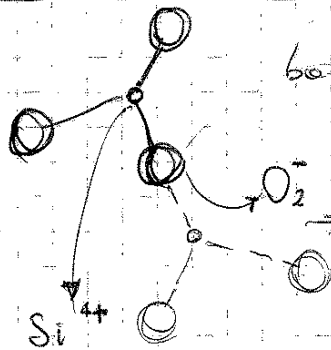
si ondula la
 superficie le lamiere sono soggette
 a questo fenomeno superficiale

> Carico messo a moto dissoluzioni inizia def permanente
 gli acciai dolci lo sovrammento avviene prima emulsione per
 diffonde (sen dissoluz) - (2) con (1) tutto il provino dissoluz
 inizia in emulsione

VETRO TERNARIO (ARTISTICO) SiO_2, Na_2O, CaO

TETRAEDRO SILICE CRISTALLINA

UNITA' PARTENZA



base del vetro

non ha sempre lo stesso angolo di legame => struttura amorfa

Ossigeno pontante

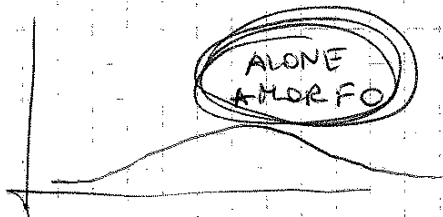
lega 2 tetraedri

FORMATORI

FANNO PARTE NETWORK VETROSO

POSSONO FORMARE VETRO

DIFFRAZIONE AI RAGGI X non presenta picchi quindi
interferenza costruttiva



TIPICO VETRI

interferenza costruttiva

$T < T_g$ fragile

$T > T_g$ (liquido sovraraffreddato)

VISCOSITA' CARATTERISTICHE

↳ scala logaritmica

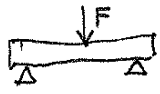
ACITA' Quantità energia che un materiale assorbe prima di giungere a rottura

RESILIENZA Idem ma giunge a rottura x urto (minimo la fragilità)

Per tutti i materiali hanno una transizione duttile fragile ($T_c \approx -75^\circ\text{C}$)

-C deformazione plastica elevata a $T_{ambiente}$ e bassa

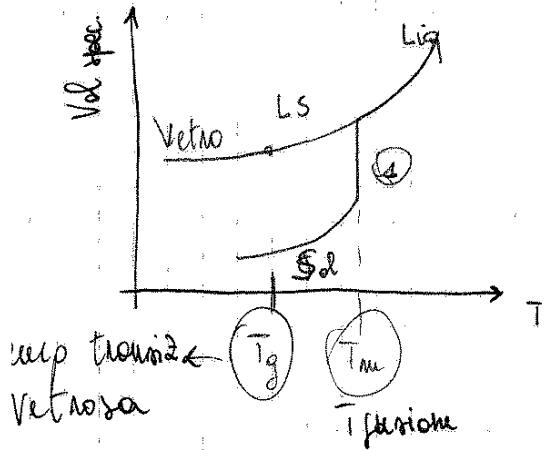
-C mobilità delle dislocazioni diminuisce con la temperatura

PROVA A FLESSIONE  migliore per materiali fragili

Stati sono attivi e termici

COMP
TRAZI

È uno stretto rapporto tra volume specifico $\left[\frac{m^3}{kg} \right]$

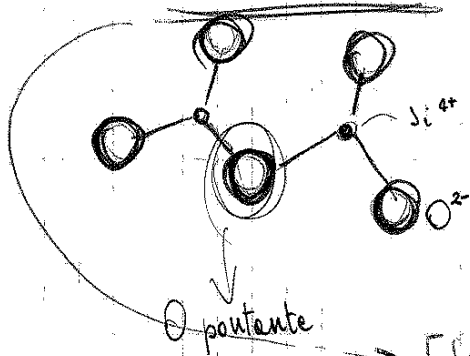


① fase termodinamica stabile di cristallizzazione
 Otengo una brusca diminuzione di volume, con il salto la caduta in ordinate sul grafico.

(Ls liquido rotto / fuso)

Per gli esempi lo una diminuzione continua del volume al diminuire della temperatura.

I vetri comuni sono prodotti dalla solidificazione, senza cristallizzazione, di un composto formato principalmente in silice fusa calda ($T_f \approx 1500^\circ C$)
 SiO_2 Tetraedro di silice cristallina strutture cristalline di partenza



(Ossidiana → struttura planare a zigzag)
 ↓
 Silice cristallina

Silice vetrosa la struttura è amorfa ⇒ gli angoli di legame tra le varie celle elementari sono diversi

VETRIFICANTI o FORMATORI DI RETICOLO = stabilizzatori. Sono sostanze che possono assumere strutture vetrose [VETRIFICANTI]

Costituiscono il reticolo amorfo [FORMATORI] fanno anche parte del network vetroso

ESEMPLI silice, ossidi di boro, ossido di tellurio, ossidi di zolfo

$\eta = [\text{Pa} \cdot \text{s}]$ VISCOSITÀ

RAPPORTO VISCOSITÀ / TEMPERATURA

- Per $\eta = 10 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ → PUNTO FUSIONE il vetro può essere considerato un liquido
- 1) $\eta = 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ → PUNTO LAVORAZIONE il vetro è facilmente deformabile
- 2) $4 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ → PUNTO DI RANFOLLIMENTO max T / si può maneggiare a senza def
- $10^{12} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ PUNTO DI RICOTTURA la diffusione atomica è sufficiente col eliminare le tensioni residue entro 15 min
- $3 \cdot 10^{15}$ PUNTO DI DEFORMAZIONE a T < si ha fratture fragili prima delle def plastiche

(T fratture > Tg > T deformazione)

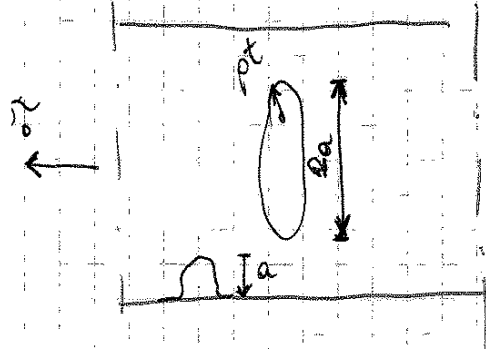
TRA ① e ② ho l'intervallo di lavorazione → $10^3 - 4 \cdot 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

(Fratture Fragile) → Meccanica delle fratture Griffith ~

Studia e quantifica i rapporti fra proprietà del materiale, livello di sforzo, presenza di difetti e spazi di indurre formazioni di cricche e meccanismi di propagazione delle cricche. La resistenza a rottura di un materiale solido è funzione delle forze coesive esistenti tra gli atomi del materiale stesso. Materiali fragili → resistenza a rottura ≈ modulo Young / 10 ma in realtà è inferiore delle 10 alle 100 volte. Secondo Griffith

∃ difetti microscopici, cricche, che ∃ sempre nelle normali condizioni del materiale. Poi le cricche agiscono come concentratori degli sforzi all'apice dei difetti. $\sigma_m > \sigma_0$ slide 22 σ_0 tensione nominale

CONCENTRAZIONE DEGLI SFORZI



se raggio di curvatura << r, la cricca è lunga le σ_0 effettive all'apice può essere >> σ_0

PROPRIETA' OTICHE - Trasparenza τ (+ importante proprietà ottica) rapporto tra radiazione trasmessa e incidente. In generale $< 1 \approx 0,8$ nei vetri incolori, $\approx 0,6$ nel caso di lenti scoppiate. Indice di rifrazione $n = c/v$ nel vetro soda lime $\approx 1,5 \Rightarrow$ la luce viaggia a circa $2/3$ della vel della luce

PRODUZIONE E TIPOLOGIA

Preparazione miscela: purificazione, emulsione, macinazione e mescolamento polveri \rightarrow max omogeneità reagenti.

