



appunti
www.centroappunti.it

Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO : 74

DATA : 24/03/2011

A P P U N T I

STUDENTE : Maltese

MATERIA : Scienza e Tecnologia dei Materiali

Prof. Montanaro

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 STUDENTI E NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALIMontanaro

23/02/2010

①

Argomenti: documenti "Programma" → programma del corso

Esame: prova scritta 4 domande, 2h di tempo: 2 domande Sp. e 2 domande Top.

1.985 Nasce la tipologia di studio.

L'uomo deve imparare a progettare e costruire i materiali che gli servono.

Necessità dei materiali

Strutture soggette a compressione → non possono tenersi in piedi, il materiale non riesce a resistere

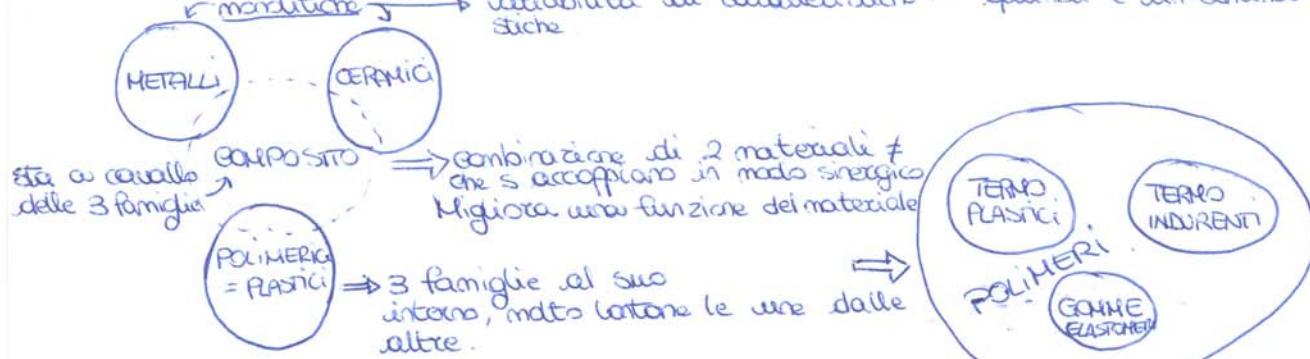
↓
In base alle proporzioni lo riesce a fare resistere la struttura.
proporzioni = durezza di costruzione.Dopo la 2^a guerra mondiale nascono i "dottori dei materiali".

E' importante conoscere il materiale e prevederne il suo comportamento

Passaggio dal microscopico al macroscopico di tipo MECCANICO e TERMICO e al FUOCO.

CALCESTRUZZO: 1^o materiale in assoluto il più presente nelle costruzioni
calce + acqua. Molto pericoloso poiché subisce erosione nel tempo a causa degli agenti atmosferici. Non è eterno ma ha dei limiti.**MATERIALE**: qualsiasi "solido" in grado di svolgere una determinata funzione.

Il materiale deve fornire una funzione, un'azione.

Mondo molto ampio: 3 famiglie autonome e indipendenti
riconosciute → variabilità di caratteristiche → quindi è un continuo di caratteri.

METALLI due classi:

- LEGHE FERROSE: Acciai e ghise basate su ferro + carbonio = Leghe Ferro-Carbonio
- LEGNE NON FERROSE: Al, Mg, Ti, Cu.

Proprietà dei metalli allo stato puro sono molto scarse tranne × alcuni casi tipo il RAME che è un buon conduttore di elettricità.

Proprietà meccaniche molto scarse → combini con altri materiali **NUOVE LEGHE**

Le due classi si dividono per convenzione dal mercato al livello commerciale.

CERAMICA due classi → **OSSIDICI**: presenza di O combinato. CEMENTI, GESSO, CALCE, VETRO DI STUCA, LATERIZI.

NON OSSIDICI: no presenza di O combinato. GRAFFITE, DIAMANTE, IDRORI, CARBURI

POLIMERI:

- TERMOPLASTICI: polietilene, polipropilene
- TERMOINDURENTI: resine di vinile. Collanti strutturali. Applicazione di tipo strutturale
- ELASTICHERI: gomme, pneumatici delle auto

COMPOSITI: Combinazione materiali distinti.

Due parti → **MATRICE**: continuità tridimensionale dentro il composito.

→ **RINFORZO**: migliora le caratteristiche della matrice.

→ vetroresina → rinforzata con fibre ceramiche di vetro.

→ calcestruzzo: combinazione form =

→ **Infinito** dei getti → materiale lapideo, materiale inerte + pasta di cemento.

25/02/2010 ①

SCIENZA E TECNOLOGIE DEI MATERIALI

Atomi di Bohr → sfere rigide.

Nucleo e elettroni attorno ad esso in modo caotico.

Rapporto: pallone e campo da calcio.

Materie concentrate in spazi molto ristretti

Distanze dei nuclei esiste, non compatti.

L'azione della mano che si appoggia sul tavolo → reazione esterna: ENERGIA

LEGAME: dimostrazione di energia.

Nella materia c'è il vuoto. E' per vuota che puoi mai resistere grazie ai legami.

TAVOLA PERIODICA: è un "catalogo", dove puoi prendere gli elementi per formare e costruire i materiali. Sono metallici, ceramica, polimerici.Per costruire: - **METALLI** = 1 elemento metallico + alliganti

[= BASE]

[= ELEMENTI IN LEGA]

→ metalli

non metalli

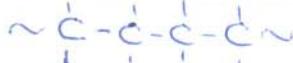
più possibilità di designe nella costruzione della lega.

es. leghe ferrose: commercialmente più importanti.

Fe - C

Fe - C / Cr / Ni → acciaio inox.

Senza rapporti stechiometrici precisi.

- **CERAMICHE**: Metallo + Non metallo → stechiometriamente precisi.
Al₂O₃. Alluminio.POIMERIGruppo limitato di elementi: [carbonio] idrogeno, ossigeno, azogeni
più importantiLEGGAMI

→ solo macroproprietà

Proprietà fondamentali:

FORTI e DEBOLI
rifetti all'energia di legametemperature di fusione
conduttività
circolazione termica
resistività
durezza

FORTI se ho legami chimici. Metallico - Covalente - Ioneco.

DEBOLI se ho legami elettrostatici, dipoli elettrici. Idrogeno - Interazioni di Van der Waals.

Metalli / leghe → legame metallico**Ceramica** → legame covalente / prevale il legame covalente anche se si è in caso di legame ionico**Polimeri** → interazioni di Van der Waals.LEGAME METALLICO

Grazie agli atomi mette in condivisione gli elettroni di valenza diventando una ione, mentre gli elettroni si muovono liberamente creando un'attrazione tra loro e gli ioni.

Proprietà: • elettroni liberi, non può legarsi all'atomo di origine

• elettrostatica: ADIREZIONALE → uguale intensità di attrazione in ogni direzione

• energeticamente forte.

LEGAME COVALENTE

Condivisione degli elettroni.

1 elettrone di valenza messo in comune.

Proprietà: • elettroni non liberi

• direzione definita: DIREZIONALE

• energeticamente molto forte. → max spq legame e covalente al 100% ad esempio tra stessi elementi.

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

4/03/2010

(1)

[Curva di CONDON MORSE sul libro e sulle dispense]

http://didattica.pdito.it/pls/portal30/docs/FOLDER/AREA_DOCENTE/SITO_VIRTUOSO/index.htm
 Consideriamo n atomi \rightarrow struttura 3D dei solidi. Due aspetti \neq tra di loro per caratteristiche.

Disposizione atomi \rightarrow ordinato e ripetitivo in 3 direzioni spaziali.
 Casuale non ripetitivo

Es.

Ceramico: SiO_2 siue: \rightarrow disposizione regolare
 \downarrow
 stesse proprietà fisiche.

silice - Ossigeno \rightarrow disposizione casuale.

Solido AMORFO o VETRO.

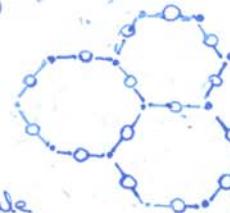


fig A.

CRISTALLO = CRISTALLINO.

AMORFO
 Struttura irregolare.

Silice a temperature ambiente \Rightarrow QUARZO: struttura geometrica esagono.

Amorfo: Vetro di silice \rightarrow vetri solidi calici oppure vetri da finestre: CaO e Na_2O

abbassano temperature di lavorazione \rightarrow basso costo.

SOLIDI CRYSTALLINI

Appartengono i metalli allo stato solido. Struttura cubica semplice ripetitive \Rightarrow CELLA ELEMENTARE
 E' difficile ottenere un metallo amorfico ma deve essere raffreddato in $t = 10^6 \text{ C/s}$.

Per Ceramica

Tra le strutture cristalline con silice.

Polimeri:

la maggior parte sono solidi amorfi

Ese. le penne bic \rightarrow struttura "spaghetti light". Catene polimeriche fanno un graticcio come un piatto di spaghetti. Polietilene ha un alto grado di cristallizzazione

LD PE: Polietilene a bassa densità. Low-Density (spaghetti cotti nel piatto) \rightarrow AMORFO

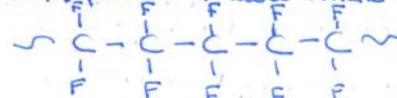
HD PE: Polietilene ad alta densità. High-Density (spaghetti nel pacchetto, scatola) \rightarrow CRYSTALLINO

$$[\text{Densità: } \rho = \frac{m}{V}]$$

Passaggio tra le due materie: \rightarrow vuoti \rightarrow meno massa nel piatto \rightarrow volume AMORFO \rightarrow meno denso.
 più massa \rightarrow volume CRYSTALLINO \rightarrow più denso.

Altro polimero: TEFLON (= materiale anti adesione).

La PTFE composita \Rightarrow politetrafluoro etilene

schema

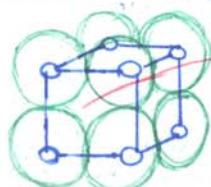
AMORFI: polimeri e vetri da finestre.

SOLIDI

CRYSTALLINI: metalli e leghe e tutti i ceramici salvo alcune eccezioni
 (per ora faremo riferimento solo a questi).
 Cella elementare \rightarrow RETICOLI CRYSTALLINI.

Riferimento comportamento materiali in laboratorio sul sito.

Le strutture cristalline. Diverse forme: 14 tipi: imballamento materie: \rightarrow più comuni: CUBICO

ESAGONALECUBICO SEMPLICE

INTERSTITIZI = vuoti / cavità

Esistono zone = piani dove ci sono gli atomi e il resto è vuoto

4103/2012 ②

DIFETTI DI LINEA → dislocazioni, duttilità.

DIFETTI DI SUPERFICIE → bordi di grano
pollicostallini

DIFETTI DI VOLUME → porosità, influenzano per → proprietà meccaniche.
canali d'accesso per aggressivi ambientali.
Acqua e sue soluzioni

9/03/2010 ①

Scienza e tecnologia dei materiali

- DIFETTI PUNTUALI: - lacuna o vacanza: assenza di un atomo
- interstiziale: atomo posizionato dove non dovrebbe.

Lo può essere soltanto interstiziale o solo interstiziali.
Natura più semplice nei metalli, più complessa nei ceramici.

Difetto di Frenkel: di tipo interstiziale.
// Shocky: accoppia lacuna di metallico e non metallico → elettronutritività

Utili per le leghe o le soluzioni sdide

Tra i solidi ho effetti di soluzione

Atomi esterni prendono posto alla base → LEGA SOSTITUZIONALE

Al metallo base viene aggiunto in soluzione il metallo esterno

LEGHE INTERSTIZIALI

Elemento che si aggiunge entra al livello atomico nella struttura e ne occupa gli interstizi.

Ad esempio: Acciaio inox: $\text{Fe}-\text{C} + \text{Cr}/\text{Ni}$ → sostituiscono il Fe.
18/10 entro x sostituzione e per interstizi.

Livello di sostituzione: varia a seconda dei materiali. Cr e Ni si combinano completamente 100% miscibili.

A seconda se i materiali sono simili per caratteristiche tra loro.

Acqua e dis. non miscibili oppure solo parzialmente.

Negli interstizi vanno atomi più piccoli come C, N, H.

non si riesce mai a riempire completamente gli interstizi perché sono molto piccoli e mag l'atomo è troppo turbato che non accetta altri atomi esterni

Nell'intorno della vacanza si creano delle lunghezze di legame leggermente maggiore che è simile allo stress di trazione, prodotto dall'assenza di materia.

- DIFFUSIONE allo stato solido: atomi all'interno dei solidi si muovono.

Atomi in vibrazione dovuta alla temperatura e all'energia cinetica.

Temperatura di lavorazione delle ceramiche è molto alta.

↓
densifico dei compatti di polvere: polvere ceramica compattata fino a che non diventa un solido cristallino senza aumentare troppo la temperatura.



legge importante che riguarda la diffusione per fenomeni di trasporto

↓
Tutto deve essere proporzionale al costo e al lavoro che quell'elemento deve compiere.

1° LEGGE di FICK : $J_x = -D \frac{dc}{dx}$

Flusso di materia

lungo una specifica direzione

Flusso: quantità di materia che fluisce in un At su una superficie unitaria.

