



Proprietà acustiche del NiTinolo in transizione di fase



I materiali di NANOLAB, inclusa la presente scheda, sono proprietà degli autori di NANOLAB (www.nanolab.unimore.it) e distribuiti con [licenza Creative Commons 3.0 Versione: 06/07/2012](#)

Materiale occorrente

- 2 barre di Nitinolo¹ (L = 22 cm circa)
- 1 barra INOX²
- 2 sonde di temperatura
- guantone da forno
- software di registrazione e analisi audio³
- martelletto
- pirofila di Ø > 22 cm
- fornello
- microfono
- computer

Procedimento

Analisi qualitativa

Avete a disposizione due barre di Nitinolo che a temperatura ambiente si trovano in due fasi distinte grazie alla composizione leggermente diversa della lega. La barra A è in fase Martensite, la barra B è in Austenite. Elencate tutte le proprietà del materiale che appaiono diverse.

Proprietà	Barra A	Barra B



Per quanto riguarda la malleabilità NON provate a piegare le vostre barre! Una barra in martensite sarà fatta passare dall'insegnante tra i diversi gruppi specificatamente per questo scopo.

(Segue discussione in classe con l'insegnante- successivamente vi sarà consegnato il foglio 2)

¹ Una in Martensite l'altra in Austenite a temp. ambiente

² Potete utilizzare un qualunque altro metallo, l'importante è che forma e dimensioni della barra siano paragonabili a quelle delle barre di nitinolo

³ Si propone l'uso del software free Audacity (<http://audacity.sourceforge.net/>)



Analisi quantitativa

Avrete forse notato che è molto diversa anche la propagazione del suono. Se non lo avete ancora fatto provate a buttare per terra una barra dopo l'altra e ascoltate il suono prodotto:

.....
.....

Dovrete ora effettuare una misura il più possibile sistematica della frequenza del suono prodotto dalle barre al variare della temperatura.

Raccolta dati

1. Prendete la barra di nitinolo che a temperatura ambiente si trova in stato di Martensite e la barra di acciaio. Con un pennarello indelebile a punta sottile segnate sulla barra la posizione dei nodi (a circa 1/5 della lunghezza totale partendo dalle due estremità).
2. Mettete le barre a raffreddare per almeno un quarto d'ora in un freezer in modo da arrivare almeno a 0°C, meglio se alcuni gradi sotto.
3. Nel frattempo, se già non lo avete fatto, scaricate ed installate il software *free* di registrazione ed analisi audio Audacity⁴.
4. Inserite il microfono USB e fate qualche prova individuando un ambiente il più silenzioso possibile dove effettuare le registrazioni. Verificate in particolare di riuscire a registrare il suono smorzato prodotto dalla martensite. Se utilizzate un PC portatile prima di registrare staccatelo dall'alimentazione in rete in modo da ridurre al minimo il disturbo del "rumore elettromagnetico" e tenete il microfono il più lontano possibile dal PC ma vicino alla barra.
5. Registrate 1' di "silenzio": vi potrà essere successivamente utile per distinguere le frequenze del suono della barra da quelle accidentalmente presenti nell'ambiente (fondo).

Riscaldamento naturale

6. Estraete la barra di nitinolo dal freezer.
7. **N.B.** Cercate di essere piuttosto veloci nelle varie operazioni indicate qui di seguito, infatti la temperatura varia molto rapidamente in presenza di un elevato gradiente termico.

⁴ audacity.sourceforge.net/



- a. Controllate ed annotate la temperatura della barra con la termocoppia.
 - b. Fate partire la registrazione.
 - c. Colpite la barra con il martelletto di gomma per almeno 4 volte, con pause di 8-10 secondi tra un colpo e l'altro. Colpite ad una estremità o esattamente al centro della barra mentre la stringete delicatamente ma saldamente con le dita in uno dei punti nodali. Sforzatevi di colpire sempre con la stessa intensità e nella stessa posizione.
 - d. Fermate la registrazione.
 - e. Ricontrollate la temperatura ed eventualmente prendete un valore medio.
 - f. Esportate il file in formato wav salvandolo con un nome opportuno che vi ricordi materiale e temperatura (ad es.“nitinolo22.wav”).
8. Man mano che la barra si riscalda naturalmente dalla temperatura raggiunta nel freezer fino a quella dell’ ambiente ripetete il procedimento del punto 7 ogni 5°C circa.