Fusione: > 6 h $\alpha \approx 1500^\circ\text{C}$ (forni a canale, a bacino, a esigolo)

Affinazione: eliminazione gas e impurità riscaldando a 1200°C in 12 h

Formatura: lento, fino alle T di lavorazione $950^\circ \div 1200^\circ\text{C}$

Ricottura: rilascio tensioni interne mediante riscaldamento a $T \approx T_g$

facendo lentamente raffreddare a temperatura ambiente.

Vieni affinato usando NaNO_3 , As_2O_3 , Na_2SO_4 che riscaldando volatilizzano e trascinano bolle occluse preesistenti. SVILUPPO RAPIDO GAS \rightarrow EFFICACE

RIMESCOLAMENTO \rightarrow OMOLGENIZZAZIONE. Durante l'affinazione $T_{\text{max}} \Rightarrow < m, \Rightarrow$ allentamento bolle facilitato.

Di base si hanno vari tipi di vetro: TIRATO (trattura meccanica delle masse fuse non perfette planarità) COLATO (per edata e poi laminazione) CRISTALLO (o float ottenuto per edata su stagno fuso). Quest'ultimo ha un'alta concentrazione di Pb, VETRO DI SILICE per fusione di silice da quarzo puro a $T > 2000^\circ\text{C}$ si può impiegare a $T > 1000^\circ\text{C}$, basso α , trasparente e UV e IR, utilizzato

ma

PROVA DI COMPRESSIONE CLS (UNI 6130-1)

Cubo 15 cm, CILINDRO $\varnothing 15$ h 30

Dim minore deve essere 3,5 volte la dim max dell' inerte

~~PROVA~~ FORMA FORNA PROVINO → CUBIERA

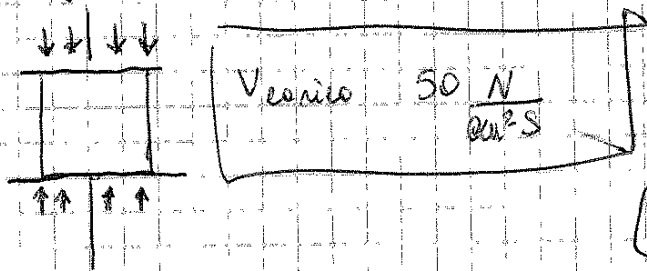
PROVINI IN LABORATORIO - corretta pesatura, umidità ambiente temperature (relative alla stagiazione 28 gg)

PROVINI IN CANTIERE come sai

RECUPERO DI CANTIERE esatto provinatura

Del getto in ~~opera~~ opere CAROTACCIO

PROVA: si inglobizza provino (mole)



per definizione
prove veloci!
(qualche minuto)

Ottingo conico di rottura (non significativo) ho bisogno di un dato statistico. Il provino deve rompersi a pezzi inclinati 45° per via degli forzi tangenziali.

Sono sforzi di trazione | al conico
Sono un minimo in corrispondenza di prisma a 45°
di cricche non si propagano finché non raggiunge almeno 30% del conico di rottura, in linea di massima.

All' 80% dello sforzo le cricche finiscono la loro propagazione all'aumentare del conico e si propagano per via del solo stato di compressione

MATERIALI ISOLANTI IN BASE ALL'ORIGINE:

- VEGETALE ①
- SINTETICA ②
- MINERALE ③

FIBRA DI LEGNO RICAVATA DAGLI SCARTI DI PRODUZIONE, TRATTATI POI CON SOLFATO DI AL (ANTITARMICO-PARASSITARIO) L'IDROREPELLENZA

E' RAFFORZATA CON BITUME O RESINE NATURALI, GENERALMENTE ECO-COMPATIBILE TA PIU' E' PESANTE IL TRATTAMENTO PIU' SI DISTACCA DA QUESTA CONDIZIONE. NOLTRE IL COSTO ENERGETICO DI PRODUZIONE E' ALTO.

PROPRIETA' largamente disponibile, isolamento termico ottimo, fessomorbante, traspirante (conservato in magli e scutti)

FIBRA DI LEGNO MINERALIZZATA SI ELIMINA LA PARTE ORGANICA INFIAMMABILE E DEPERIBILE CON IMPREGNANTI CON MAGNESITE E/O CEMENTO, DUNQUE NON E' RICICLABILE PROPRIETA' lunga durata, insensibile ad acqua e gelo, utilizzabile per pavimentazioni esterne, accumulo termico elevato, fessomorbante, traspirante, ignifugo, utilizzato in nautica per murature di ponte, coeff esp termica basso

SUGHERO COTO A PRESSIONE SENZA COLLANTI O A TAPPA CON RIGONFIAMENTO EQUERO E POCO RESISTENTE MECCANICAMENTE, E' ECOCOMPATIBILE RICICLABILE E ADDIRITTURA COMPOSTABILE, PUO' CONTENERE % >> DI UREA-FORMALDEIDE (X)

PROPRIETA' per via della struttura cellulare con ampia esposta ad aria: un ottimo isolante termico-acustico, è elasticamente e traspirante solo dal caldo ed è permeabile al vapore. Inoltre esprime negli agrumi e cidi, in più resiste, ma si propaga la fessura e limitata disponibilità -> eschezze stagionali.

FIBRA DI CELLULOSA struttura a fibre parallele => porosità >> => isole le fibre di cellulosa viene aggiunta fibre di polistirene che fanno che sostengono durante il pannello e l'ortocita compattezza e lavorabilità. Alternative ecologiche -> e dolcificanti di loro (ignifugo)

PROPRIETA' Traspirante, ignorespica, fessomorbante, basso effetto protettivo estivo mentre ottimo isolante dal freddo, conservare il legno essiccato. Basso densità, in fiocchi o pannelli con fibre di juta

LIESTERE isolante termico e fonoassorbente, lunga
vita. Considerato ecologico perché prodotto da plastiche di
ciclo, non contiene sostanze tossiche. In commercio come
estensivi flessibili, impiegato nelle intercapedini di passaggio
t-int e in quelle divisorie fra suite incombustibili

FIBRA DI VETRO (già per via di additivi) del ciclo del vetro
l'impatto ambientale è alto ma è prodotto con 95% di
materie prime naturali e riciclate (80% vetro) ed è e sua
te riciclabile. Fonoisolante (anti-urto e di facciata)
non isolante (conduttività termica \approx aria!), imputrescibile,
solente al freddo e al caldo. Umidità ambiente fortemente
assorbibile termica. Traspirante, coeff esp term basso
non combustibile. **MARMITE NOTORNI**

FIBRA DI ROCCIA rocce eruttive processate con additivi solenti.
ossietà pesante, può essere biodegradabile non comunque
per le fibre

solente e eruttivo ottimo, protegge da H₂O ed è traspirante alle
diffusione del vapore, fonoassorbente, ortecolo passaggio calore,
certificato REI

ROCCIA ESPANSA ~~granuli~~ granuli di argille cotti dalle strutture
stratificate con micro cavità interne. Non combustibile, rispettoso
ambiente epimicamente, eruttivamente permio. Marmite alleggeriti - - -

ROCCIA ESPANSA roccia vulcanica nella quale l'evaporazione
all'acqua provoca espansione delle porosità. Ecocompatibile.
non isolante e fonoassorbente, impermeabilità H₂O (microcavità
non), incombustibile, può essere accoppiate a lastre di
distinta spessore, resiste a compressione (pavimenti)
coeff esp term basso

Filo $10\text{ m} \times 1\text{ mm}^2$ (solto peso e trazione 10 N)

Supponiamo: Cu $E = 110\text{ GPa}$

Acciaio $E = 210\text{ GPa}$

$\sigma = 10\text{ N/mm}^2$; deformazione

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow \varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\textcircled{1} = \frac{10 \cdot 10^6\text{ Pa}}{110 \cdot 10^9\text{ Pa}} = 0,009\%$$

$$\textcircled{2} = \frac{10 \cdot 10^6\text{ Pa}}{210 \cdot 10^9\text{ Pa}} =$$

Allungamento $\textcircled{1} \Delta l = \frac{1}{E} \cdot (E + 1) l_0 = 10,009\text{ }\mu\text{m}$

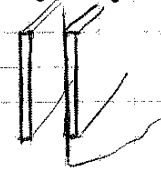
$\textcircled{2}$ stesse cose

VETRI RIFLETTENTI (attualmente in uso) riflettono una notevole frazione dell'energia solare incidente. Si depongono strati di metalli e/o ossidi:

PULVISI → sulla sup. calda del vetro ^{spruzzo} ~~metallizzato~~ in sospensione opportuna reagenti → creano film di ossido di Ti e/o eventualmente Fe Co Ni Al Zn. Sono comunque aperture nocive per l'ambiente.

