

*UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PAVIA
FACOLTA' DI INGEGNERIA
Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura
Corso di Laurea in Ingegneria Civile ed Ambientale*

**Uso dei materiali a memoria di forma in
ambito strutturale:
aspetti normativi e applicazioni**

Relazione di: SIMONE RIGHI

Docenti Tutori: Prof. ALESSANDRO REALI
Prof. FERDINANDO AURICCHIO
Ing. GIUSEPPE BALDUZZI

A.A 2012-13

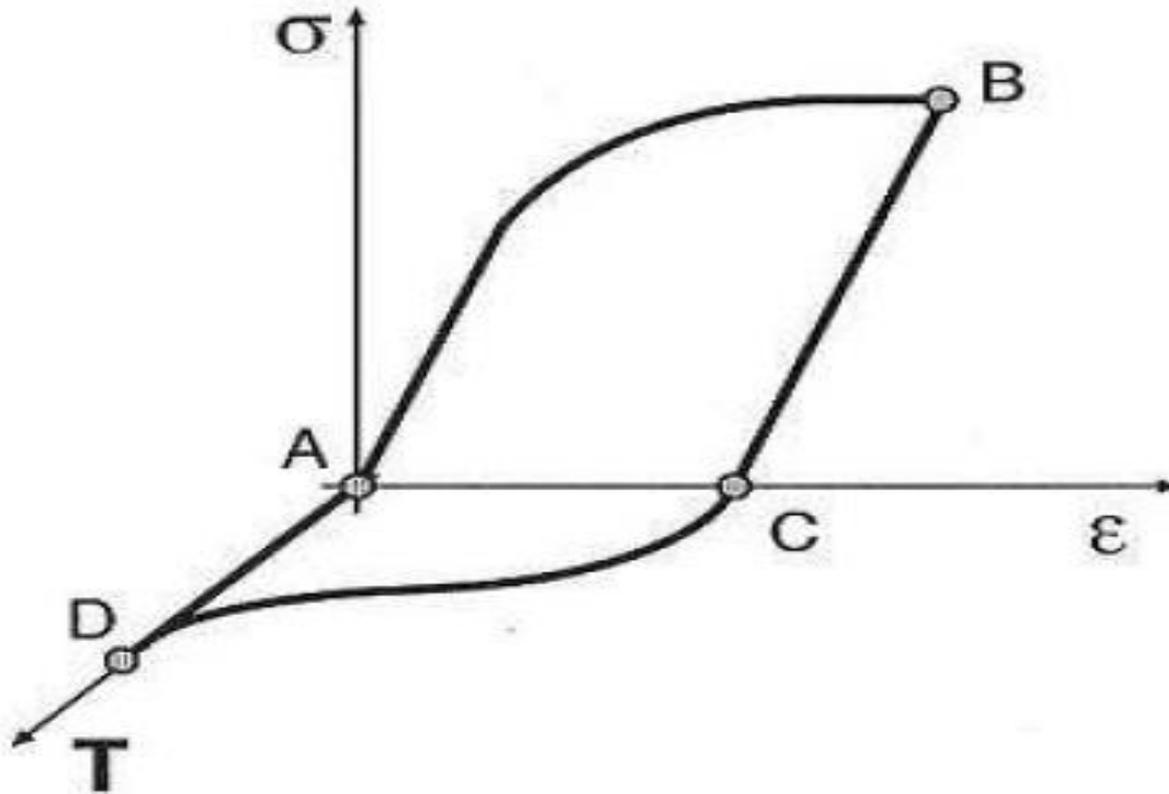
LE LEGHE A MEMORIA DI FORMA

- **Caratteristiche strutturali**
 - Comportamento meccanico
 - Comportamento termico
- **Applicazioni**
 - **Ambito ingegneristico strutturale:**
 - dispositivi di smorzamento
 - dispositivi di controllo delle vibrazioni
- **Normative**