D rappresentabile dall'equazione di Arrhenius.

$$D = D_0 \cdot e^{\frac{E_a}{RT}}$$

J_x = flusso di materia.
 D = coeff. di EFFUSIONE o DIFFUSIVITÀ.

dc/dx = gradiente di concentrazione
disomogeneo x mantenere l'equilibrio
Produce il moto della materia x rimuovere il disequilibrio. È negativo sempre

- DIFETTI DI LINEA MONODIMENSIONALI:

Prende in considerazione 1 fila intera di atomi

Dislocazione a spigolo → è la parte del solido in difetto.

Dislocazione all'interno del cristallino → ne crea una perturbazione

↓
in una fila di atomi ce ne sono 3 molto più vicini di quelli che dovrebbe essere.

Deformazione necessaria
ma non suff. ad avere deformazione plastica

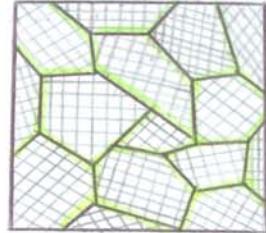
due tipi di stress nel rettangolo:
sopra a compressione
sotto a trazione

11/03/2010 ①

Scienze e tecnologie dei materiali

BORDI DI GRANO:

- zone difettuali → no dimensioni eretni
- atomi non si collocano in zone perfette del cristallino
- caso un singolo atomo è chiamato "grano di cristallo".
- assumono posizioni intermedie che permettono la transizione delle zone.
- Si possono vedere al microscopio



Rappresentano un impedimento al moto delle dislocazioni degli atomi. → il passaggio attraverso qui è difficile.
Solido monocristallino è molto più duttile di un policristallo.
I grani possono essere grandi o piccoli. Quelli più grandi rendono il materiale più duttile perché incontrano meno ostacoli.

DIFETTI VOLUMICI TRIDIMENSIONALI

Difetto dell'intero volume → vuoto, manca la materia.

zone amorfhe

inclusioni: porzioni di volume estraneo al materiale all'interno della materia.

Problematiche locali che compromette anche le caratteristiche meccaniche del materiale.

Le proprietà dei materiali

CHIMICHE

• **Sciolubilità**: importanti per manufatti con leganti aceti e idraulici.

Caratteristica molto variabile.

Esempio: gesso è un legante aceto, è estremamente sciolubile all'acqua.

Non può essere usato per gli esterni. [carbonato di calcio idrato $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}]$

Dilavamento → sciolubilità varia da parte di tutti i tipi di acque che entrano a contatto col materiale.

Esempio: portlandite → legante idraulico

L'idrossido di calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ → molto poco sciolubile. Più dura

vita al bicarbonato di calcio e da fenomeno del dilavamento.

$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Carbonatazione del calcestruzzo → degradamento del calcestruzzo.

Caratteristica che è funzione della temperatura. Con andamenti variabili da sale a sale. Aumenta all'aumentare della temperatura.

Dilavamento

→ **EFFLORESCENZE**: l'acqua può evaporare x equilibrio tra la temperatura dell'edificio e gli terrestri.

Due tipi di evaporazione: **SUBFLORESCENZA**

[Dipende da viscosità, pori e dissoluzione della soluzioni]

EVAPORAZIONE ACQUA → formazione sali sulle superfici oppure sotto la superficie.

acciaia circola nel manufatto e ne scarica i sali che precipitano all'interno del manufatto.

EFFLORESCENZA → degrado manufatto

→ no buona estetica.

SUPERFLORESCENZA

→ degrado intenso

→ può produrre degrado più grave → sali scidono la zona subcorticale.

→ formano valori di pressione confortabili col livello di resistenza del manufatto.

• **pH**: calcestruzzo estremamente basico [12,5 ÷ 13]

Tra i ingredi quantità di portlandite che sono basici.

Se scende al di sotto di 9 → degrado del manufatto.

Settimanale

Mattone → idrofobo. Tutto sta nel trattamento della composizione del mattone.



Tipi di porosità:

- Non affligge i materiali metallici.
- Più presenti nei ceramici.

2 Tipi:

- CHIUSA: vuoti e cavità con geometrie irregolari, isolati tra loro e non comunicanti con l'esterno. Fa durare di più il manufatto.
- APERTA: vuoti interconnessi fra loro e comunicanti con l'esterno. Durata minore.

Entrambe incidono negativamente sulle proprietà meccaniche.

$$\text{Porosità \%} = \frac{V_{\text{poco}}}{V_{\text{tot}}} \cdot 100$$

18/03/2010 ①

SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

POROSITÀ → chiusa = isolata, pori non interconnessi tra loro e con l'esterno.

→ aperta = interconnessi tra loro e fuori.

- Entrambe influiscono negativamente sulle proprietà meccaniche del materiale.

- Per quanto riguarda la durabilità ha effetto positivo

per quella chiusa

dura di più perché gli agenti aggressivi non penetrano all'interno del materiale.

poco domosa è quella aperta
che penetra all'interno del materiale.

1% di porosità: riduzione resistenza meccanica del 5%

Porosità [ε]

$\rho = \text{densità}$

$$\text{Calcolata: Porosità (\%)} = \frac{V_{\text{poro}}}{V_{\text{tot}}} \cdot 100 = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$$

Granito e marmo sono pietre X% più compatte.

Ci confrontiamo sempre con la porosità dei materiali.

porosità aperta → capillare → più pericoloso per la penetrazione dell'acqua.

porosimetro: strumento che misura la taglia e % dei pori anche distinguendo quelle taglie da un

porogrammi: disposizione e taglia dei pori all'interno del materiale.

Lo confronto tra due mattoni:

$$\text{Eq di Washburn: } \frac{P}{r} = \text{cost}$$

Se $P \downarrow$, raggio dei pori grande

Se $P \uparrow$, raggio dei pori piccolo

anibili: pori compresi nel microporosità.

nuovi: al di sotto del microporosità.

saranno al compatto maggiore

però si forma nella porosità capillare.

RISALITA CAPILLARE

Acqua contrasta la pressione esterna e raggiungere la condizione di equilibrio.

Dovuta all'eq. di Laplace → trasformazione da energia più alta a quella più bassa.

$$\Delta P = \frac{2f}{r_m} = P_c \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} r_c = r_m \cos \theta$$

$$\Delta P = \frac{2f}{r_c} \cos \theta = P_c$$

r_c = raggio del capillare

r_m = raggio del menisco dell'acqua

θ = angolo di contatto.

Relazione tra le medie di acqua che bagnano il tubo

Pressione dell'acqua per risalire il materiale.

Pressione capillare.

Condizione di equilibrio:

Pressione capillare:

$$P_c = \Delta P = \frac{2f}{r_c} \cos \theta$$

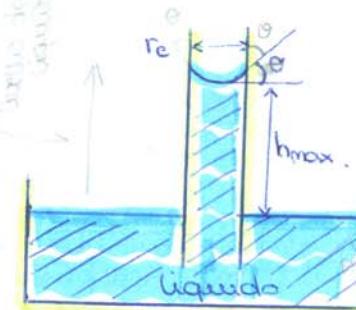
$$\text{Equilibrio: } \frac{2f}{r_c} \cos \theta = \rho g h$$

$$\rightarrow h_{\text{max}} = \frac{2f}{\rho g r_c} \cos \theta.$$

che si raggiunge in condizioni di equilibrio dell'altezza h
 $P_{\text{idrostatica}} = P_{\text{capillare di risalita}}$

Tensione superf.

Pressione capillare



ρ = densità liquido

r_c = porosità raggio

g = costante di gravità

h = altezza del liquido.

h è funzione del raggio e di porosità

ad esempio per H_2O

$$h_{\text{max}} = 15 \cdot 10^{-6} / r_c$$

$$r_c = 1 \mu\text{m} \rightarrow h_{\text{max}} 15 \text{ m}$$

$$r_c = 10 \mu\text{m} \rightarrow h_{\text{max}} 1,5 \text{ m}$$

comportamento dei ceramici molto prossimo a quello dell'acqua.

Per un siderale

Acqua all'interno delle fondamenta può risalire anche di diversi metri all'interno della struttura.

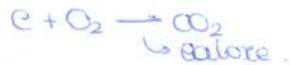
Questa è un'esperienza ideale poiché il tubo è completamente isolato. Nella realtà bisogna tener conto della condizione atmosferica con cui entra in contatto. L'acqua può evaporare oppure comunque il materiale può essere permeabile e quindi assorbire una certa quantità d'acqua.

Ad esempio, il castello del Valentino prima della ristrutturazione aveva questo problema poiché a diretto contatto col fiume Po!

Altro esempio è la città di Venezia. → rivestire la struttura in pietra che è molto poco porosa, è sbagliato perché non c'è scambio dell'acqua da parte alta e bassa. Trasferisce l'umidità fino a pieni vali che significa l'intonaco e lo fa stare

intonaco a contatto con l'acqua dura pochissimo.

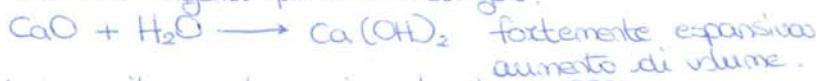
23/03/2010

SCIENZA e TECNOLOGIA dei MATERIALIComportamento a fuoco dei materialiCombustibile + comburente \rightarrow Prodotto di combustione. [INCENDIO]Due tipi di materiali: \rightarrow **combustibili** [legni e materie plastiche] partecipano alla reazione.**incombustibili** [ceramiche]

non partecipano alla reazione.

Degrado del manufatto: \rightarrow modificano composizione chimica: **decomposizione termica**.

Liberano ingenti quantità di gas.

fortemente espansivo
aumento di volume.

Anche x il cemento avviene la stessa cosa.

Fai perdere le proprietà leganti del cemento.

Aumentano dimensioni a causa dell'aumento della temperatura [acciai e laterizi]

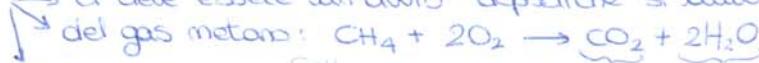
Dilatazioni maggiori rispetto a quelle previste dal progettista sono pericolose perché possono causare il distacco.

Accoppiamento tra due materiali diversi che giocano insieme per la composizione del manufatto e ne determina una maggiore durata.

Calcestruzzo e metallo \rightarrow due materiali diversi ma che insieme sono molto efficaci.

Sofferenza del materiale all'incendio: fenomeno di Creep (scorrimento viscoso di alto) in particolare per i metalli.

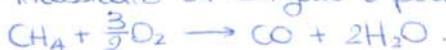
Fenomeno più grave in assoluto per degrado dei metalli e di tutti i materiali.

La combustioneIl Triangolo di combustioneCombustibili e comburenti presenti insieme ma se non c'è l'inetto non si sviluppa l'incendio.
deve raggiungere temperatura di ignizione o accensioneAumento locale di temperature attorno ai fonti di calore con vicini miscele di combustibili e comburenti:
AUTOCOMBUSTIONECombustione \rightarrow ci deve essere un avvio dipendente dall'esotermia stessa.

$$\text{Gas narcotici: } \text{C}_2\text{H}_2$$

[CO, HCN, Benzeno, Acetone]

reazioni parziali e non complete.

Pericoloso in fase d'incendio per la salute degli uomini.
Intossicano il sangue e portano alla morte.prodotti di una combustione completa:
fenomeno di OX-RED porta a vedere una trasformazione completa dei reagenti.O presente nella miscela d'aria con l'N \rightarrow è un diluente nel combustibile.

Si riscaldia al seguito della combustione e un mezzo di trasporto del calore da un edificio all'altro.

CONDUZIONE - **CONVEZIONE** - **IRRAGGIAMENTO**.

Involge i gas caldi.

combustione emette radiazione che trasporta calore.

COMBUSTIONE COMPLETA

Ci informa che calore il combustibile produce e quanto "brucia" la quantità che brucia.

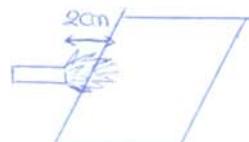
Metto la confronto più combustibile portandoli allo stesso livello di combustione

- tutto C sarà CO_2 - tutto H sarà H_2O

completamente bruciati entro la fine

23/03/2010 ②

Impresso:



e si rifanno le valutazioni precedenti

6,2 W/cm²

I risultati delle prove ci permettono di classificare le pericolosità.
Suddivisione per classe di pericolosità → nascono dalla valutazione di ogni singolo materiale a seguito delle prove condotte.

Norme Europee → appaiono test unici CBI di combustione per valutare il grado di pericolosità dei materiali in seguito all'incendio.

Materiali: LEGNI - MATERIE PLASTICHE

LEGNI: combustibili. Riduzione produzione dell'incendio per legni spessi.
→ strato carbonioso in superficie [CHAB] : ritarda propagazione della fiamma.

MATERIE PLASTICHE: combustione degrada il materiale liberando gas.
Degrado termico del polimero.