SPUTERINI - CATIONICI, con campo B elevato e sotto vuoto-spinto, di metalli e ossidi metallici (Au Ni-Cr acciaio inox) vengono realizzati film dell'ordine di qualche etomo di spessore. Sono più delicati ma hanno migliori prestazioni termiche.

CONSUMO ENERGETICO INVERNALE La trasmittanza del componente spesso deve essere molto bassa, risolto con vetrocamera doppia o tripla passando da $U = 6 \frac{W}{m^2K}$ fino a $\approx 2 \frac{W}{m^2K}$. La vetrocamera può anche essere riempita con gas inerte tipo Ar, Neon.

te  questa faccia viene ricoperta di un film (e box di Ag o Zn) a bassa emissività, cioè ad alta riflettanza nel IR. Questo è il vetro basso-emissivo.

SUPERFICIE AUTOPULENTI sulla superficie ho un film di ossido di titanio, a contatto con la luce solare viene catalizzata una reazione di ossido ~~di~~ riduzione degli organici, dunque l'idrofobia del TiO_2 permette all'acqua di dilavare le particelle organiche pruvate.

ISOLAMENTO ACUSTICO una parete riduce l'intensità di un qualsiasi suono che l'attraversa di un fattore costante → potere fonoisolante. L'attenuazione segue la legge delle masse. Si può aumentare dunque lo spessore oppure interponendo uno strato ~~viscoelastico~~ viscoelastico.

Fibre di vetro → Rinforzo o isolamento

FATICA NEI MATERIALI degrado della resistenza meccanica subito quando sottoposto a uno sforzo ciclico $\sigma_{app} < \sigma_y$ (causa principale di rotture di componenti in esercizio). Definire tensione limite a cui deve essere sottoposto affinché non subisca rottura per fatica, lo comunque $\sigma_{app} < \sigma_y$.

Un danno iniziale localizzato in corrispondenza di una zona di concentrazione degli sforzi può innescare una o più cricche fino alla rottura del componente dopo x cicli di carico. Non bisogna credere che anche se $\sigma_{app} < \sigma_y$ sia tutto a posto. Fattori di influenza oltre alla concentrazione di sforzi ambiente corrosivo e temperatura di esercizio. Defetti superficiali sono quelli che meno riesce a controllare.

PROVE A FATICA → ottengo curve ammantate tranne per l'alluminio (aeronautica). Partendo da un valore di resistenza, dopo x giri si sinteticamente tendere a un valore limite ⇒ rottura schiacciata.

Indicativamente limite fatica acciaio 30-60% res a trazione → dipende dalla finitura (finitura a pezzo. Tagliare, in generale, la res a fatica p monitorare qualità sup del materiale (ES: partite tonole non gravi, con spigoli vivi sono da monitorare).

DUREZZA → res indentazione. Scala MOHS ~~resistenza~~ durezza con 10 materiali standard del diamante o fol.

Gli atomi di un solido posti in vibrazione della temperatura non sono svincolati gli uni dagli altri, possiamo quindi descrivere l'oscillazione come collettiva introducendo il fonone. La velocità del fonone è la velocità del suono nel materiale. Un materiale a buone cond. elettr., in generale, avrà buone cond. term. causa il moto degli elettroni. La presenza di impurità in lega ne influenza le proprietà. Il moto dei fononi è prevalente nei cristalli ed è meno efficiente \rightarrow isolanti. Cond. term. vetri & ceramici \rightarrow difficoltà propagazione onde vibrazionali in assenza di urti. Materie porose \rightarrow cond. term. aria e non conduttore.

Nei polimeri invece parte del calore viene dissipato in fononi rotazionali e vibrazionali delle macromolecole, tanto più questi più sono amorfi. quasi parte calore relative elettroni e fononi

$Q = Q_e + Q_{fon}$ \rightarrow peggiore propagazione fononi
mentre propagazione elettronica è superiore rispetto T

Dilatazione termica fisicamente descritta con coeff $\alpha \rightarrow \Delta l = \alpha_0 \Delta T$
 Se il solido viene meccanicamente vincolato e poi riscaldato/raffreddato si introducono sollecitazioni di compressione/trazione. Se ripetute possono causare fratture o deformazioni ($\sigma = E \alpha_0 \Delta T$) \rightarrow Rotore

In fase di progettazione è importante considerare prevedere giunti e velocità e accoppiare valori di α simili. [ES] per giunture metalliche è opportuno giunture con resine polimeriche additivando fibre di vetro o ceramiche per ridurre α delle resine

PRODOTTI ARGILLOSI: es. di porcellane → 1/2 argille 1/4 Quarzo

1/4 feldspato

① MATERIALE RIEMPITIVO poco costoso duro inerte altofondente

sono meagreganti riducono ritiro → schelatro (deformabile)

② AGENTE FONDENTE put fusione basso, fanno fase liquida in cottura [CaCO₃ molto usato] (anche feldspati)

Due aspetti importanti → finzza macinazione (migliore mineralogia) plasticità.

H₂O 10-25% in peso di quantità per idroplasticità, dipende da finzza e dal processo infetti. > H₂O ⇒ > ritiro e > essicca

Durante essiccazione perdita reversibile H₂O, mentre in cottura no. Diminuendo % H₂O migliora resistenza meccanica.

FELDSPATI sono alico-alluminati XAl(Al, Si)₂O₈ X: {K, Ca, Na, Ba}

PROCESSO FABBRICAZIONE: In base a quantità di base meagregante e fondente ottengo vari prodotti (laterizi, faenze grès, porcellane). Per i laterizi si usano argille meno pure (ox ferrico abbondante → colore rosso) divise in magre e grasse

PROCESSO FABBRICAZIONE:
 POLVERI → IMPASTO
 FORMATURA + ESSICCAMENTO
 COTTURA + RIFINITURA

3 DIVERSI CICLI!

MATERIE PRIME DELLA BASE

IMPASTO

FORMATURA (VERDE)

ESSICCAMENTO

COTTURA



LATERIZI

PRIMA COTTURA (BISCOTTO)

SMALTATURA

SEC. COTTURA (VETRATO)

SMALTATI BISCOTTURA

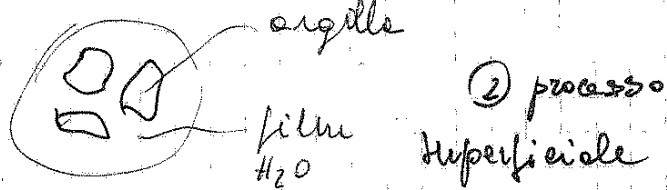
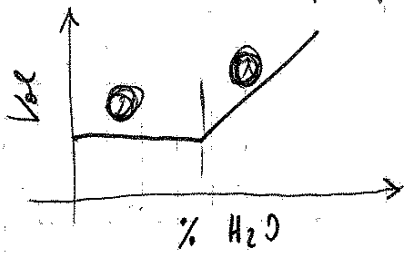
SMALTATURA

COTTURA



SMALTATI MONOCOTTURA

ESSICCAMENTO: Il perché del ritiro volumetrico è spiegato dal fatto della progressiva diminuzione dell'acqua interparticellare.