CARATTERISTICHE STRUTTURALI

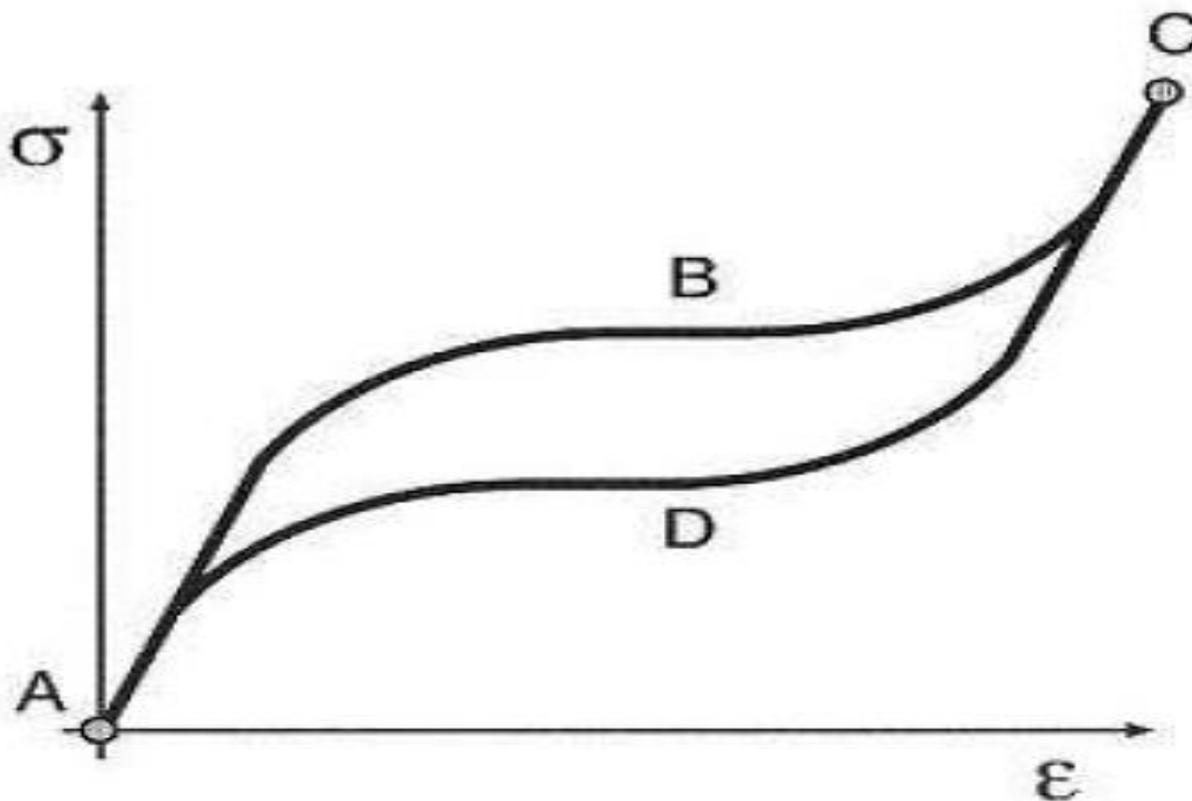
- Capacità di tollerare deformazioni di circa l' 8%
 - effetto memoria di forma (SME)
 - superelasticità
- Grande stabilità sotto carichi ciclici
- Alta resistività elettrica
- Moderato range di solubilità
- Resistenza alla corrosione e alla fatica

EFFETTO MEMORIA DI FORMA (SME)