2 categorie:
 → termoplastici fenomeni incandescenti e gocciolamento
 → termoindurenti comportamento simile al legno

Parametro I.L.O. = indice limite di Ossigeno.
materie plastiche completamente combustibili
autoestinguenti

25/03/2010

Indice limite di Ossigeno

Tasso limite di Ossigeno (in miscela ARIA sintetica 21%, volume O₂ - 79%, volume N₂) al di sotto dei quali la combustione NON si propaga nel materiale

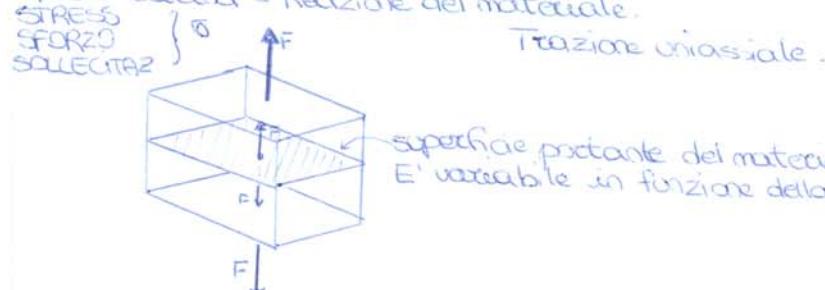
ILO. < 0,21 ⇒ **combustibile e infiammabile.**

ILO. > 0,21 ⇒ **autoestinguente.**

[vedi slide]

PROPRIETÀ MECCANICHE dei materiali

Azione esterna - Reazione del materiale.



Ad esempio lo sforzo del parquet sotto l'azione della camminata tra una ragazza con tacchi a spillo e un uomo con calzatura normale.
↓
considero l'area coinvolta durante la camminata.

60 kg donna



2 kg/cm²

compressione.

120 kg uomo



0,6 kg/cm²

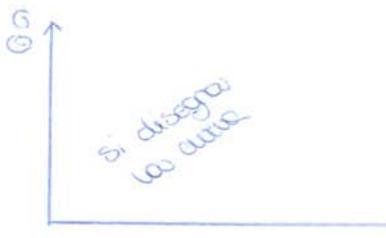
compressione.

poco sup. coinvolto → meno stress subito
indipendentemente dal peso del singolo.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

25/03/2010 ②

per convenzione e per comodità
uso qst rapp grafico ricordando
che trac è \oplus
completo.



LEGGE di ELASTICITÀ LINEARE \rightarrow [legge di Hooke] (600-700 d.C.)

Ripreso 100 anni dopo da Yang.

Hooke si accorse che esiste una relazione tra l'azione e la deformazione ovvero che piccole deformazioni sono direttamente proporzionali all'azione subita dal materiale.

\rightarrow solo deformazioni elastiche REVERSIBILI

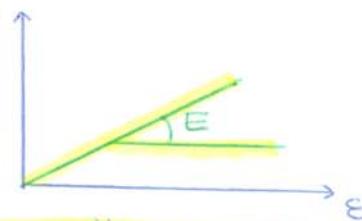
$$\rightarrow \text{Yang: } \sigma = E \cdot \epsilon$$

E = costante di proporzionalità
modulo elastico o modulo di Yang.

da maggior parte dei materiali segue qst legge.

\rightarrow No i materiali elastici NON lineari: elastomeri, gomme.
 \rightarrow fenomeni visco-elasticità (tempo applicazione stress)
soprattutto se continuo e costante.

Differenze caratteristiche di tipo atomico.



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \left[\frac{N/m}{adim} \right] \rightarrow \left[\frac{P_x}{adim} \right] = N/m = P_x$$

quantifica la RIGIDITÀ in campo elastico.

2 considerazioni:

$$- E = \frac{\sigma}{\epsilon} \rightarrow \text{macroscopico = meccanico}$$

\rightarrow anche a livello atomico: $R_0 = f(E_0)$ RIGIDITÀ di legame

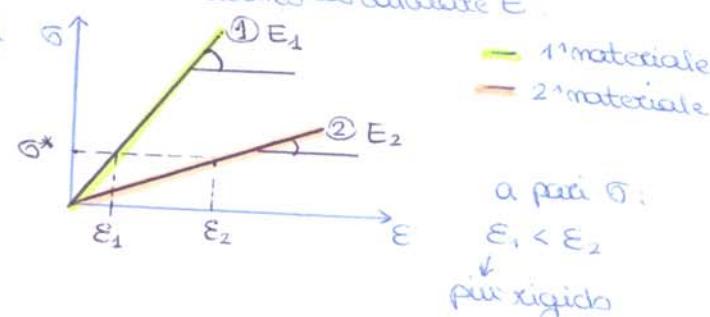
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{R_0}{a_0}$$

Testato sul diamante il cui $E = 1000$ GPa

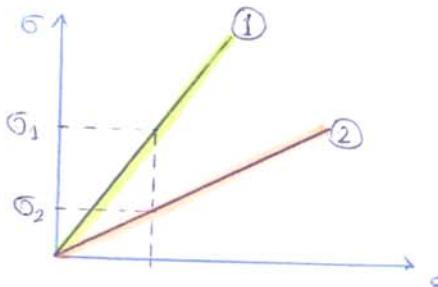
ma adi struttura atomica molto semplice quindi si è riuscito a calcolare E .

2 materiali

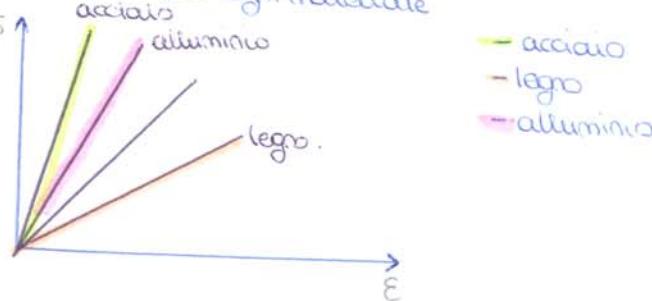
$$\begin{aligned} 1^{\text{a}} \text{ mat: } E &= E_1 \\ 2^{\text{a}} \text{ mat: } E &= E_2 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} E_1 > E_2 \\ 1^{\text{a}} \text{ mat è più rigido.} \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Hooke}$$



a pari E :



Curve $E-\sigma$ di ogni materiale



- porosità materiale
il suo $E < E$ materiale denso

metalli \rightarrow materiali completamente densi.
con alligamento aumenta E .

Ceramica \rightarrow troppo porosa.

dov ti serve un modo per
rapportare un materiale ad 1
completamente denso

$$E \propto E_{\text{denso}} \cdot e^{-bP_{\text{dens}}}$$

DINAMICHE: applica sollecitazione improvvisa e alto profilo energetico che spezza il materiale istantaneamente [cattivo impatto]

30/03/2010 ②

Durezza o resilienza

A Fatica: quantifica la causa principale di rottura sui metalli.

Materiale sottoposto a carico-scarico o inversione del segno di sollecitazione, fluctuante nel tempo, vede ridurre le sue prestazioni nel tempo fino a che perde la rottura. Sollecitazione ciclica

Prese Statiche

[NORMATIVA: EN UNI, ISO, ASTM ...]

- Trazione uniaxiale
- Compressione uniaxiale
- Flexione → scomponibile in trazione e compressione.
- Durezza.

Qnd le utilizza?

Trazione: applica a metalli e polimerici e tutti qli che hanno comportamento elastoplastico per mat fragili molti scadono, non s'anno mai lavorare a trazione ma a compressione? [ceramiche, ghise, gomme]

Teoria di Griffith

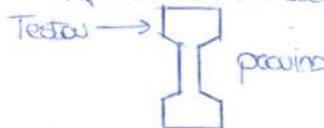
- Compressione per mat fragili. [vedi sopra]
- Flexione, se mat fragili, applica stress combinato tra le prese due per testare la resistenza traz pura migliore e rcp male } le combini per una sollecitazione comp pura migliore rcp intermedia

→ **Trazione:** solo mat duttili, leghe metalliche e termoplastici

Eseguito su macchine di prova.

Provini sono porzioni di materiale a forma di osso di cono e seguono le normative Sezione rettangolare o circolare

Tipi diversi a seconda del materiale: acciaio, lega alluminio, polietilene.



morse dove vengono attaccate le teste dei provini

Le zone da afferrare devono essere le parti più resistenti del provino perché non si deve rompere sotto la prova e da rifare. Se si danneggiano o si rompono la prova non è valida...

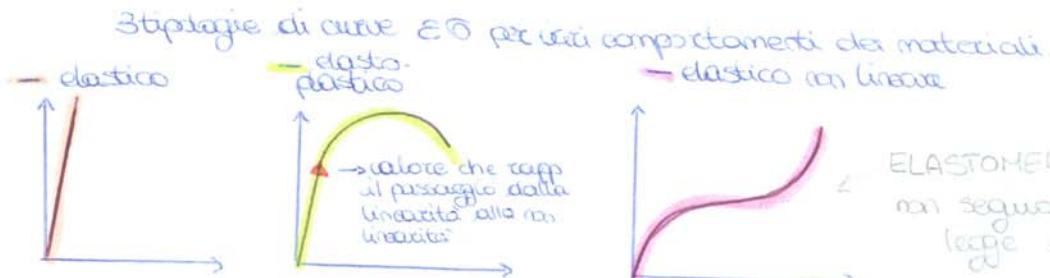
$$\frac{dE}{dt} = \dot{\epsilon} = \text{cost.} \rightarrow [\text{velocità di deformazione costante}]$$

per costituire la curva delle deformazioni.

ESTENSOMETRO: sensore che permette di rilevare le piccole def. di tipo elastico e viene agganciato sul provino.

$$\square \bigcirc A_s l$$

$$E = \frac{\Delta l}{l_0}$$



ELASTOMERI:
non seguono la legge di Hooke.

Analizziamo il comportamento ELASTO-PLASTICO

7 info di base

prove condotte sui 3 provini

studis della curva.

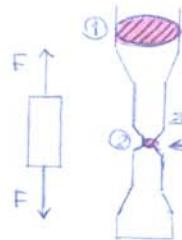
Durezza metalli ≠ duttilità termoplastici → no distorsioni interne.

la curva inizia con una retta.

poi diventa una curva → def. elastica che si aggiunge la trasformazione reversibile
def. elastica molto più contenuta, la linea è quasi con l'asse delle ordinate.
anomalia della curva: momento dello sforzamento tipico degli acciai

8/04/2010 ①

6) zone di disomogeneità registrate nel preavio.



Progressivamente diminuisce sforzo applicato

$$\sigma_1 = \frac{F}{A_1}$$

$$\sigma_2 = \frac{F}{A_2}$$

F diminisce perché ha una modifica
e la velocità s'è messa alla forza.Il punto ② non può essere identificabile sulla curva ma
presso definibile: $S_R = \frac{\Delta A}{A_0}$

$$[S_R = \frac{\Delta A}{A_0}] \text{ riduzione di sezione.}$$

$$\frac{\Delta A}{A_0} = \frac{A_0 - A_S}{A_0}$$

As sezione minima
che preavio realizza
a momento di rottura
nella zona di stazione.

Esprimibile come valore %.

energia elastica viene
in parte restituita ma per rompere il preavio ho bisogno di tutta
l'energia.

Nel complesso i 7 punti ci danno tutti i parametri meccanici del preavio.

1) \Rightarrow RIGIDITÀ

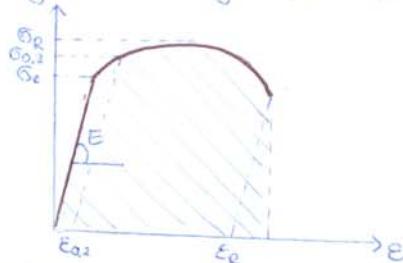
2)

3) \Rightarrow RESISTENZA materiale sia in campo elastico sia globale.

4)

5) \Rightarrow DUTTILITÀ quantificano deformabilità plastica del materiale

6)

7) \Rightarrow TENACITÀSi disegni la curva di sforzo-def. σ-ε ricavabile dalla condizione di prova a trazione
materiale metallico duttile definendo tutti i parametri meccanici direttamente o indicare riconoscibili
Si indichino sul grafico σ-ε tutti i parametri individuabiliDomanda d'esameCURVE DI SFORZO VERO - def. VERA

$$\sigma \Rightarrow \frac{F}{A_0} \text{ iniziale}$$

meno utilizzate

Fanno assunzioni semplificative a gl di prima

In ogni momento aggiornati lo - A₀.

$$\epsilon \Rightarrow \frac{\Delta l}{l_0} \text{ iniziale}$$

TENACITÀ

Prova di Resilienza o d'urto

Necessità per rompere e anche deformare plast e elasticamente.
In base all'area posso sapere quanto è tenace il materiale.Tenacità \Rightarrow affidabilità : difficilmente si rompe in poco tempo.
Non è vero che perci sono i più resistenti

13/04/2010 ①

SCIENZA E TECNOLOGIA dei MATERIALITRAZIONE materiali duttiliCOMPRESSEIONE materiali fragiliSelezione e accoppiamento di materiali diversi in base alle loro risp meccaniche
mezzi sotto stress → Teoria di GriffithPRESSEIONE: sollecitazione intermedia → trazione → compressione
su mat. fragili e duttili.