~~diminuzione~~ acqua nei pori ma volume non varia anzi le particelle si mantengono alla stessa distanza.

Per questo processo non supero mai i 120°C. ① acqua diffonde, se troppo veloce => distorsioni inessature rotture ② Evaporazione

Note Bene => il ritiro deve avvenire prima della cottura altrimenti fessure e rotture, Ma come eliminate e controllo di temp e umidità!

PIASTRELLE ≈ 40 min; SANITARI ≈ 4-5 ore; TAVELLE 10 gg d'aria.

3 tecniche a microonde: tempo << produttività >>

Ho un posto trasparente alle microonde mentre H₂O elevato assorbimento quindi => risolamento rapido selettivo e uniforme ↓

POST-ESSICCAMENTO: smaltatura decorazione arcobatura (tratto superficie all'usura)

C 0,088% ACCIAIO IPOEUTETICO tutto ferrite con piccole zone di perlite (quasi tutto C in soluzione)

~~C 0,21%~~ C 0,21% (IPOEUTETOIDICO) Ferrite + Pearlite [non molto duttile & fase grano fine]

C 0,46% perlite $\approx 50\%$ fragile

C 0,85% EUTETOIDICO tutta perlite

C 1,2% IPEREUTETOIDICO perlite + cementite

Acciai speciali o legati: oltre a Fe e C hanno quantitativi non trascurabili di elementi di lega

Maggiore %C \Rightarrow maggiore durezza e carico rottura e allungamento ma diminuiscono strizione ed allungamento \Rightarrow diventa acciaio ~~meno~~ fragile e meno duttile

①	}	extra dolci	C < 0,15%
		dolci	0,15 ÷ 0,25%
		semiduri	0,25 ÷ 0,50%
		duri	0,5 ÷ 0,75%
		extraduri	

① i meno costosi facilmente lavorabili utilizzati in lamiere travi strutturali

le proprietà variano con continuità al variare del regime di carbonio.

>T perlite grossolana > diffusione

<T perlite fine < diffusione \rightarrow + resistente e risparmio del grasso (perlite globulare)

MARTENSITE \rightarrow fuori equilibrio, struttura tetragonale (\approx ferrite) si forma raffreddando velocemente da $T > 723^\circ\text{C}$ buttando in H_2O il "corpo"

CERAMICI CONTINUA - - SINTERIZZAZIONE

COTTURA (TRADIZIONALI tipo AVANZATI) "forno e tunnel"

40 ÷ 105 m lunghezza $\approx 1250^{\circ}\text{C}$ tempi 10 ÷ 14 h.

A muffola



fiamme e pezzi in movimento

che li protegge dal contatto diretto

Primitivi



A tiraggio verticale o orizzontale

SINTERIZZAZIONE "metallurgia delle polveri" riscaldamento il verde fino a $3/4$ delle temp di fusione, si legge riduzione di volume fino a formare solido denso

Le temperature sono elevate! Problemi tecnologici legati al costo sviluppo (resistenze in Fe per esempio in silicio di molibdeno), la sinterizzazione avviene per diffusione degli atomi ai punti di contatto (fenomeno cinetico attivato termicamente secondo la prima legge di Fick) Trattamenti pressurizzati e non, la pressione è un catalizzatore in quanto avvicina le particelle, nei ceramici non è usato il trattamento pressurizzato.

È un processo che necessita di un verde ~~da~~ allo stato solido ~~o~~ al più con la presenza di una fase liquida.

Un buon gradiente granulometrico aiuta la sinterizzazione. La forza motrice è la riduzione dell'area superficiale totale del verde. POLVERI COMPATTE (elevato n° punti di contatto fra particelle, volume pori grande in libero in elevato) \Rightarrow SOLIDO SINTERIZZATO (gli atomi si fondono, particelle legate in basse)

Ogni materiale ha delle proprie temperature per la sinterizzazione (laterizi 900-1000 °C, porcellane 1250-1450). Le porosità e le caratteristiche fisiche dipendono dalla composizione dell'impasto e da T. Prodotti compatti sinterizzano a $T > 1200^\circ\text{C}$ da impasti che danno fase vetrosa, prodotti porosi invece $T < 1100^\circ\text{C}$ e materie prime scarse di fondenti.

COTTURA (per scegliere di temp ho)

-> 200 °C rimuovo H₂O residua e quella su argille, poi H₂O di cristallizzazione (temp reticolo); formazione miscela di silice e Allumina; -> 700 °C rimuovo O e sost organiche, -> 800-900 °C decarbonizzazione del carbonio e formazione MULLITE, -> 900-1100 °C formazione fase liquida quindi contrazione e diminuzione porosità. N.B. T troppo elevate viscosità << => deformazione. Le porosità finali è ~~determinata dalla~~ funzione granulometrica % in peso dei fondenti e dalla T di cottura e dal tempo di proprietà funzioni di temp cottura!

SMALTI E SMALTATURA -> rivestimento di natura vetrosa e rende superficie -> impermeabile, + dura + resistente, facilmente pulibile ed esteticamente gradevole. Deve avere esatte fluidità e affinità tra loro e si fissi adeguatamente bene, è importante che in cottura sia in grado di espellere eventuali gas. Le temp di trattamento compatibili con temp cottura supporto.

(DILATOMETRICA base -> composizione smalto)
silice è formatore vetro, per evitare eccessive vetrificazione uso modificatori di reticolo. Anche smalti preconfzionati.

SMALTO { trasparente (vetrine)
opaco / colorato

Applicati come sospensioni acquose in modo automatizzato (immersione o a spruzzo)

ACCIAI TRATTAMENTI TERMICI $f(T, t)!$

① Ricottura, ② normalizzazione,

Point A_1 (723°C indipendente dalla temp)

① adollescere acciaio lo rende più lavorabile

- completa $T > 50^\circ\text{C}$ ~~A_3~~ e lo lascia in forno. Segue il proprio diagramma di stato. Usate per lavorazioni ad utensile, poi raffreddo. Costosa! Se raffreddamento lento gravi di eccessive dimensioni.

- da officina lo porta a $T < A_1$ (tempo forate + perdite) Le reazioni che dovrebbero avvenire hanno il tempo di essere.

TEMPRA \rightarrow raffreddamento veloce $50 + A_3 \rightarrow$ cementizzazione

Raffreddo in H_2O , soluzioni saline, sali fusi, olio

Il reticolo risultante è distorto \Rightarrow MARTENSITE (polimorfismo cristallino). Ottimo durezza (\Rightarrow fragilità) e resistenza.

% C \Rightarrow \Rightarrow temp \Rightarrow facile la temp da luogo e forti tensioni interne. Per adollescere trattamento tutto pezzo in bagni salini e $T > T_{\text{martensite}}$. Pezzi piccoli affinché non ci sia troppa diff T tra cuore e superficie pezzo e non si ericki.