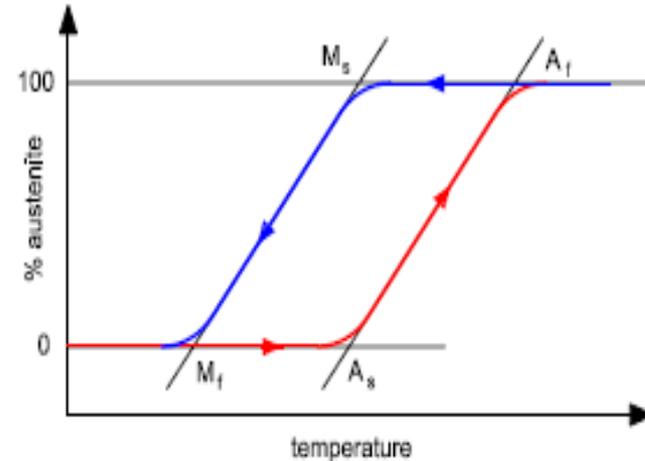
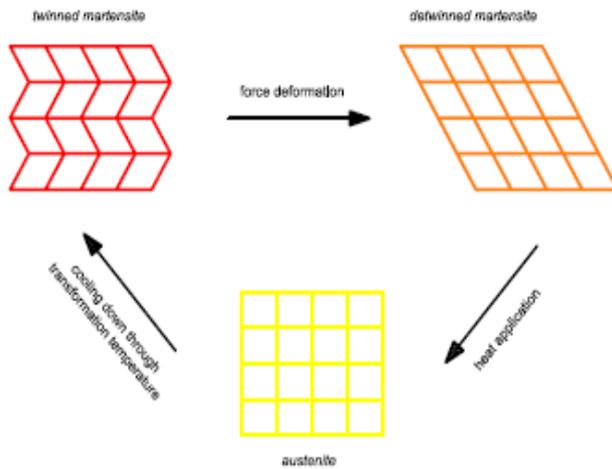
Alla fine del processo di carico-scarico (ABC) eseguito ad una temperatura costante bassa, il materiale presenta deformazioni residue (AC) che possono essere recuperate attraverso un ciclo termico (CDA)

SUPERELASTICITA'



Ad una temperatura alta e costante il materiale è in grado di subire grandi deformazioni senza presentare deformazioni residue

TRASFORMAZIONE DI FASE AUSTENITICA - MARTENSITICA



- A_s temperatura di inizio trasformazione $M \rightarrow A$
- A_f temperatura di fine trasformazione (il materiale ha assunto la forma austenitica)
- M_s temperatura di inizio trasformazione $A \rightarrow M$
- M_f temperatura di fine trasformazione inversa (il materiale ha assunto la forma martensitica)

APPLICAZIONI IN CAMPO STRUTTURALE

- Il sistema Ni-Ti è il più diffuso
- E' in genere formato dalla stessa % dei due elementi
- L'aggiunta di un terzo metallo o l'incremento dell'1% della percentuale di Nichel migliora le proprietà della lega
- E' adatto come componente di dispositivi antisismici per
 - smorzamento
 - controllo delle vibrazioni
 - contenimento delle fessurazioni
 - capacità di ricentramento

TEST 1

Shape memory alloy tension/compression device for seismic retrofit of buildings

(M.Speicher, D.Hogson, R. Des Roches, R.T. Leon)

6 differenti prove su molle piene, molle cave e rondelle Belleville

Protocollo di carico usato Sac Steel Project

Calcolata massima deformazione per ogni ciclo di test e preso il 90% del risultato come valore operativo finale

RISULTATI IN TERMINI DI *SMORZAMENTO VISCOSO EQUIVALENTE*

Molle cave e piene

$6 \% < \zeta < 11 \%$

buona superelasticità

buono smorzamento isteretico

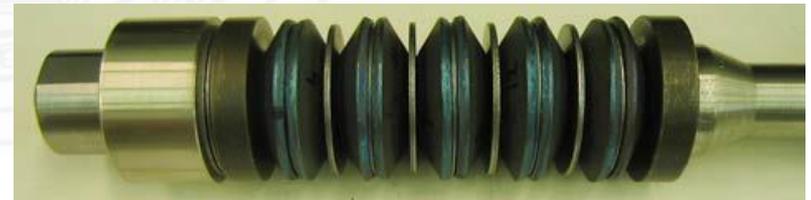
limitata degradazione per la fatica

Rondelle Belleville

$4 \% < \zeta < 13\%$

la rigidezza raggiunge un picco per poi avere una caduta

aumentando numero rondelle aumento rigidezza ma diminuisco la capacità di deformazione permessa



TEST 2

Steel beam-column connections using shape memory alloys

(Ocel, Des Roches, Leon, Hess, Krumme, Hayes)