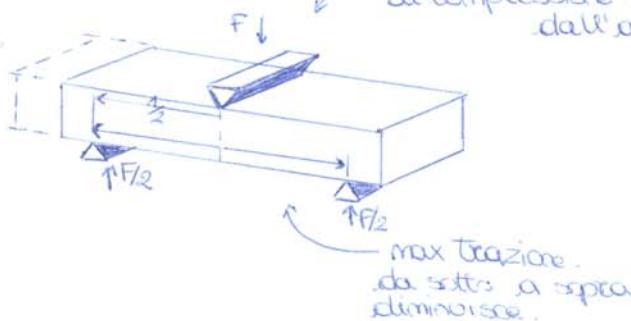
utilizzata su componenti metallici soprattutto su saldature e giunti.

Modalità di carico → 3 punti: più corona

4 punti: più raffinata, su mat. composti rinforzati con fibre.

Modalità 3 punti:

Gradualità di scorrimento delle piazze meccaniche

σ_{TOTALE}

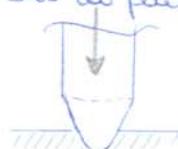
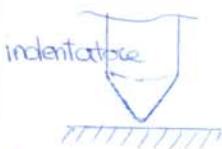
compressione ↑
asse neutro del preavio ↓
trazione

sull'asse neutro la somma dei due contributi è nulla $\sigma_{T\alpha} = 0$
 $\sigma_c = \sigma_t$

[Pag 129 Sclerometria]

SCLEROMETRIA: misura di DUREZZASu mat. edilizie controlla lo stato delle proprietà durante la vita in esercizio.
piazza statica non distruttiva. PROVE NDE

Prende solo la parte superficiale.



danneggiamento superficiale
causato dall'induttore.

Piazza indipendente dalla resistenza a rotura del materiale ma è proporzionale.

Resistenza materiale alla penetrazione, incisore, scalpellatura della sup.

Se si tratta di mat. differenti diversa piazza generale.

Sclerometri: strumenti portatili grandi spazio delle matite.

Sup. deve essere liscia e pulita.

Avendo un carico complessivo in tempo sul penetrometro piazza un'impronta sulla sup che rimane.

Ottengo la durezza con rapporto piazza su sup

Carico analogico e costante nel tempo.

Durezza: $[H] = f \frac{P}{A}$ P=pressoione induttoreA=superficie induttore

hardness

HV : Vickers

} piazza rote.
HK : Knoop
HB : Brinell
HR : Rockwell

} differenti tecniche
di strumento e
di fabbricazione.

HV } per ceramica edili.

HK } Induttore circolidali in
Induttore a picchi di diamante, riconosciutici
per HKHB } Induttore a forma sférica di acciaio o
HR } carburo di tungsteno.

Vale per tutti gli altri tipi.

Induttore omolo in diamante

Solo sui legni:

Piazza a trazione del mat. polimerico, si può rivenire.

Curva meccanica molto diversa di qgl d'acciaio

Comportam. duttilità acciaio ≠ comport. duttilità polim.

xK?

3 sottoclassi → Termoplastici → duttili.

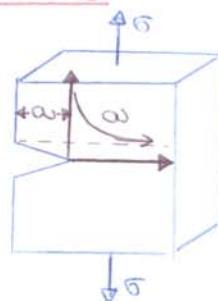
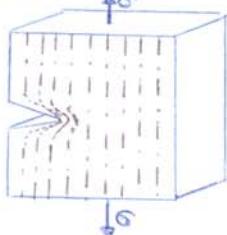
① Termoinduranti → fragili: seguono legge di Hooke fino a rotura.

Elastomerica: → elastico non-lineare fino a rotura. No rel. lineare

15/04/2010 ①

SCIENZA e TECNOLOGIA dei MATERIALI

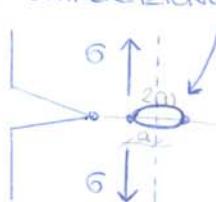
Teoria di Griffith.



Anche con oggetti con all'interno porosità:

SEN D CONCENTR. MOLTIPLICAZIONE DELLA σ APPLICATA

$$\sigma_y \gg \sigma$$



$$\sigma_y = \sigma \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{r}} \right) = \sigma (1 + K)$$

Dimensioni e angolo di curvatura del difetto sono importanti

Qual è il valore di sollecitazione massimo che si registra al vertice di un difetto interno avendo un raggio di $2,5 \cdot 10^{-4}$ mm e lunghezza di difetto $2,5 \cdot 10^{-2}$ mm, quando si applica una $\sigma_t = 170$ MPa?

$$\sigma_y = \sigma \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{r}} \right) = 170 (1 + K) = 2574 \text{ MPa}$$

$$2a = 2,5 \cdot 10^{-2}$$

L'oggetto si rompe sotto 170 MPa, ma i suoi difetti fanno sì che localmente σ_y si moltiplica e vince la resistenza solo con 2574 MPa

• Sollecitazione CRITICA:

σ applicata all'oggetto che a causa della presenza di un difetto microscopico di taglia = a fa sì che $\sigma_y = \text{resistenza a rotura del materiale}$

Agisce esternamente all'oggetto

$$\sigma_y = \sigma_R$$

$$G_c = \sqrt{\frac{2\gamma E}{\pi a}} \times \text{mat FRAGILI}$$

[?] → XK il lavoro è doppio
dal momento che quando il mat. si spezza ha 2 nuove spig.

$2f = \text{energia necessaria per spezzare il legame e formare 2 spig.}$

3 oggetti con stesso materiale $f = \text{tensione sopra la quale si rompe}$
per cui la sua resistenza sopra la rotura

> 1 > 2 > 3

Tra i 3 qd che cambia è a

 $a_1 > a_2 > a_3$ quindi meno energia per rompere $a_2 < a_3 < a_1$. Risposte meccaniche sono differenti.

Per mat FRAGILI perché non tiene conto delle

Trasf. reversibile ma solo qd irreversibile dei materiali

CROWAN - IRWIN introducono la def. plastica estendendo il fatto anche per mat. duttili

$$G_c = \sqrt{\frac{2(\gamma + f_p)E}{\pi a}}$$

mat fragili γ] lavoro che deve fornire per spezzaremat duttili $\gamma(1 + f_p)$] mat. \Rightarrow TENACITA' [G_c]

\downarrow $f_p = \text{energia necessaria per detersione plastica.}$

diventa un parametro unico.

Validità generale per mat. fragili e duttili: $G_c = \sqrt{\frac{G_c E}{\pi a}}$ -Parametri che dipendono dalla natura del mat.
indipendente dagli oggetti: $G_c E$ -Dipendenti dai singoli componenti: G_c, a

Quindi posso discrivere l'uguaglianza:

$$K_c = G_c \sqrt{\frac{1}{\pi a}}$$

 $G_c = \text{toughness}$ $K_c = \text{Fracture toughness}$

$$G_c = \sqrt{\frac{G_c E}{\pi a}}$$

componenti
 $\uparrow G_c \downarrow$
 $\downarrow G_c \uparrow$

materiale
caratteristiche meccaniche proprie

del materiale $[K_c] = \text{FACTOR CRITICO}$

di CONCENTRAZIONE della SOLLECITAZIONE oppure

TENACITA' DI FRATURA

 f (tenacità, rugosità)

Unità di misura

$$K_c = \text{MPa} \sqrt{\text{m}}$$

20/04/2010 ①

SCIENZA e TECNOLOGIA dei MATERIALI

compressione contiene dimensione del difetto → effetto benefico per il materiale.

↓
aumento della resistenza → rende più tenace il materiale avviamente con modi diversi a seconda del materiale - Per i ceramici è abnorme.

VISCOELASTICITÀ - VISCOPLASTICITÀ

Effetti del tempo sulla sollecitazione

Attraverso legge di Hooke si può vedere le def. elastiche:

E^* costante n.b. σ^* costante; $\sigma^* \rightarrow 0$ n.b. $E^* \rightarrow 0$.

Materiali con percorso formativo differente:

def. non si ferma mai continuo fino al completamento. La def. ha bisogno di un certo lasso di tempo per tornare a riposo con il classico ritorno elastico.

Def. ↓ dello stesso valore di quell'era aumentato con la σ^* .

Al tempo t_1 il materiale ha ancora def. Recupera la E^* da t_1 a t' per tornare a riposo.

Nel complesso con le def. è tutta ELASTICA e quindi reversibile perché il materiale recupera tutto.

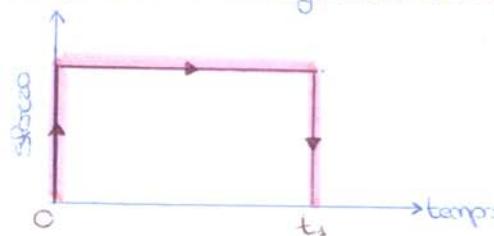
Può però essere scomposta in due porzioni di deformazione:

$$E_{tot} = E_{el} + E_{vel}$$

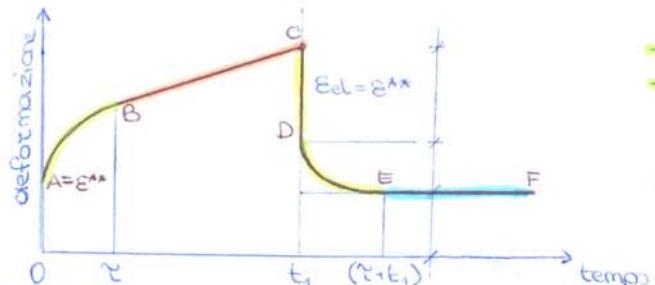
E^* ↓ def. viscoelastico

Per quanto riguarda la def. viscoplastica:

- comportamento che riguarda la maggior parte dei materiali



Se $\sigma^{**} < \sigma_e$ (ma più prossimo al limite elastico del materiale)



- tratto AB → si ha deformazione
- tratto DE → def. viene recuperato } $E_{el} = \sigma^{**}$ ⇒ def. viscoelastico
recuperabile in un certo lasso di tempo.
- tratto BC → def. irreversibile che ha coniugato richiesto del tempo per manifestarsi.
⇒ def. viscoplastica.

$$E_{tot} = E_{el} + E_{vel} + V_{v.pl} \rightarrow f(\sigma^{**}/\text{tempo})$$

σ^{**} ↑ AB-DE rev. BC non rev.

Nei legni è più probabile, anzi sono caratteristica di queste def. dopo un lasso di tempo sufficientemente lungo di seguito, delle fasi di riacquisto dell'energia dovute alla sollecitazione costante.

Le curve descrivono anche il comportamento sotto carico del calcestruzzo.

CALCESTRUZZO comune ⇒ composito ceramico - ceramico = inerti + pasta di cemento
 $E_{cls} : E_{pl} \rightarrow$ flusso
 t. amb. ↓ interfacce tra le due componenti. Meno resistente.
 lavorazione a t. ambiente. Presso avvenne piccoli ma significativi scambi di reciprocità tra i due materiali.

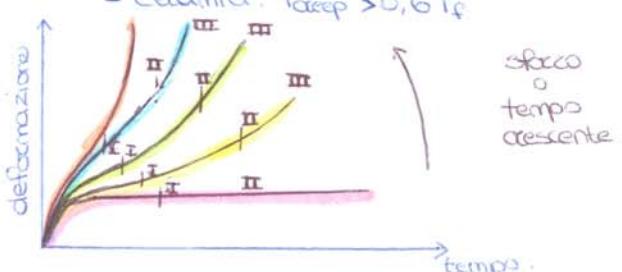
Portano prima a def. reversibili viscoelastico dopo diventano def. irreversibili di tipo viscoplastico.

SCORRIMENTO VISCOSE o CREEP

Fenomeno che avviene ad alta temperatura:

- Metalli: $T_{creep} \approx 0,3 \div 0,5 T_f$, temperature di fusione.

- Ceramici: $T_{creep} > 0,6 T_f$



scacco
o
tempo
crescente.

Proprietà meccaniche dei materiali influenzate dalla temperatura.

Comportamento meccanico è funzione della temperatura

- t ambiente: andamento costante
 - t = 0,3 ÷ 0,5
- 3 fasi differenti
 (I) def. elastica e acciunica
 (II) v def. = cost.
 (III) crescita esponenziale in funz. di t fino a rottura

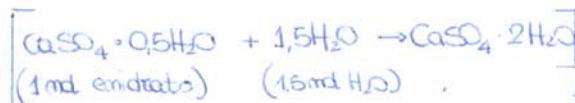
22/04/2010 ①

Domande d'esame:**- Descrivere le produzioni e la composizione chimica del gesso****3) reazione esotermica : Endrato + H₂O → GESSO e sviluppo di calore.****Problematica:**

dosaggio acqua nell'imasto

→ rapporto acqua / legante mix design dai cui dipendono moltissime prestazioni del gesso.
L'acqua è un reattivo necessario e ciò vale anche nei cementi.l'acqua partecipa come reagente per gesso e cemento $a/g = \text{acqua/gesso}$

Condiziona le prestazioni meccaniche del materiale per durabilità

softgels di calce totale nitrato resistenza al degrado ambientale
= senza acquaPer acqua/gesso dtemp l'**ANIDRITO CaSO₄** → teorico: 20÷25% (0,2÷0,25) peso H₂Oreale: 30÷100% (0,3÷1) peso H₂OH₂O idratazioneH₂O libero

poco

evaporazione

Dovuta all'effetto lavorabilità + esotermia che porta all'aggiunta anche eccessiva di acqua.

contrasta l'esotermia e migliora la lavorabilità

reazioni chimiche: scagliola mis gesso
H₂O → evaporazione per esotermia
resta nel manufatto



UNI 8377 $\sigma_f = 1,5 - 3 \text{ MPa}$ } Prop. meccaniche.
 $\sigma_c = 2,5 - 7 \text{ MPa}$ }

IMPIEGHI MEDI DEL GESSO NELLE COSTRUZIONI

- **INTONACI** → scagliola
- **BLOCCHI**
- **LASTRE DI CARTONE** } elementi prefabbricati

Intonaco → stesi su mano e lisciati
proiezione e lisciature

Viene applicato direttamente sulle sp. in muratura con uno spruzzo automatico.