② $+50^\circ\text{C}$ $A_3 \rightarrow$ cementizzazione lo raffreddo in aria calma \Rightarrow perlite finezza elvete \Rightarrow durezza \Rightarrow tensioni interne \leftarrow

RINVENIMENTO (2° trattamento) riduce fragilità (accoppio e temp) e quindi durezza. TEMPRA + RINV. = BONIFICA

lo pezzo eseguire a $\neq T$ una compagine $< A_1$

Ideale a $400 - 650^\circ\text{C} \Rightarrow$ ottimo solite (Hardness Rockwell C 45) Cementite globulare in matrice ferritica

RME ALLOTROPICHE Fe ($T_f = 1538^\circ\text{C}$): $\rightarrow 910^\circ\text{C}$ Fe α ; $\rightarrow 1394^\circ\text{C}$ Fe γ , Fe δ

FASE FERROSE Acciai e ghise. ① Regime C < 2% . Le strutture principali sono AUSTENITE (Fe γ +C) , FERRITE (Fe α +C) , PERLITE (lamelle alternate di ferrite e carburo di ferro)

Tenore C 2 ÷ 4%

Fase α ha struttura CCC \Rightarrow solubilità esotermica quasi nulla

Fase γ \rightarrow FCC \Rightarrow maggior solubilità carbonio

ementite: composto intermetallico [Fe $_3$ C]. Tenore C \approx 6,67% in peso.

Quando l'acciaio puro raffreddato il C in eccesso esce dalla soluzione come ementite. Si forma nelle reazioni eutettiche e in quelle eutettoidiche.

Il diagramma di stato Fe-C si può suddividere in 2 sottodiagrammi più semplici. Si usa il diagramma Fe - Fe $_3$ C

Le trasformazioni di fase principali (punti critici) sono:

1 punto eutettoidico (723°C)

3 la linea che separa Fe α +Fe γ da Fe γ puro $912 \div 723^\circ\text{C}$

Trasformazioni nello stato solido.

Acciai con C < 0,8% : $912 \div 723^\circ\text{C}$ una parte di austenite si trasforma in ferrite (BCC); 723°C trasformazione eutettica tra 2 solidi.

L'austenite residua si trasforma in ferrite e ementite e forma perlite: componente microstrutturale lamellare

$\leq 0,8\%$ austenite primaria stabile fino a 723°C \Rightarrow trasformazione eutettoidica all'austenite

$> 0,8\%$ e $T_{1147} \div 723^\circ$ dal ferro si ripurga progressivamente l'austenite a 723° . L'austenite residua si trasforma in perlite

MARTENSITE: si forma quando le leghe Fe-C si raffreddano velocemente da una $T > A_3$ fino a T_{amb} . È un costituente fase singola in condizioni di non equilibrio che si forma senza diffusione. Si forma quando la T di raffreddamento è tale che impedisce la diffusione del C dalle austenite (CFC) e si ha una trasformazione polimorfa in martensite TCC (tetragonale e corpo centrato). Si trasforma rapidamente in strutture α ricettive.

TRATTAMENTI TERMICI

CERAMICI CLASS SO POROSITA' RESIDUA

Porosità → funzioni assorbimento H_2O Sono

PASTA POROSA (ass $H_2O > 5\%$) PASTA COMPATA

① grani separati da pori e interstizi ② questi punti sono colmati da una fase vetrosa formatesi in fase di cottura

CER TRADIZIONALI: laterizi, piastrelle, apparecchi igienico sanitari, vasellame, stoviglie, porcellane tecniche, refrattari.

LATERIZI (400 kg/anno) cottura 900-1050 °C elementi e paste porose non griffate. Poco cotti elbasi (scarse meccanicamente)

Troppo cotti fessurati (scarse aderisce molto) Ben cotti forti.

Requisiti: uniformità, ass H_2O , no efflorescenze, rischio gelività. Elementi di copertura: tegole, coppi

Piastrelle vengono classificate in gruppi (NORMA UNI) in funzione dell'assorbimento H_2O e del metodo di formatura

Tipo A (estrusione) B (pressatura) 4 range ass H_2O I IIa IIb III

GRES (impermeabile, res meccan >>, inerzia chimica) griffata

NATURALI con argille contenenti fondenti in sufficiente quantità

(condutture, sanitari, piastrelle)

ARTIFICIALI (fusi) additivo fondenti, essenzialmente fosfato, e argille prive di ossidi ferrici

PORCELLANI → 2 paste bianche, materi prime ottime: sodio, quarzo, filospati (sopraenti e fondenti)

TENERE prevale fase liquida → ornamentali

DURE prevale fase cristallina → trattamento 900-1000 °C

post trattamento a 1400 °C → inerzia chimica e resistenza meccanicamente ottimi (caviglioli, isolanti)

H_2O impasto = H_2O idratazione + H_2O libere. ① Evapora lasciando porosità (minime). Dunque scarse proprietà meccaniche, ammortizzatore umidità, leggero, fonoisolante, resiste fuoco → evapora acqua interna. Fibra vetro per intonaci. Scasso isolante termico. Mai esposto all'azione dell'acqua, mai con metalli e leghe (soprattutto acciai ghise) ⇒ ruggine $Fe(OH)_3$ anche con eschezioni ammoniacali (stelle).

ACCIAIO PER CLS ARMATO barre tonda liscie

FeB 22K ① dolce FeB 32K ② semiduro ; ① $\sigma_{rottura} > 335 \text{ MPa}$ $\sigma_{snervamento} > 215$

allungamento di rottura $> 24 \% l_0$

② $\sigma_{rottura} > 490 \text{ MPa}$ $\sigma_{snervamento} > 315 \text{ MPa}$ allungamento di rottura $> 23 \% l_0$

barre ad aderenza migliorata B450C (NERVATO)

carico snervamento $425 - 472 \text{ MPa}$ rottura 540 MPa

Necessità di duttilità per rispondere adeguatamente in condizioni sismiche: deformazione minima % al carico massimo (carico di rottura)

$= 7,5 \%$ sottoposto a piegature 90° e ridirizzato senza danni superficiali

Per la saldabilità composizione controllata $C < 0,22 \%$

P e $S < 0,05 \%$

PRODOTTI A BASE DI GESSO

gesso da modellatori: fine ed impalpabile (seglida) si scelde la pietra
gesso $\rightarrow 130^{\circ}\text{C}$ si riduce $\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ da 22 a 6 $\approx (\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O})$

gesso ordinario (da presa) polvere grossolana e sicché la costruzione
chiede meno accorgimenti, cotto a $\approx 170^{\circ}\text{C}$. Viene usato per
stucature ~~in~~ intonaci.

TUCCO: decorazioni a rilievo su intonaco (\approx massimo a vista)

E' tecnicamente un intonaco a base di solfato emidratato granuli d'acqua
al max.

gesso FORTE: (o da pavimenti) cotto a $\approx 300^{\circ}\text{C}$ (emichide insolubile)

presa lenta ma molto resistente (uso catalizzatori)

È anche COMPONENTI PREFABBRICATI (cartongessi x tramezzi) dopo posa

una mano di stucatura per pori giunti ecc. - - - per cartongesso $10 \div 25\text{mm}$

$1\text{m}^2 \approx 3$ blocchi \uparrow di pieni o alveolari; spessore $4 \div 15\text{cm}$

Produzione in continuo! (rulli che comprimono)

CARBONATAZIONE deve interessare tutto granello di Ca(OH)_2 più il grano è fine meglio avviene. A fine processo non è più solubile. Se ~~si carbonatava~~ evaporazione \Rightarrow il manufatto risulta incoerente! Essendo che può legare materiali porosi equilibro la quantità H_2O in modo che non assorba troppa velocemente H_2O e rimanga incoerente molto. Inoltre acqua preventivamente superfici saturate porosità. Additivo inerte (sabbia) spunghi le porosità dovute a ritiro acqua non fissurino molto. Vedendo inoltre carbonatazione di pegioni sono sabbie argillose, le più pregiate sono quelle silicee meccanicamente migliori, in genere uso sabbie calcaree! Con sabbie argillose o marine lava con H_2O . Lavoro con eccesso di gesso: 1 pct di gesso \rightarrow 2-3 di sabbia in volume; in peso 100 kg sabbie per 15 kg di gesso ~~si granulometria~~ per il corretto processo di carbonatazione una granulometria assortita. Proprietà meccaniche sorse ($1 \text{ MPa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$). Per intonaco: se granello si idrata in ritardo rigonfia e stacca intonaco \rightarrow buono granello chiaro "calcinabile". Prove di stabilità di volume: preparare matite e sottopongo a 6 h di vapore non devono comparire fessurazioni o gonfiamenti indice di CaO sinterizzato con carbonatazione tardiva

EMENTO [UNI EN 197/1] ^{def} = materiali inorganici finemente
 macinato aggiungo acqua e presa → invecchiamento per
 idratazione.