	DESCRIZIONE	RISULTATI
TEST A	barre di acciaio (per comparare i rendimenti delle SMA)	<ul style="list-style-type: none">- stabilità ed elasticità fino a 1%- snervamento attorno all' 1,5%- rotazione residue inizio all'1,5%massimo valore 0,025 rad al 4%
TEST B	barre NiTi che tornano alla forma iniziale dopo essere state riscaldate	<ul style="list-style-type: none">- stabilità ed elasticità fino a 0,75%- no perdita di rigidità- rotazione residue inizio allo 0,75%massimo valore 0,028 rad al 5%
TEST C	barre NiTi superelastiche	<ul style="list-style-type: none">- stabilità ed elasticità fino a 0,5%- deformazioni plastiche irreversibili al 5%- rotazione residue inizio all'1%massimo valore 0,006 rad al 5%
TEST D	barre NiTi superelastiche rinforzate con barre di alluminio a bassa resistenza	<ul style="list-style-type: none">- stabilità ed elasticità fino a 0,5%- snervamento barre alluminio attorno all' 1,5%- rotazione residue inizio all'1,5%massimo valore 0,007 rad al 5%

NORMATIVE

Classificazione dei dispositivi

Eurocodice 8

- appoggi elastomerici laminati
- dispositivi elastoplastici
- smorzatori viscosi o ad attrito
- pendoli

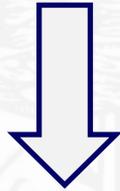
NTC 08

- vincolo temporaneo
 - a “fusibile”
 - provvisorio
- dipendenti dallo spostamento
 - lineari
 - non lineari
- dipendenti dalla velocità
- isolatori
 - elastomerici
 - a scorrimento

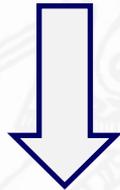
Fondamentale per un dispositivo è mantenere la propria funzionalità durante tutta la vita di progetto e ciò comporta il rispetto di alcuni requisiti forniti dalle NTC08.

CARATTERIZZAZIONE NORMATIVA DELLE SMA

Data la loro caratteristica superelasticità, si differenziano sia dai metalli tradizionali che dai materiali anaelastici.



Risulta quindi difficile una loro classificazione attraverso le normative vigenti



Verranno trattate come dispositivi non lineari perché è la tipologia, presente nelle normative, che più si avvicina ad esse

QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE DEI DISPOSITIVI

Le NTC08 precisano che caratteristiche dei dispositivi devono essere accertate mediante le prove sui materiali e sui dispositivi eseguite e certificate da laboratori dotati di competenza adeguata (Art.59 DPR389/2001).

Prova di qualificazione *preliminare*: 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima non inferiore a $\pm 0,1 d_2$, $\pm 0,2 d_2$, $\pm 0,3 d_2$, $\pm 0,5 d_2$, $\pm 0,7 d_2$

Prova di qualificazione *quasi statica*: 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a $\pm d_2$

Prova di qualificazione *dinamica*: 5 cicli completi di deformazioni alternate, con ampiezza massima riferita al prototipo reale pari a $\pm d_2$, applicando le deformazioni imposte con una velocità pari a quella che si può verificare nel caso di terremoto di progetto relativo allo stato limite di collasso

Per la procedura di accettazione le NTC08 indicano che all'atto della posa in opera dei dispositivi è necessario verificare che esso sia dotato di attestato di conformità di cui al DPR 246/93 (marcatura CE).

Prove di accettazione:

Effettuate con le stesse modalità delle prove di qualificazione

Superate se i risultati ottenuti non differiscono da quelli delle prove di qualificazione di $\pm 10\%$

CONCLUSIONI

VANTAGGI

- capacità di dissipare grande quantità di energia
- capacità di ricentrimento
- capacità di recupero completo della forma senza deformazioni residue (fino a circa l' 8% di deformazione)
- stabilità sotto carichi ciclici

PROBLEMATICHE

- complessità processo di fabbricazione
- alto costo del materiale
- trattazione non completamente dettagliata ed esaustiva nelle normative
- effetto fatica



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!**