Non va bene su sp. troppo ampie perché appende subito e non lo si riesce a lavorare
Lo fissi sul mattone con lo spallotto e lo liscaOptima resistenza ad incendio poiché ne ritardano la propagazione dovuta all'idratazione:
 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ T = 180°÷200°C.

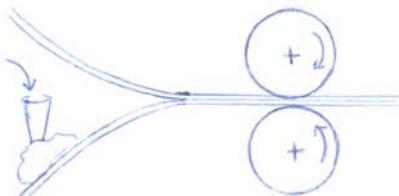
Blocchi → pieni
alvedari

3 blocchi ≈ 1m³

- spessore variabile: 4-15 cm
- bordi sagonati
- ottenuti per collage in stampa



Lastre di CARTON-GESSO:
pasta di gesso aderita tra due fogli di cartone → laminazione



- spessore: 9,5÷25 mm
- larghezza: 60÷120 cm
- lunghezza: 200÷320 cm
- 8-12 kg/m²

22/04/2010 ②

CALCE IDRATICA

- calce + sabbia silicea = malta acrea
- calce + pozzolana } malta
+ calce pesta } idraulica

ai tempi dei Romani.

Oggi:

- cemento Portland "Tagliato" con sabbia fine \rightarrow $50 \sim 30$ MPa.
- o
- calce acrea = Malte bastarde

AGGLOMERANTI cementiziCementi nei calti diluiti con insetti \rightarrow σ_c molto basse

24/04/2010 ①

CEMENTI• Cemento PortlandProdotto dalla cottura di una miscela di calcare e argilla a circa 1500°C .
In Italia 1872 parte la produzione industriale.Fase presso e indurisce solo con l'esposizione all'acqua un tempo molto breve \rightarrow Problematico per la lavorazione.Aggrado da acque debolmente acide. \rightarrow degrado ambientale

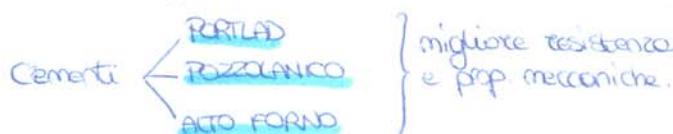
Savoro per produrre i calcestruzzi.

E' importante conoscere le chimiche dei cementi.

Con alcune aggiunte minate posso produrre altri materiali

Polvere miscolata + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ PASTA in rapporto 3:1

Con un regolatore di presso aumenta il tempo di raffreddamento.

Produzione cemento Portland

Calcare e argille [alluminio silicati]

Forno tubolare essenziale \rightarrow coccererotazione per la miscelazione. CLINKER \rightarrow inorganico ceramico.

Fase di macinazione dopo il forno

Clinker \rightarrow polvere inorganica fine.x Con l' H_2O perderebbe la lavorabilità

Miscela: Clinker + gesso = Cemento Portland

Cementi: leganti idraulici che dopo 28 gg sotl'acqua raggiunge la stagmatite. sviluppando una resistenza di compressione di 32,5 MPa.

Silicato tricalcico $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Silicato bicalcico $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Alluminato tricalcico $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Ferralluminato tetracalcico $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Composti chimici che compongono i cementi.

29/04/2010 ①

Di tutte le normative i punti più importanti in assoluto sono:

- a) singoli cementi e i loro additivi che ne modificano le prop. meccaniche.
- b) requisiti meccanici, fisici, chimici indispensabili per un cemento.
- c) criteri di conformità.

Introduzione

1970-1980: tipologie di cemento messe a punto a seconda del mat. che si aveva di disposizione.
 2000: sono usati cementi tradizionali e collaudati.

Riferimenti normativi

196/1 → metodi di prova a resistenza meccanica che il cemento deve subire.

CEMENTO

Def: è un legante inorganico idraulico che mescolato con l'acqua apprende e indurisce sviluppando le sue prop. meccaniche che rimangono valide anche se esposte di continuo all'azione dell'acqua.

CEM = sigla: Cementi commercializzabili in Europa.
 Soltanto alla normativa.

Ai cementi portland possono mescolare vari additivi come ad esempio l'ARGILLA che può avere doppia funzionalità:

- 1) fondente
- 2) apporta costituenti chimici alla formazione del cemento

attraverso due processi:

- maturazione
- omogeneizzazione

Costituenti principali**a) CLINKER di CEMENTO PORTLAND**

Vincolo compositzionale: produzione non casuale ma guidata.

Resistenza meccanica decisa dall'idratazione di silicati.

b) LOPPE GRANULATE D'ALTOFORNO

Aggiunte mirate di materiale inorganico ai cementi Portland.
 Materiale di scarto ottenuto dalla produzione di un altro materiale.

Deriva dalla produzione della ghisa (=forno, carbonio):

→ introduce il materiale in forni alti circa 40 m la cui temperatura alla base raggiunge circa i 2000°C.

Vengono così a formarsi dei materiali impuri ricchi di silice e calcio il tutto sotto forma liquida in cui sopra si formano le sottili poche meno dense della ghisa che si deposita sotto. Subito dopo prevede la solidificazione ottenendo ghisa che diventa in acciaio e scorie (=loppe) che mescolate al cemento mi danno più prestazioni meccaniche.

Attenzione! La loppa affinché abbia il risultato specifico deve avere un carattere ammorbidente dove farla raffreddare il più velocemente possibile.

La loppa è definita anche come materiale LATENTE ⇒ esplica prop. meccaniche solo in alcune det. condizioni.

Vincolo compositzionale: 2/3 in massa di loppa fumante.

Composizione media loppa ad altoforno

- CaO → 30 - 50% in peso
- SiO₂ → 28 - 30% in peso
- MgO → 1 - 18% in peso
- Fe₂O₃ → 1 - 18% in peso

c) POZZOLANA

⇒ sabbia vulcanica contenente silice amorfa o silico alluminato.

Può essere prodotta industrialmente oppure tratta naturalmente.

Non indurisce a contatto con l'acqua ma solo se mescolata finemente con acqua e reagendo con Ca(OH)₂.

È detta anche silice reattiva (=amorfica).

Faccio penetrare l'ago fino a quando mancano 4mm dal fondo e inizio a cronometrare (=tempo d'inizio) e mi fermo qui.
 Poi mi invece si continua a finire fino a quando non si ferma a 0,5 mm dalla sup. (=tempo di fine).
 Quando ho invece la miscela cemento + acqua, la sabbia che penetra all'interno del materiale è chiamata di Taitmayer (diametro 1 cm). Penetra fino a 6 mm dal fondo (=metà di pista normale).

4/05/2010 ①

Dopo poi uso l'ago di Vicart.
 → Espansione del cemento dovuta alla presenza dei CaO e MgO liberi, non combinati nelle fasi \Rightarrow grosso problema compositivo.

Requisiti chimici

1) PERDITA AL FUOCO + comportamento a fuoco.

→ Verifico quanta massa Δm perde il materiale per trattamento a fuoco a 900°C .
 Mette in evidenza se ci sono state delle fasi tipo la tagliatura del cemento con carbonato di calcio oppure argilla.
 Verifico anche lo stocaggio del cemento → se il cemento è stato tagliato in ambiente umido e ha iniziato l'idratazione.

→ Taglio il cemento con sabbia a base di silice.

2) TRATTAMENTO DI SOLUBILIZZAZIONE

a) acido cloridrico

b) carbonato di sodio

⇒ il cemento deve essere tutto sciolto.

Se ne rimane una percentuale maggiore di quella prevista significa che il cem. è stato tagliato con silice.

3) SOLFATI

→ Ne verifico le presenze del cemento.

Se lo taglio con troppo gesso si manifesta il fenomeno della falso preso.

4) CLORURI

→ Devo dosarli bene nel cemento poiché molto aggressivi e pericolosi nelle armature del calcestruzzo.
 Sono i promotori assoluti della corrosione.

5) POZZOLANITÀ

→ Valuta quantitativo di idrossido di calcio attraverso un'operazione accelerata della durata di 3 gg.
 Soluzione acquea sorassettiva di idrossido di calcio dentro la quale a immerge la pazzolana che reagendo con esso sviluppa le sue prop. meccaniche.
 Ha la potenzialità di generare fasi leganti idrauliche della pazzolana.

Normativa

Importanti sono:

- 9.1.2. → controllo statistico della qualità

- 9.1.15] → RISCHI del produttore: 5% della produzione buona non qualificata C.E.N.
 - 9.1.16] del consumatore: 5% della produzione venduta come C.E.M ma non lo è.

- 9.2 → criterio di conformità

• Controllo statistico

Condurre un tot. numero di prove a scansione temporale prevista dalla normativa.

• Scostamenti max accettati dalla normativa → vedi Tabella pag 16.

IDRATAZIONE



CHS → Silicato di calcio idrato

= TOKERNORITE cristalli ad agli

fornaci da gulfare



CH → Portlandite: responsabile delle prop. meccaniche
 fornaci esagonate.

C_2S più lenta della C_3S

Si producono entrambe per non avere diminuzione di velocità nello sviluppo delle prop. meccaniche.
 C_3S copre i primi mesi per l'idratazione rispetto al C_2S che ci mette più tempo.

Più veloci ancora sono gli illuminati tricalcici.

6/05/2010

(1)

Argomenti d'esameTUTTO SUL LIBRO

Cap 1 tutto. Ripasso di chimica.

Cap 2 tutto

Cap 3 tutto. Su roccia metà pag 56

Cap 4. 4.3-4.4-4.5 + dispense

Cap 5. dispense. Fino pag 54 compresso, no 55-56

Cap 6. lettura formazione inquinanti atmosfera. 6.2.1-6.2.1.4 inquinanti gassosi
Subflorese / efflorescenza 140-141

Cap 7: 7.3 completo. Tappe degradazione calcareo. 7.6 corrosione atmosferica d'acciaio.

Cap 8: NO [par 835 sclerometri solo]

Cap 13. Calcestruzzo durante. Fattori Normative europee.
Mix designe + dispense. Tutto da fare.

Perché si confezionano cementi + alluminati se gli ultimi sono solo dannosi nella gestione del getto e manifatto?

→ Perché ci permettono di cuocere i cementi ad temperatura minore e ci portano costi minori.

- Problemi degli illuminati:
 - 1) presa troppo rapida
 - 2) calore di idratazione

= quantità calore a seguito della reazione tra cemento e acqua.

	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ F
dopo 3 gg	58	12	212	69
dopo 36 gg	117	54	279	90
in kJ/kg	~500	~260	~300	~420

Cementi
380-500 kJ/kg

E' importante anche la temperatura ambiente

- più è alta la temperatura → cinetica alta
- più è bassa la temperatura → cinetica bassa

Per una corretta messa in opera ho bisogno di un certo di tempo necessario per formare e trasportare il getto (ho bisogno di una cinetica bassa) però al momento della messa in opera deve avere una cinetica alta.

Come fare getto nelle stagioni:

► Estate T=30°C

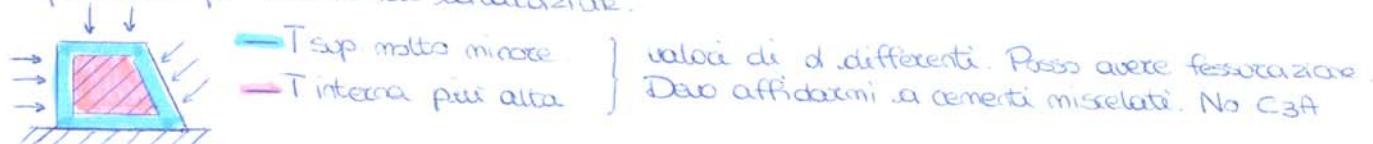
→ chiedi alla centrale di betonaggio un cemento con meno alluminati.
Diminuisce il quantitativo di C₃A, lo diminuisco.

► Inverno: T=3°C, notte può ghiacciare l'acqua.

→ ho bisogno di cementi portland con maggiore quantità di alluminati.
Devo superare almeno le prime notti.

Per getti di grandi dimensioni:

problema per calore di idratazione.



Quanta ACQUA metto nella pasta di cemento?



- 1 cm³ cemento anidro → 2,14 cm³ prodotto idratato.

- H₂O chimicamente necessaria 23 l H₂O / 100 Kg di cemento

$$\hookrightarrow \text{rapporto a/c} = 0,23$$

] a livello stocchometrico
NON BASTA!

6/05/2010 ①

Per avere permeabilità zero:

Rapporto $\frac{g}{c}$	Tempo
0,4	3 gg
0,45	7 gg
0,5	2 settimane
0,6	6 mesi
0,7	1 anno
>0,7	mai

I cementi di miscela

→ Ho un ritardo temporale nella formazione delle prop. meccaniche della Portlandite.