PORTLAND clinker di Portland + 5% di gesso (regolatore di presa) $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$

Preparazione: 3/4 calcare 1/4 argilla e materiali silicei alluminio
 fino a 1500°C sinterizza ^{ossidi ferri} pelliche 5-20 mm

CLINKER DI PORTLAND C_3A alite $3CaO \cdot Al_2O_3$ (ALUMINATI) dopo
 cottura → raffreddamento; C_2S Belite C_2S alite ^{soluzioni solide}
 fase ferrina C_4AF → sono tutti i costituenti mineralogici ^{della}
 del clinker; non sono a stechiometria fissa. Non voglio
 CaO e MgO sono deleteri, impurità.

C_3S e C_2S ≈ 75-85% in peso → conferiscono caratteristiche di
 resistenza meccanica

C_3A + C_4AF essenziali per la formazione di fase liquida
 La miscela con acqua, questi danno idrossidi e aumentano
 di volume → favoriscono tensioni interne e le fessure
 causano degrado. Per norme $MgO < 4%$ (+rogno)

Selezione viva → legate a clinkerizzazione sequente

Temp clinkerizzazione 1450°C la % di fase liquida è ≈ 20-30

Il liquido è viscoso → raffreddandosi si consolida intorno
 a particelle solide, la velocità è fondamentale per ottenere fasi
 idrauliche C_3S METASTABILE, Miscela clinker + gesso + additivi
 macinati. da \bar{v} di idratazione → el « della granulometria
 delle polveri (« superficie »)

Forni da 1000 - 2000 t/gg

CONSTITUENTI MINERALOGICI: primari C_3S C_2S C_3A C_4AF

secondari o indesiderati: CaO e MgO → idrata lentamente
 → espansione volume

L'unità strutturale ripetitiva. Legami intracatene forti con legami tra catene deboli, solo resine termoisolventi legami covalenti. Legami tra catene influenzano caratteristiche meccaniche. Materiale plastico commerciale: uso anche ioniche anche fino a 20% (E << ; >> plastificanti)

Posso aggiungere fibre naturali (riciclo facile) mica (grafite) (enfrazioni), amianto (>> res a T) microfiumo (res).
Classi: termoplastici, termoisolventi, elastomeri.

TERMOPLASTICI PROPRIETÀ: cambiamenti di stato reversibili ripetutamente modellabili per calore o blando riscaldamento. Posso stampare a temp. basse, basse dilatazioni (1.0 ÷ 1), abbastanza inerti chimicamente. Le caratteristiche dipendono dalla composizione, dal numero di catene laterali, lunghezza catene, grado cristallinità.

Derivati del polietilene: sostituisce uno o più idrogeni con gruppi di maggiori dimensioni ottengo catene irregolari, cristallizzazione difficile, maggior rigidità, $T_g \gg$ (temp con polietilene; largamente usato, inerte chimica, resistente agli UV, inodore e non tossico). PVC (derivato) $[CH_2 - CH]$
Polipropilene $[CH_2 - CH]$ Polistirene introduce quello Cl. È polimero vetroso CH_3 fragile e sensibile ad alto grado di degradazione da petrolio e solventi organici. TERMOISOLVENTI ne "solidificarsi" e irreversibilmente strutture chimiche con formazione

di legami incrociati tra molecole che non si possono rompere → a contatto con fuoco si decompongono.

ELASTOMERI: grande deformabilità ed elasticità. Possono essere sia termoplastici che termoisolventi.

CEMENTO PTZ

granulometria

- Macinazione per sapere granulometria uso laser e in base a come differenzia ho distribuzione granulometrica.

Il processo di idratazione sperimentalmente procede per diffusione H_2O attraverso gesso di cemento. La finezza influenza anche lavorabilità, % gesso da aggiungere e iniezione nel ϵ

>> finezza >> ϵ finale.

>> ϵ

- Aggiunte minerali (sostanze inerte che partecipano a idratazione e per caratteristiche differenti); pozzolaniche (pozzolane o cenere silicea) la silice deve essere amorfa, in presenza di $Ca(OH)_2$ acquistano proprietà leganti.

Pozzolane naturali: origine piroclastica.

Ceneri volanti: cenere termoelettriche sono polveri cave riempite da altre polveri, vetrose. ~~Ø 1-100~~ Ø 1-100 μm

Fumo di silice: dalla produzione di Si e leghe Fe-Si. Molto al di sotto del micron α mm (ca. blaine 13000-30000 mm^2/kg)

Si possono usare anche vetri macinati sotto micron.

Loppe d'altoforno: si ottiene da lavorazione ghise. Contiene Ox Ca Si e Al combinati tra loro. Se raffreddata velocemente ha strutture vetrose e idraulicità latente attivabile con H_2O di Na o K . Il portland idratatosi che ambiente alcalino che lo attiva, parte del $Ca(OH)_2$ viene consumato che

loppe

NORMATIVA UNI EN 197/1 Si interessa di materiali "traslucidi" e "ben idratati". I cementi speciali sono esclusi. Quelli considerati sono quelli che induriscono per idratazione nel cemento.

Residuo insolubile: polvere sialta con HCl e Na_2CO_3
 residuo < 5% in massa

Solfati (come SO_3) gesso finge da regolatore di presa
 Ma eccedere \rightarrow false prese \rightarrow precipitano cristalli
 di gesso (non aumto) e perde lavorabilità \rightarrow residuo
 impastando. % Max di SO_3 espresse come % peso max di
 gesso 7-8%.

IDRATAZIONE DEL PORTLAND le reazioni non avvengono tutte a
 stesso velocità, certe insieme altre per fatti loro.

C_3A C_4AF nell'arco di un giorno a insieme \rightarrow PRESA

C_3S C_2S (INDURIMENTO)

\rightarrow Il gesso lavora qui perché reazioni troppo veloci.

IDRATAZIONE $C_3A + 6H_2O \rightarrow C_3A \cdot 6H_2O$

$C_4AF + 6H_2O \rightarrow C_4AF \cdot 6H_2O$

In presenza di portlandite (bravemente CH) \rightarrow

$C_3A + CH + 12H \rightarrow C_4AH_{13}$ (H sta per H_2O)

Prese rapide, ecco perché aggiungo gesso. Il gesso in presenza
 di acqua è solubile, gli ioni ~~si liberano~~ reagiscono con ~~il gesso~~ ^{solfati del gesso}
 formando trisolfato che circonda C_3A e rallenta
 idratazione, dunque reagisce e forma monosolfato.

Si sviluppa colone di reazione che va controllato, se si liberasse
 tutto (come avviene senza gesso) perdere lavorabilità

ETTRINGITE (espansiva perché si idrata) Se è primaria non
 ho problemi ma se c'è in presenza di H_2O diventa
 secondaria espandendosi ancora. d'ettringite che ricopre C_3A
 permette comunque ~~la~~ diffusione H_2O e ioni solfato.

Del 5% di gesso che aggiungo una buona parte è idrato
 e non emidrato per avere maggior H_2O ~~ioni~~

POLIMERI PT.2

Aumentando grado cristallinità in generale migliorano proprietà meccaniche. Il grado di disordine dipende dal monomero d'origine e dalla storia chimica del materiale.