Al termine ho CSH primaria + CSH secondaria → maggiore quantità di aghi = maggiore resistenza a rottura.

Si formano anche porosità e avendo maggiori aghi favoriscono la formazione di pori del gelo fadermatico e si riducono le porosità capillari.

CALCESTRUZZO

► È un materiale composito:

Cementi + H_2O + AGGREGATI + Additivi \rightarrow PASTA di CEMENTO } = COLLANTE IDRAULICO
 fini o grossolanii
 = inerti
 fresca \rightsquigarrow Indurita.

→ Importante: sia per l'acqua che per gli aggregati bisogna specificare il tipo, la quantità, granulometria (x aggregati) ecc...Ruolo dell'acqua d'impianto

- reagente delle aggiunte klinker + aggregati.
- lavorabilità del calcestruzzo \rightarrow attitudine alla messa in opera.
- bisogna fare attenzione a non abbondare.

Requisiti necessari

- qualsiasi acqua potabile \rightarrow elimina tutte sostanze nocive.
- acque naturali (daci o saline)
- acque industriali } soggette a controlli specifici.

Dove essere qualificata prima di essere utilizzata.

— Solidi in sospensione: materiale fine che viaggia col flusso dell'acqua.

\rightarrow Se mesi nella pasta si formano in superficie creando un'interfaccia debolissima.
 \rightarrow Trasferimento energia da pasta ad aggregato

Semicattoni di taglio in superficie trasferiscono lo stress all'aggregato.

I limiti cambiano al secondo dei calcestruzzi.

Inquinanti	Els	Cla armato	Cla precompresso	limiti in mg/l
Solide in sospensione	6000	2000	2000	④ dipendono dal tasso di armatura.
Fluoruri	20000	1000 - 500 *	5000	
Solfati	2000	2000	2000	
Acidità pH	> 4	> 4,5	> 4,5	

— acqua marina è più pericolosa per i clavi che per i sofietti poiché promuove la corrosione dell'armatura.

— evita i fenomeni di falda presso e pressi rapida.

— l'acqua salubizza subito lo CO₂ abbassando il pH.● La Portlandite diventa più pericolosa nel calcestruzzo armato (fortemente basico \rightarrow protegge le armature). Se aggiungo dell'acqua troppo acida, questa mi abbassa la basicità delle armature rendendole più deboli alla corrosione.

6 ricerca di argilla o sostanze molto fini sulla ssp. che con la plasticità adesiva tra ed elante e aggregato.

13/05/2010 ①

→ decantazione

equivalente in sabbia: ad esempio $\frac{hs}{ht} \cdot 100 = \frac{hs}{hs+ha} \cdot 100$

con hs = altezza sabbia pulita

ht = " zonai torbida

ha = " argillose

75-80

7 Valutazione sostanze organiche

rallentano le ciniche di idratazione.

Prendo un quantitativo noto di aggregato e lo batto nell'idrossido di sodio 3% e lo lascio sedimentare fino al che non prende un colore e lo confronto con una scala CHROMATICA con cui stabilisco se l'aggregato è buono oppure da scartare.

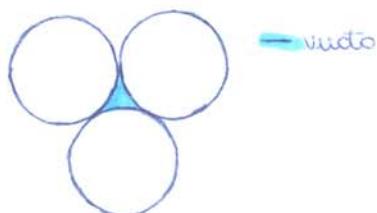
Problema distribuzione granulometrica

Massima densità con minimo rapporto di pasta di cemento.

Bisogna seguire le taglie e le quantità di taglie per lasciare meno spazio vuoto possibile.

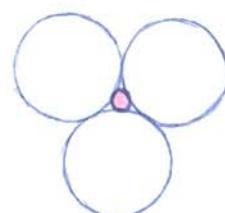
No distribuzione monodimensionale

Si distrib bdimensionale.



— vuoto

— aggregato



Devo minimizzare
quantitative
sostanze organiche

Specifico attraverso le curve granulometriche

Fuller e Thomson

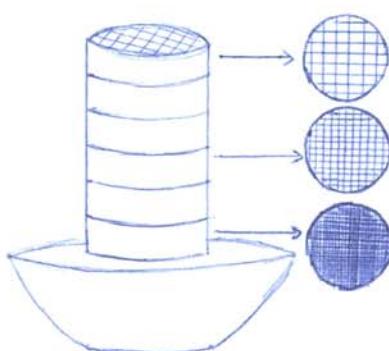
$$pt = 100 \sqrt{\frac{d}{D}}$$

con D = diametro max dell'aggregato definito dalla curva di Fuller.

$pt = \%$ aggregato
valore cumulativo
setaccio la cui apertura è definita da " d "

Setacci normalizzati

Differiscono dalla " d " del diametro delle aperture dentro al setaccio
I setacci sono impilati



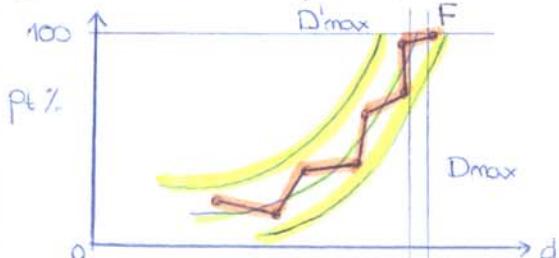
Ne costituisce la curva granulometrica e la confronto con quella di Fuller.

Curva ottimale tecica
% per apertura " d "

Max occupazione volume possibile se $\% = \text{massa}$

Fuso granulometrico → Intervallo di accettabilità

Due curve una sopra e una sotto quella di Fuller

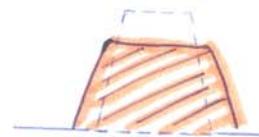


al di fuori non è accettabile

Diametro max $D < 25\%$ sezione minima del getto
< distanza tra i ferri $df: < d_f - 5\text{cm}$

Non deve superare del 30% lo spessore del coprifero.

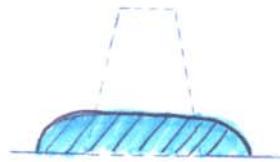
Definisce l'abbassamento dell'altezza del caos \rightarrow **slump**
 ↓ qualifica la lavorabilità del calcestruzzo
 Misso in cm.



Diversi tipi di slump: \rightarrow **VERO**

COLLASSO

accettabili solo se in presenza di additivi fluidi finiti o superfl.
 Boiazzo: abbiamo messo troppo acqua nell'imasto.



CEDIMENTO di TAGLIO

edificio calcestruzzo.
 Non è stato impastato bene
 Segregazione del gelo
 Disomogeneità distribuzione aggregato \rightarrow vespucci o nidi di ghiaie



Calcestruzzo testato appena messo in opera per misurare la lavorabilità
 Agitando l'imasto la lavorabilità diminuisce rispetto ad un imasto fermo.

Parametri che giocano sulla lavorabilità:

a) rapporto $\frac{a}{c} \div \frac{\text{aggregato}}{\text{cemento}}$

- l'acqua è molto importante poiché ha un basso valore di viscosità

$$\eta_{H_2O, 20^\circ C} = 1 \text{ mPas} = 1 \text{ cP}$$

- aggregato/cemento è anche importante grazie a Bolemy.

Normativa europea per lo slump: 93/58

5 classi di consistenza definita da S+ (numero 1-5).
 Definita in funzione all'abbassamento.

Classi di consistenza	Slump mm
S1 = consistenza umida	10 - 40
S2 = plastica	50 - 90
S3 = semifluida	100 - 150
S4 = fluida	160 - 200
S5 = superfluida	> 210

Vedi tabella sul libro 9.4

Tabella \rightarrow ruolo lavorabilità complessiva del calcestruzzo
 3 parametri: quantità di acqua

tondeggiante: agg. se spigoli vivi o rotandi.
 diametro max dell'aggregato

la quantità d'acqua diminuisce con l'aumentare del diametro dell'aggregato.

Permeabilità



Importante: influenza rapido % sulla resistenza meccanica
Buone considerazioni sia livello tecnologico ed economico.

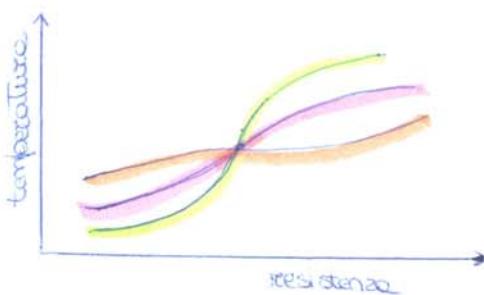
GETTO FRESCO

→ Ritiro

Per il calcestruzzo il ritiro è più corto.

Dosaggio del cemento influenza sul ritiro del calcestruzzo.
[Calcestruzzo fresco con ritiro con calcestruzzo indurito]

Ritiro dell'aggregato è buono solo se qst primo della messa in opera viene dosato e accuratamente selezionato.



Resistenze a compressione dello stesso tipo di calcestruzzo ma a temperature diverse:
 - 5°C: ha un lento sviluppo prep meccaniche → più performante
 - 20°C: intermedio
 - 60°C: ha una crescita rapida → struttura meno compatta ma più poi.

Tavella: dosaggio del cemento per ottenere resistenza

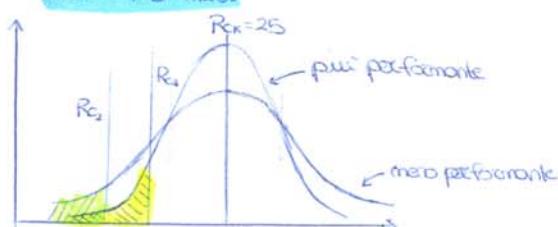
$$R_{ck} = 26 \text{ MPa}$$

Classe di resistenza	Dosaggio Kg/m³
32,5	560
42,5	500
52,5	450

Resistenza caratteristica

→ prendo tanti pezzini composti dalla stessa tipologia di calcestruzzo e li misuro la resistenza a compressione e li posto fino a rottura.
Se dichiaro che la resistenza media è 28 MPa, secondo le normative c'è il 50% di pezzini che non hanno superato la qst compressione.

$$R_{ck} = f(R_{m28})$$



Tiene conto dei criteri di accettabilità della normativa.

$$R_{ck} = R_m - k_s \quad \text{con } k_s = 1,64 \quad \text{funzione del num. di pezzini}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_m)^2}{n-1}} \quad \text{scarto quadratico medio.}$$

Statistica influenzata dalla dimensione del gesso

20/05/2010 ②.

— Il degrado lo posso avere su

calcestruzzo: il CaCl_2 aggredisce il legante che lo fessica e lo danneggia. Avviene intorno ai 8°C.
L' NaCl non ha alcun effetto degradante sul calcestruzzo.

armatura: promuove la degradazione corrosiva

Il cloruro fa perdere la passivazione dell'armatura, che la protegge dagli acidi, rendendola vulnerabile. Sia NaCl che CaCl_2 .

— Acqua di mare:

- contiene dissolti molti ioni tra i quali il magnesio.
- è un aggressivo a tutto tondo per gli oggetti in calcestruzzo.
- Se si è sul luogo di sponda è molto pericoloso, più pericoloso se tutta l'armatura è direttamente immersa nel mare.
- Può avvenire anche ad alcuni Km di distanza dal mare dove le goccioline vengono trasportate dal vento.

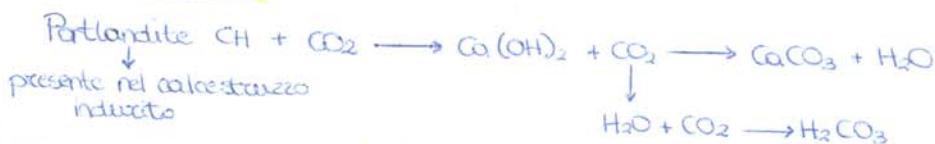
• Il magnesio reagisce con $\text{CHS} \rightarrow$ libera silice amorfica e forma la brucite (= idrossido di magnesio)

► Degrado con anidride carbonica \Rightarrow CARBONATAZIONE del CALCESTRUZZO

Posso avverlo sotto forma di due effetti \rightarrow azione CO_2 in aria

\rightarrow azione CO_2 in acqua pura: riguarda zone precise più in montagna.

★ CO_2 in atmosfera



E' una reazione di solubilità.

In queste reazioni chi soffre maggiormente è l'armatura poiché viene attaccata dall'acido che abbassa il pH esponendole più facilmente alla corrosione.

Se calcestruzzo non è armato qst corrosione non avviene e il degrado è meno visibile.

La presenza più o meno intensa dello CO_2 varia a seconda delle zone.