Unità ripetitiva esatta e simmetrica \rightarrow cristallinità 80-90%
 le zone si estendono per 50 nm. Con estere ammorbidite (PVC) le zone cristalline solo 2 nm. Anche le forze intermolecolari incidono sulla cristallinità. Temp transizione vetrosa è di tutti i materiali amorfi. A tale temp non sono più presenti legami di Van der Waals perché le vibrazioni predette sono sufficienti e rompono, dunque riguarda solo la componente amorfa. Cambiano bruscamente prop. meccaniche

• Nei polimeri la def. plastica è dovuta al movimento delle macromolecole nel senso del carico.

- $T < T_g$ fragili, duri \rightarrow Vetroso

- $T > T_g$ comportamento Gommoso

Si può modificare T_g eguando sulla composizione chimica del polimero, ed es. gruppi sostituenti \neq , o aggiungendo plastificanti. Questo discorso vale per i termoplastici, i termindurenti no perché hanno legami covalenti \rightarrow decompongono, non fondono.

Il plastificante (abbassa T_g) ~~non~~ è una macromolecola liquida che si interpone tra le catene distanziate.

I solidi amorfi non hanno pt. di fusione, per i cristallini il pt. di fusione \equiv con ammorbidimento matrice amorfa.

Si stabilisce con misure di viscosità. \rightarrow

PROPRIETÀ MECCANICHE $\begin{matrix} \text{modulo elastico} \\ \text{III} \end{matrix}$ 0,1 - 21 GPa aumenta col grado di cristallinità

resistenze trazione < 80 MPa. Forte dipendenza dalle deformazioni del tempo \rightarrow comportamento viscoelastico (creep evidente)

in banda T \rightarrow viscoelastici

CEMENTO PT3

Cristalli aghiformi perchi. Opelliedb che trattiene calore di idratazione e prodotti. ② si sviluppa pressione osmotica inizie la presa e si rompe membrane.

A fine idratazione C_3A ha morfologia tipo cubica,
 KINETICHE FORMAZIONE PRODOTTI IDRATAZIONE

al max in 24 h ho formazione ettringite, maggiore calore con H_2O e C_3A dando monosolfato. CSH dopo circa 6 ore inizia formarsi, tanto + velocemente maggiore è contenuto di C_3S . Portlandite $Ca(OH)_2$ entro 30 min.

La pasta indurita è costituita da un insieme di prodotti in fibre o lamina insieme a prodotti cristallini e residui dei composti anidri. Ho pochi legami primari (covalenti da idratazione).

rapporto a/c deve avere un valore preciso. Meggior è lo a più è elevata la distanza tra le particelle e quindi difficilmente i cristalli aghiformi interagiscono correttamente per sviluppare adeguate proprietà meccaniche. Ma il cls va lavorato, non sempre è giusto usare a/c sufficiente alle sole proprietà meccaniche.

Man mano che diminuiscono porosità, res meccanica cresce perché non ho siti preferenziali per innesco ericche.

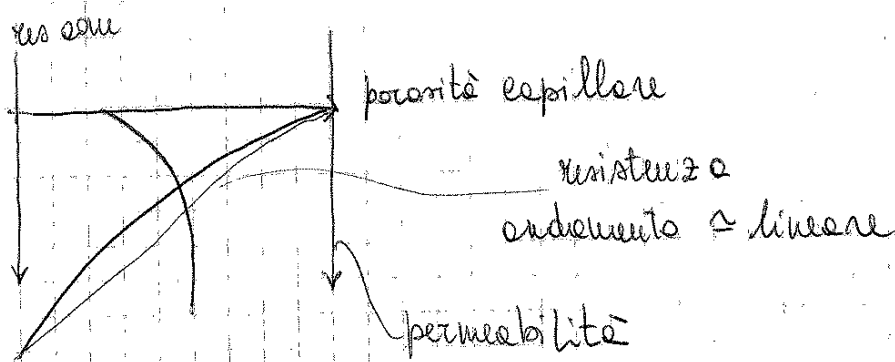
Sui tempi lunghi il contributo ~~di~~ alla res meccanica di C_3S tende a superare di poco quello di C_2S perché produce più silicato di calcio idratato. A 7 gg $\approx 50\%$ res meccanica 28% gg $\approx 70-80\%$

a/c stechiometrica $\approx 0,23$ per la corretta lavorabilità
 si usa un rapporto variabile $0,3 \div 0,4$.

Dopo idratazione in H_2O : espillere (facilmente evaporabile)
 e adsorbita (fissamente trattenta sulla sup. dei solidi della
 parte indurita) e di legante.

POROSITÀ: spazi interstiziali (pori del gel) $0,1 \mu m \div 1 \mu m$ e
 occupano 28% di volume (non influenzano proprietà);
 pori capillari tra i prodotti di idratazione $10 \mu m \div 50 \mu m$ e
 bolle arie $1 \mu m \div 1 \mu m$ (poco vibrato, mal compatto o
 può essere inglobate per alleggerimento) se non volute deliberate.

POROSITÀ CAPILLARE: a stagionatura pari un elemento con a/c >
 area dist. interparticellare > provocando seri problemi
 di res. mecc. e degrado. ϕ micropori $< 50 \mu m$ ϕ macropori $> 50 \mu m$
 Si misurano con porosimetro a Hg. la durabilità è strettamente
 legata alla porosità fine capillare.



Segmentazione: anche se ho macropori non interconnessi da almeno
 $50 \mu m$ la permeabilità è scarsa, il tempo per indurire si
 modifica moderando a/c. Con a/c = $0,4 \div 0,45$ e ho
 $50 - 60\%$ di idratazione ottengo suidratazione dopo $3 \div 7$ giorni
 dunque poca permeabilità che giova alla durabilità.

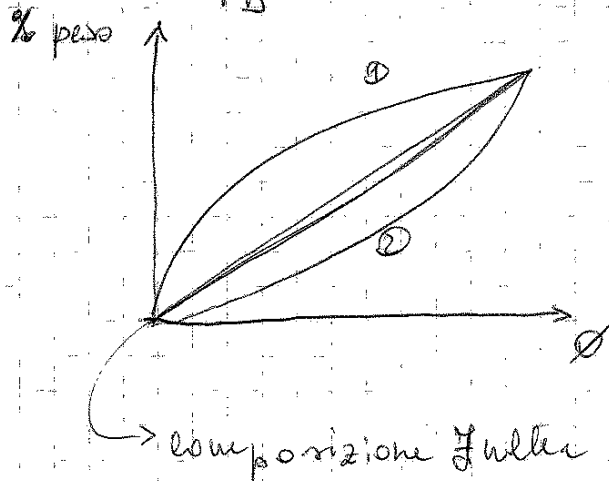
H_2O NEI PORI: i pori contengono soluzioni oleose di $NaOH$ e
 KOH con $pH \approx 13$, % è l'umidità relativa)

ASSORTIMENTO GRANULOMETRICO DI RIFERIMENTO \Rightarrow v_d min
dei vuoti interparticellari (densità nucchio max)

NB minimizzo richiesta pasta cementizia, alta lavorabilità
e non favorisce la segregazione dell'impasto

\rightarrow Fusso di Fuller (aggregati sferici) \rightarrow all'atto pratico la
semplicità è compromessa.