Reazione dello CO_2 simile alla carbonatazione

\rightarrow CO_2 si scioglie nell'umidità del manufatto nei pori capillari migrando dalla superficie al cuore in funzione del tempo.



velocità di carbonatazione v_t :

$$v_t = \frac{ds}{dt} = \left(\frac{K}{n} \right) \cdot t^{\frac{1-n}{n}}$$

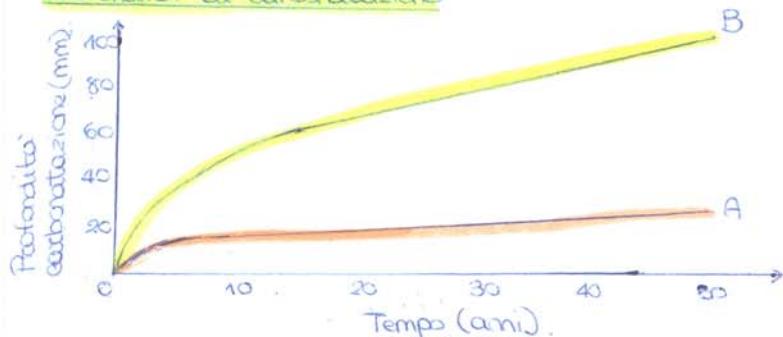
Mettendo conto che, nella maggior parte dei casi, la porosità del calcestruzzo si situa tra il 20 e 35%, si è calcolato che $n=2$, quindi l'eq diventa

$$S = K \cdot \sqrt{t} \quad \text{con } S = \text{spessore}$$

Spessore varia in funzione del tempo e dipende dalla qualità del calcestruzzo.

Fenomeno più degradante su un calcestruzzo di pessima qualità e in funzione anche del rapporto %c, al tipo di calcestruzzo.

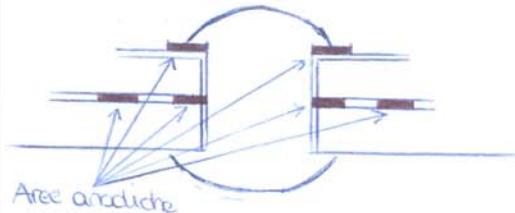
Profondità di carbonatazione



A = basso rapporto %c, alto dosaggio cemento.

B = alto rapporto %c, basso dosaggio cemento

25/05/2015 ①

Fenomeno avviene sulle armature

Degradò più spinto se faccio delle costruzioni galvaniche di ottere con copertura in acciaio.

Vita di servizio di strutture:

- Edifici comuni → 60 anni
- Costruzioni prestigiose → 150 anni
- Ponti rilevanti → 120-150 anni
- Attracchi marittimi → 30-50 anni

Acciaio (Anodo)Prevenzione della corrosione per tutta la vita di progetto

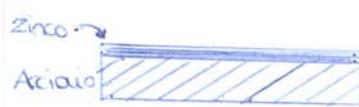
- corretta progettazione strutturale e resistive
- corretta scelta mix-design dei materiali
- copertura di spessore conforme le condizioni ambientali

→ Conseguenze:

- riduzione sezione ferro \rightarrow ↓ resistenza a rotura, fatica, proprietà di deformazione,
- fessurazione \rightarrow periodo di disancoraggio dell'armatura, ↑ velocità corrosiva, distacco calcestruzzo.

Protezione aggiuntiva

- Inibitori di corrosione → in impasto
- Trattamenti superficiali → pitture, membrane, trattamenti
- Rivestimento armature con resine → applicazione eletrostatica, polvere polimerica a 240°C su ferri sabbati
 - adesione calcestruzzo ferro ridotta del 10-20% adatto al sostenimento carichi strutturali
- Zincatura armature → per cementi a pH < 13
 - per cementi di miscela con bassa tenuta di portlandite CH



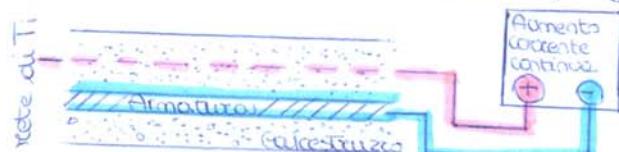
la corrosione attacca la lamina di Zn e non l'acciaio



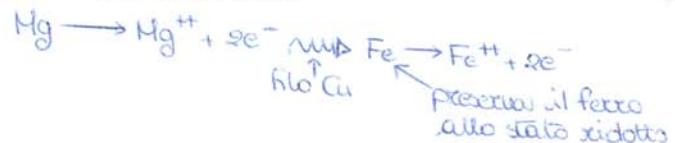
Se avviene un'interruzione in ogni caso lo O₂ attaccherà preferenzialmente lo Zn anche se l'acciaio è in contatto con l'aria

- Acciai Inox → costo elevato

- Protezioni catediche → protezione per correnti impresse
adatte per gli ambienti aggressivi



Simile all'onda sacrificale usato per tubi, l'acciaio interrato

CaCO₃ in acqua pura

L'acqua è un solvente con capacità di scioglimento impressionante. Essendo molto puro (ad esempio dovuto allo scioglimento dei ghiacciai) discioglie parecchi sali diventando un agente molto forte.

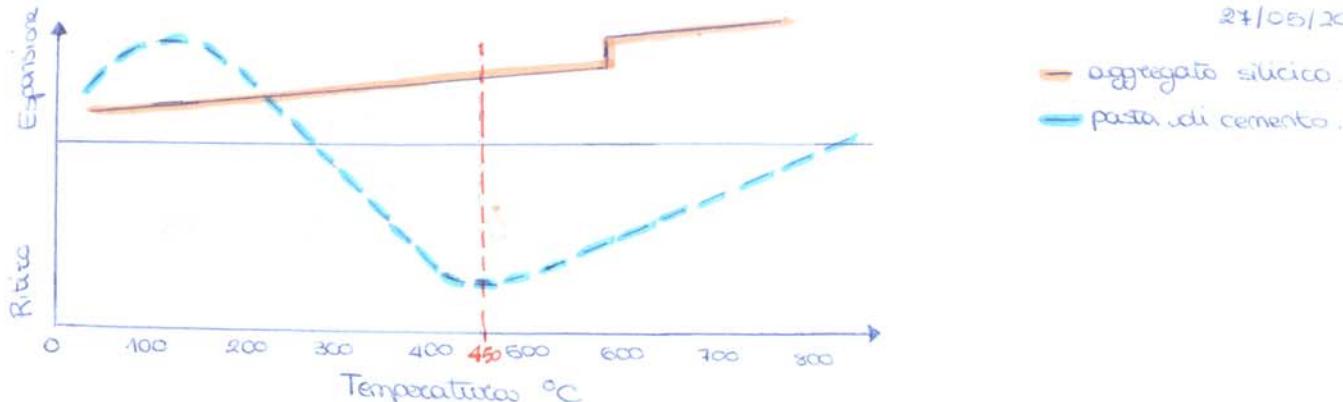
Durante lo scioglimento avvengono le seguenti reazioni:

- 1) $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$
- 2) $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) + \text{CH} \rightarrow \text{CaCO}_3$ (che ha una bassa solubilità)
- 3) $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ bicarbonato di calcio. Molto solubile.

In genere è scritto: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ reazione di degradazione

Si solubilizza in acqua e poi viene asportato dalla struttura

DLAVAMENTO

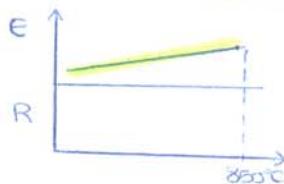


1) Pasta di cemento induttiva:

- costituita da fasi idrate
- su decomposizione termica:
 - a) espande
 - b) ritira: degradato fasi idrate → nuove fasi. Ha perdita di ogni elemento che costituiva tutte le prop. meccaniche.
 - c) riprende espansione lineare
- ma non più come legante idraulico

2) Aggregati:

- a) **calcarei**: Il carbonato di calcio non subisce grandi variazioni ma si espanderà fino agli 850°C circa. Ottengo $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}_{\text{vap}}$



- b) **silicei**: silice cristallina fonde a 1750°C
Durante l'aumento di temperatura ha una trasformazione allotropica.
A noi però interessa la trasformazione: $\text{quarzo}\alpha \rightleftharpoons \text{quarzo}\beta$ a 550°C.
Si ha un cambiamento della struttura cristallina.
Il quarzo β è meno denso dell' α .
Durante la trasformazione si ha il passaggio istantaneamente provocando una forte espansione improvvisa con azione altamente disgregante.

Suppo del calcestruzzo: aumento di pressione dei vapori acquei nei pori pieni d'acqua
→ provoca il distacco del cemento

3) Armatura:

- a) scorrimento visco, creep → deformazione irreversibile fino a rottura
- b) differenza dilatazione termica d: → aumenta significativamente la temperatura tra armatura e calcestruzzo.
Assolutamente dissimilari che ne provocano il distacco.

COME REALIZZARE UN CALCESTRUZZO DUREVOLE

- Importanti**: - UNI 9888
- EN 206
- EUROCODICE N2 }:
ci daranno una serie di disposizioni da seguire e che devono essere rispettate dal progettista per un essere perseguitabile civilmente
Tabelle di riferimento da seguire per poter progettare un buon calcestruzzo duraturo.

Ogni tappa del processo produttivo è importante per realizzare il cls in modo conforme

- 1 - progettazione
- 2 - messa in opera
- 3 - stagionatura

4) Progettazione: una adeguata dosaggio di cemento; 250 - 300 kg · m⁻³ di cls

H_2O commisurata a reali quantità di cui necessita il cls.

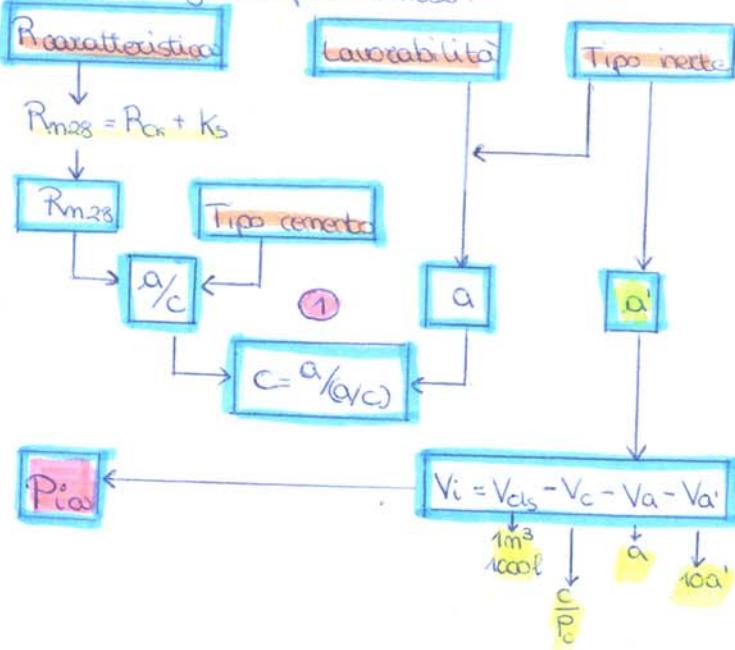
- per costi: tendenza a ↓ dosaggio
↓ compattezza, ↑ porosità
↓ resistenza meccanica.
- quanta H_2O in %: importante x fasi leganti
↓ disgregazione
↓ resistenza meccanica.
- Hai un eccesso xR forza
vuoti capillari.

3/06/2010

①

a entrambi i requesti allora è **soddisfacente** se non lo trovi
allora è detto **insoddisfacente**.

Per il mix - design semplice chiuso.



parametri prefissati dal progettista.

Lavorabilità e tipo d'incante sono strettamente legati tra loro.

$$a' = \frac{V_{aria} (\%)}{V_{calcestruzzo}} \Rightarrow \text{aria intrappolata}$$

% aria è corollata al diametro max dell'aggregato.

V_i = Volume inerte in $1m^3$ di calcestruzzo.

P_c = densità cemento = 3,15 Kg/l.

a = dosaggio in acqua = 1 kg = 1 l.

$V_{a'}$ = volumi di vuoti $\Rightarrow a' = \frac{V_{a'}}{V_{els}} \cdot 100$

Il dosaggio dell'incante avviene in massa.
 $P_{air} \approx 2,7 \text{ kg/l}$.

$$i = 2,7 V_i = 2,7 (1000 - \frac{C}{P_c} - a - 10a')$$

Domande d'esame:

- definisci anche con riferimento alla norma europea, i tempi d'altroforsa e cosa s'intende per idraulicità latente. Ricordi limiti complessionali che li caratterizzano nella normativa spiegandone i motivi di queste limiti.
- elenchi tipi di cemento e la loro designazione secondo normativa UNI EN 197/1. Elenchi le classi di cemento individuate secondo i requesti meccanici e descrite approssimativamente. Eseguire sottolineando anche l'importanza in una produzione di qualità.
-
- illustra dettagliatamente fenomeni di degrado del cemento per opera delle CO₂ distinguendo il degrado indotto dalle CO₂ gassosa oppure in acque dolci pure. Illustra conseguenze finanche di degrado e descrive giustificando le precauzioni che debbono essere attivate per prevenzione di questo tipo di degrado anche con riferimento alle normative vigenti.
- descrivere il procedimento di produzione del legante gesso a partire dalle materie prime. Definisci quale categoria di leganti appartiene e descrivere la reazione per le prese e indirettamente spiegandone le conseguenze sul livello di rapporto legante-acqua. Modalità di messa in opera e/o proprietà finali del legante.
- elenchi principali impieghi in edilizia e caratt. chimico-fisico-mecaniche più significative.