$P = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$ P passante d ϕ setaccio ϕ_{max} aggregato



1 res mecc scarse molto sabbiosi

2 res mecc scarse molto ghiaiosi

Sostituita da distribuzione di Bolomey $P = A + (100 - A) \sqrt{\frac{d}{D}}$
prevede sovrapposaggio di fine (A) in base a lavorabilità
desiderate $\gg A$

Entrambe le curve si riferiscono alle granulometrie ottenute
considerando tutto il materiale (compreso cemento)

NB Maggior quota fine $\Rightarrow \gg H_2O$ perché sup specifica aumenta

Dimensione max aggregato: a parità di lavorabilità cioè (a/c)

o $\phi \gg \Rightarrow H_2O \ll$ I limiti: funzioni del tipo di costruzione

limiti impianti ~~di~~ pompaggio ($1/3 \phi$ tubo) la segregazione

deve rimanere cost. Non sono ammessi: sostanze organiche

(collatanti idratatori) sostanze finissime (argille limo polveri;

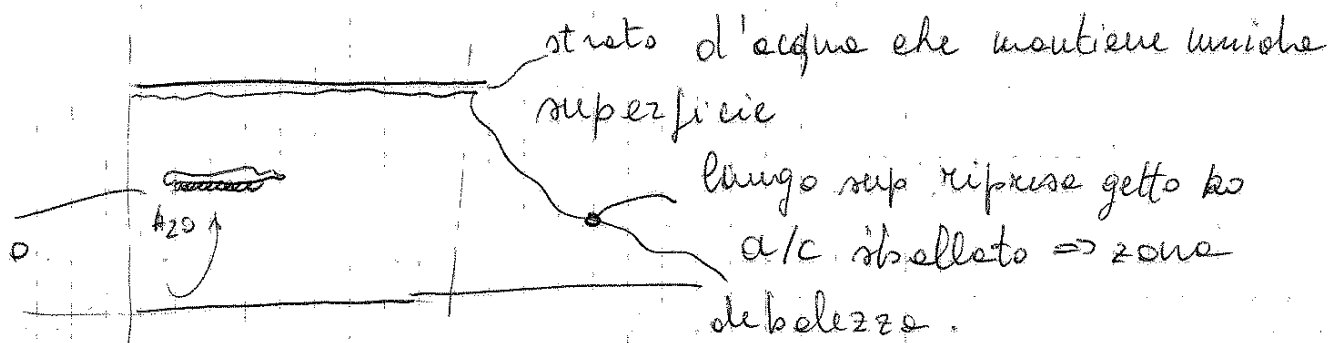
riducendo adesione tra pasta cementizia e aggregato), particelle

meccanicamente deboli, no solfati (prodotti espansivi), ~~anche cloruri~~

no cloruri (corrosione armature).

EGREGIAZIONE: in generale ho che H_2O risale in superficie ^{"bleeding"} aggregati fini anche e i più grossi sedimentano ed è sbagliato se la segregazione ha separazione dei costituenti \Rightarrow dove viene il fine ho covite di debolezza uncinata e accessibilità agenti aggressivi (nidi di ghiaccia). Alcune tecniche di eto non favoriscono segregazione.

BLEEDING



ATTENZIONE AGGIUNTE ACQUA IN CANTIERE

S3 normalmente armato

S4 / S5 \rightarrow maggior armatura e compattezza forma

LS INDURITO le proprietà dipendono da interfacce paste aggregato, aggregati e c/aggregati

PLASTIFICANTI → di minerali che restano allo stato liquido
 riducono la viscosità delle miscele (NB) molto efficienti che
 alcuni additivi si separano nel tempo

ANTIOSSIDANTI → ritardano il degrado da esposizione ad
 ossigeno e ozono, UV, calore, umidità

le miscele sono molto complesse (20-30 componenti) PROPRIETÀ
 meccaniche
 carico rottura 7-20 MPa, del plastico non o assente
 modulo elastico: carico necessario per raggiungere allungamenti
 100 o 300%

dati statisticamente dispersi: - - - - -

T << irrigidiscono, infragiliscono

T >> rammolliscono

APPLICAZIONI:

PCM

Esposi e Phase Changing Materials, fibre materiali
 compositi: - - - - -

(PCM) sfruttano calore latente. Es. parete irregolare
 non assorbe calore ma fonde il PCM, di notte torna solido
 In 20 anni si prevedono a 7300, è importante la reversibilità
 del ciclo. La paraffina (cera) ha un calore latente elevato
 => assorbe >>> in irregolare. Usi: sup int e/o ext
 e sottopavimento. Vantaggi:

→ sempre da PCM

Organici (petrolio / paraffine) o Inorganici (sali)

Paraffine: contengono al 75-100% idrocarburi ($C_n H_{2n+2}$)

Più la catena è lunga + è $T_{fusione}$

Semplici da usare, non corrosivi, non danno fenomeni di
 sottoraffreddamento riciclabili, costosi, variazione elevata

~~Per tutti materiali → resine poliesteri (mercato ritiro e bassa res in ambiente alcalino) + CLS
Resine polietaniche (impermeabili larg. utilizzate)~~

La frattura di una giunzione può avvenire all'interfaccia desidero aderendo, o all'interno dell'adesivo stesso in entrambi i casi l'adesivo risulta mediocre e non propriamente idoneo in quelle condizioni.

ADESIVI PER LEGNO → resine termoiduranti:

urea-formoldeide (giunzioni di spessore < 1mm) buona resistenza all'acqua, proprietà viscoelastiche scarse perché presente forte ritiro, resine formoldeide che è tossica.

melammina-formoldeide costose rispetto le precedenti, ~~ma~~ proprietà meccaniche migliori ma scarsa resistenza ad acqua soprattutto umidità e al calore.

Per qualsiasi materiale invece uso resine poliesteri:

hanno mercato ritiro dovuto a polimerizzazione rapida quindi riduce resistenza meccanica in esercizio; bassa resistenza in ambienti alcalini → NO CLS; si può variare largamente le composizioni per espletare esigenze.

resine polietaniche: impermeabilizzanti, il costo è conpetibile con l'uso su superfici abbastente estese, proprietà elastiche largamente compatibili; adesivo strutturale perché uso a taglio 8-20 MPa; viscosità modulabile → deposizione a spruzzo pennello o spatola; per piccoli ambienti temp. proprietà meccaniche costanti; capacità riempitive → giunto sp non compatibili o porose. Presente isocianato (conferisce) grado UV

lucido prima dell'applicazione.

STICILANTI → garantiscono riempimento interspazi di ermeticità giunti. Caratteristiche richieste: adesione su materiali porosi o rugosi, uso primer e basse viscosità che agevolano adesione ed eliminano umidità, servono anche ad isolare AS → ambiente umido.) plasticità: piccole deformazioni dovute a vari fattori; posso aggiungere materiali di distacco quali fogli di polietilene per permettere scorrimento e basso attrito.) durabilità (no degrado UV come ossigeno o sost. organiche, durate fino a 30 anni), possono essere di tipo preformato (mastici strisce cordoni non ulconizzati) o meno (mastici stucchi). Processo di indurimento → ulconizzazione attivato per via umidità atmosferica (miconi disolfuri) e evaporazione solvente (polimeri acrilici gomme butiliche) per reazioni di reticolazione nei bicomponenti.

sono a base elastomere: plastici (ammorbono le deformazioni) resiste scorrimento viscoso irreversibile; deletti per deformazioni permanenti; elastoplastici (in grado di assorbire deformazioni temporanee e permanenti; tramite def. viscoelastica e viscoplastica) elastici (giunti dinamici con movimenti ciclici rapidi). Esempi: gomme butiliche → induriscono per evaporazione solvente, no esposizione a sale, trattori di ingiungente elastomere plastici; elastoplastico è a base acrilica indurisce per evaporazione solvente che è H₂O resiste bene a UV e umidità, sono rimediabili e utilizzabili all'aperto, elastico → plurimeri bicomponente adatti al contatto prolungato con H₂O; polisolfurici induriscono per evaporazione reazioni con umidità e tramite attivatori al 10% o al 25%. Si usano → struttura con umidità