Formule per Scienze e Tecnologia dei Materiali

o Curve di Cordon-Norse:

$$\text{ERISULTANTE} = \int_{-\infty}^{\infty} \text{Frisult. } d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} F_A d\omega + \int_{-\infty}^{\infty} F_R d\omega = E_A + E_R$$

o 1^a legge di Fick:

$$J_x = -D \frac{dc}{dx}$$

J_x = flusso di materia

D = coeff. di EFFUSIONE o DIFFUSIONE

dc = gradiente di concentrazione disomogenea per mantenere l'equilibrio

o Tensione superficiale:

$$F \cdot dx = 2\gamma l \cdot dx \Rightarrow \gamma = \frac{F}{2l} = \left[\frac{N}{m} \right]$$

o Equazione di Laplace:

$$\Delta P \cdot dV = \gamma \cdot dA$$

$$\Delta P \cdot 4\pi r^2 \cdot dr - \gamma 8\pi r dr = 0$$

$$\text{n.d. } \Delta P = \frac{2\gamma}{r}$$

o Legge di Yang - Dupré (per raggiungimento dell'equilibrio)

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{GL} \cos\theta$$

S = solido
G = gas
L = liquido

$$\text{o Porosità (\%)} = \frac{V_{poco}}{V_{tot}} \cdot 100$$

o Pressione capillare:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P &= \frac{2\gamma}{r_m} = P_c \\ \Delta P &= \frac{2\gamma}{r_c} \cos\theta = P_c \end{aligned} \right\} r_c = r_m \cos\theta$$

$$P_c = \Delta P = \frac{2\gamma}{r_c} \cos\theta = \rho g z$$

$$h_{max} = \frac{2\gamma}{\rho g r_c} \cos\theta$$

o Conduttività:

$$J_x = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad \text{con } \frac{dT}{dx} \text{ gradiente termico}$$

$$\frac{dQ}{dx} = \frac{dQ}{dT} \frac{dT}{dx} = \frac{1}{A}$$

$$\lambda = -\frac{1}{A} \frac{dT}{dx} \quad \text{n.d. legge di FOURIER.}$$

o Dilatazione:

$$\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T \quad \text{con } \alpha = \text{coeff. espansione termica lineare.}$$

ESEMPIO COMITO D'ESAME

- Domanda A:

- ① definisci anche con riferimento alle normative europee i cementi d'altotono e cosa s'intende per idraulicità latente. Ricordi i limiti composizionali che li caratterizzano nella normativa spiegandone i motivi.
- ② elenchi i tipi di cemento e la loro designazione secondo le normative UNI EN 197/1. Elenchi le classi di cemento individuate secondo i requisiti meccanici e discutevi appropriatamente questi requisiti sottolineando anche l'importanza in una produzione di qualità.
- ③ Il cemento d'altotono si ottiene macinando clinker di Portland con gesso e con il 36-35% di loppa granulata d'altotono (CEN II/A, III/B, III/C); quest'ultimo è un materiale idraulico latente, cioè un materiale che presenta proprietà idrauliche se attivato opportunamente. È un sottoprodotto dell'industria metallurgica che si ottiene liquido alla base degli altotoni e che viene raffreddato rapidamente al fine di conservare la struttura vetrosa. Infatti, deve contenere, per Norma, almeno due terzi in massa di loppa vetrosa e deve essere costituita da almeno $\frac{2}{3}$ in massa della somma di CaO , MgO e SiO_2 . Il rapporto in massa $(\text{MgO} + \text{CaO})/\text{SiO}_2$ non deve essere > 1 . La loppa allo stato vetroso reagisce lentamente con l'acqua, ma assai più rapidamente con l'idrossido di calcio: pertanto è utilizzata in combinazione con il clinker di cemento Portland, la sua idraulicità è stimata e tale reazione produce anch'essa CSH secondario.
- ④ Nella norma UNI EN 197/1 il cemento viene definito come un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che mescolato con acqua, forma una pasta che rappresenta e mantiene la seguito di reazioni e processi di idratazione e che, una volta indurito, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità in acqua. Il cemento conforme alle norme europee viene identificato con la sigla CEM e, opportunamente dosato e miscelato con aggregato e acqua, deve essere in grado di produrre una malta o un calcestruzzo capace di conservare la lavorabilità per un periodo di tempo sufficiente per raggiungere, dopo determinati periodi, livelli di resistenza meccanica prestabili anche possedendo una stabilità di volume a lungo termine.
- La norma suddivide i cementi comuni in 5 classi differenti:
 - CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV, CEM V, alcuni dei quali vengono suddivisi ulteriormente in sottoclassi designate dalle lettere in ordine alfabetico.

- Domanda B:

- ① Illustra dettagliatamente i fenomeni di degrado del cimento d'altotono per opera della CO_2 distinguendo il degrado indotto dalla CO_2 gassosa oppure in acqua molto puro. Illustra le conseguenze dei fenomeni di degrado e descrivici giustificando le precauzioni che debbono essere attivate per prevenire di questo tipo di degrado anche con riferimento alla normativa vigente.

Tra i vari fenomeni di degrado, quello per opera della CO_2 è molto importante. Questo tipo di degrado può avvenire in due effetti diversi: CO_2 in atmosfera e CO_2 in acqua pura, ovviamente in base alla zona in cui si trova. Per quanto riguarda la CO_2 in atmosfera, nel cimento portlandite reagisce con la CO_2 per dare vita alla calce aerata. In questa reazione chi soffre maggiormente è l'armatura poiché viene attaccata dall'acido che ne abbassa il pH esponendolo più facilmente alla corrosione. Ovviamente se il calcestruzzo non è armato, questo soffre di meno e il degrado è meno visibile.

Questo fenomeno è simile alla carbonizzazione perché la CO_2 si scioglie nell'umidità del manufatto nei pori capillari migrando dalla superficie al cuore.

La velocità della reazione varia in funzione del tempo e dello spessore del materiale.

Questo fenomeno è più degradante su un calcestruzzo di pessima qualità.

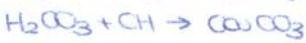
Un altro fattore che influenza la velocità di carbonizzazione è l'umidità relativa infatti se questa è $< 35-40\%$ oppure $> 90\%$ la CO_2 non riesce a penetrarvi o comunque a diffondersi. Se invece $50\% < \text{U.R} < 90\%$ ha un'altissima pericolosità di penetrazione e diffusione della CO_2 nel manufatto.

Inoltre la carbonizzazione interessa inizialmente il copriferro ponendone il distacco e successivamente attacca l'armatura promuovendo la formazione della ruggine.

Invece il fenomeno della CO_2 in acqua pura è anche molto pericoloso.

Questo tipo di acqua è un solvente che è in grado di sciogliere la CO_2 e poche sali.

divenendo un aggressivo molto forte.
Durante lo scioglimento avvengono le reazioni:



$\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ bicarbonato di calcio. Molto solubile.

Questo si solubilizza in acqua e poi viene asportato dalle strutture e questo fenomeno prende il nome di dilavamento.

Per evitare di incorrere a questi spiacevoli inconvenienti e poter progettare un buon calcestruzzo durevole devo attenermi strettamente alle norme UNI 3858, EN 206, EURCODOICE N2.

ESEMPPIO COMPITO D'ESAME

Domanda a):

- 1) - Definire fenomeno delle dilatazioni termiche e scrivere la semplice relazione che permette di calcolare il coeff. di dilatazione termica.
- 2) - Usando le rispettive curve di Gordon-Morse spieghi il diverso comportamento delle varie classi dei materiali rispetto alla dilatazione termica.

RISPOSTA:

Alcuni materiali quando c'è un aumento di temperatura, subiscono una dilatazione, più o meno importante, a seconda del materiale preso in questione. In ogni caso, la dilatazione rimane questo motivo, si devono seguire le norme UNI apposite.

L'equazione per calcolare il coeff. di dilatazione termica è: $\frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta T$

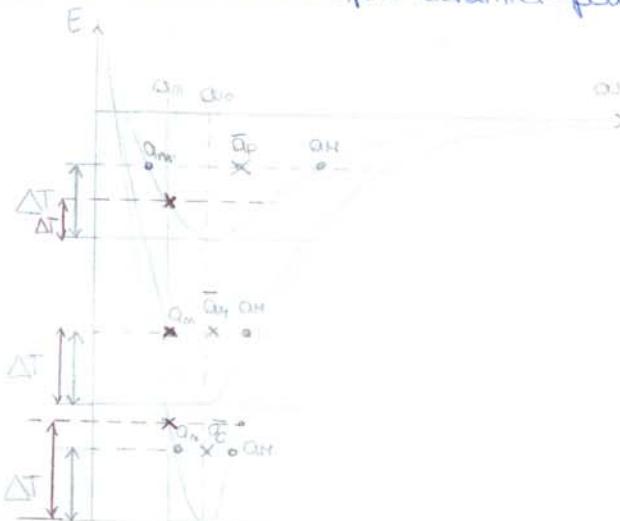
dove: ΔL è l'espansione della lunghezza;

L_0 è la lunghezza iniziale

α è coeff. dilatazione termica

ΔT intervallo di tempo in cui avviene il fenomeno.

Curve di Gordon-Morse per ceramici - polimeri - metalli.



a parità di ΔT :

- i ceramici si dilatano di meno.
Seguono i metalli e infine i polimeri.

- invece a parità di α_m :
ho bisogno di maggiore ΔT per i ceramici
per poterli dilatare. ΔT medio per i metalli
e molto basso per i polimeri.

Domanda b):

- 1) - Descrivere modalità di conduzione di una prova di compressione e flessione
- 2) - Giustificare quale delle due prove è perché viene considerata giustamente meccanicamente più severa per un materiale fragile.

Dal momento che un materiale fragile è molto scosso se subisse una trazione, lo si cerca di far lavorare la compressione poiché risponde decisamente molto meglio.

Dunque, per testare la sua resistenza, faccio la prova di compressione e flessione. La prova di compressione consiste nel prendere un certo numero di provini (cilindrici o cubici le cui altezze, spessori e circonferenze sono dettate dalle norme UNI), aviamente dello stesso materiale, e li si posizionano tra 2 lastre che li schiacciano. La prova per essere considerata valida, deve far sì che il provino non subisca rigonfiamenti e/o inflessioni zero viene considerata nulla. La resistenza di compressione di quel materiale è data dalla media di tutti i provini testati considerati non nulli.

La prova di flessione invece è un mix tra trazione e compressione.

Può essere a 3 punti di carico (più comune) o a 4 punti di carico (più raffinata).

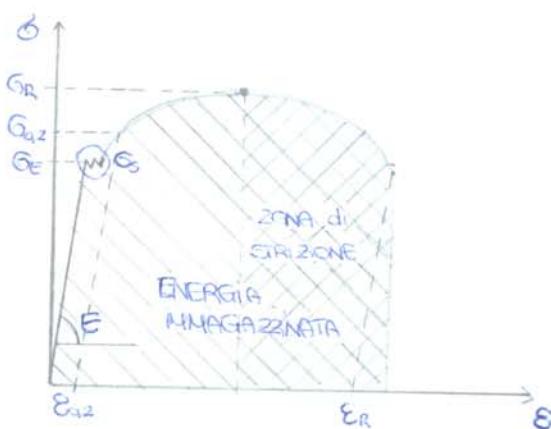
Per quella a 3 punti di carico: prendo un provino di forma parallelepipedo e lo poggio su due "punte" che stanno alle estremità in basso, mentre in alto al centro punto la 3^ "punta". Le prime due punte spingono verso l'alto, la terza verso il basso.

Il provino subisce un'inflessione avvolgendo e provoca lo stiramento e la contrazione delle fibre interne del provino. In alto subisce la compressione, in basso la trazione. La somma dei due contributi aviamente deve essere nulla.

La prova di compressione è più severa di quella a flessione poiché quest'ultima è un mix di due prove quindi non è percepibile quale sia realmente la resistenza meccanica di quel

Domanda d'esame Q:

Si disegni la curva di sfoco - deformazione, 6-8 ricavabile dalla conduzione di prova su trazione materiale metallico duttile definendo tutti i parametri meccanici direttamente o indirettamente ricavabili. Si indicino sul grafico 6-8 tutti i parametri individuati.

RISPOSTA

- ① Efficiente angolare del tratto rettilineo della curva E : rigidità materiale.
- ② limite elastico σ_E : sollecitazione limite su di essa del quale il materiale subisce deformazione irreversibile.
- ③ limite di snervamento σ_S : transizione e presenta una forte discontinuità tipica degli acciai. Detta dal fatto che la velocità di def. è costante perché comandata dalla macchina.
Può essere inferiore e superiore. Dopo le distorsioni si riconoscono tutte insieme e quindi deformazioni più rapide (nella realtà) la macchina invecchi deve rappresentarlo nel modo più reale possibile quindi ridurre lo stress per fargli recuperare velocità e dopo far ciruire la sollecitazione.
- ④ limite elastico convenzionale σ_{E2} : sfoco che riduce def. permanente irreversibile dello 0,2%.
- ⑤ resistenza a rottura σ_R o resistenza di trazione σ_T : sollecitazione max in cui il provino cesa e destinato al rompere.
Non coincide con la rottura fisica del provino
- ⑥ deformazione di rottura ϵ_R : quantifica la deformazione plastica allungamento percentuale a rottura.
- ⑦ sfusione: zona di disomogeneità registrate nel provino progressivamente diminuisce lo stress applicato.
- ⑧ area scissa su tutte curve meccaniche: energia immagazzinata per permettere la rottura.