Nitinolo			Nome
Temp. prima dei colpi °C	Temp. dopo °C	Media Temp °C	file della registrazione

9. Prendete poi la barra di acciaio dal freezer e ripetete tutti i passi (punti 7 e 8).

Riscaldamento forzato

10. Una volta raggiunta la temperatura ambiente continuate a riscaldare entrambe le barre in modo forzato tramite bagno termico. Ogni 5°C estraete le barre dall’acqua, una dopo l’altra, e ripetete il passo 7. Immediatamente dopo la registrazione immergete nuovamente la barra nella pirofila. Continuate fino a quando l’acqua avrà raggiunto i 95-98°C circa.

Raffreddamento

11. Estraete la barra di nitinolo dalla pirofila. Ripetete ancora il passo 7 ogni 5°C durante la fase di raffreddamento naturale dai 95-98 °C fino alla temperatura ambiente. Ripetete poi con la barra di acciaio.



Analisi dati e spunti per la discussione in classe

- Eseguite innanzitutto il calcolo teorico della frequenza di vibrazione della barra inserendo i dati relativi alle vostre specifiche barre. Se queste non sono perfettamente cilindriche il risultato che otterrete sarà solo una approssimazione che tuttavia vi permetterà di restringere l'intervallo delle frequenze ammissibili come frequenze di vibrazione della barra. c è la velocità del suono, L la lunghezza e d il diametro della barra

$$f = 0.890 \frac{d}{L^2} c$$

$f_{\text{inox_teorica}} = \dots$ $f_{\text{niti_teorica}} = \dots$

- Da ciascuno dei file audio precedentemente salvati ricavate lo spettro sonoro e da questo la frequenza fondamentale di vibrazione della barra alla temperatura assegnata. Eventualmente eseguite una operazione di media sui quattro o cinque colpi registrati per la stessa temperatura.

Frequenza fondamentale di vibrazione (KHz)		Temperatura (°C)
Acciaio	Nitinolo	

- Riportate in un **grafico** la **frequenza fondamentale di vibrazione** in funzione della **temperatura**, uno per il nitinolo ed uno per l'acciaio.

- Notate differenze nel comportamento dei due metalli?

.....
.....

- Esiste una relazione tra temperatura e frequenza fondamentale di vibrazione?

.....
.....
.....
.....

- Per quanto riguarda la frequenza di vibrazione il processo di riscaldamento e quello di



raffreddamento sono del tutto paragonabili e sovrapponibili? Vi è cioè una corrispondenza biunivoca tra temperatura e frequenza?

.....
.....
.....

7. Se avete dato una risposta negativa al punto precedente quale è la causa secondo voi?

.....
.....
.....

8. Dai dati raccolti e/o dal grafico riuscite ad individuare le temperature di transizione di fase della lega di nitinolo di cui è fatta la barra ? Come? Motivate la vostra risposta.

.....
.....
.....

9. In che modo il suono prodotto (livello macroscopico) può fornire indicazioni sulla fase del materiale (livello microscopico)?

.....
.....
.....

10. Esiste una relazione tra temperatura e tempo di smorzamento del suono? Come potreste quantificarla?

.....
.....
.....

11. Avete suggerimenti da proporre per migliorare l'esperimento?

.....
.....
.....

12. **Comunicare la scienza** - Per il suo comportamento inusuale e spettacolare il nitinolo si presta bene alle dimostrazioni. Pensate a come modificare e riorganizzare il percorso fin qui seguito in modo da proporlo a studenti di altre classi per stupirli e trasmettere una idea scientifica precisa. (15 min max). Quale messaggio volete trasmettere? Quali accorgimenti potete utilizzare per catturare l'attenzione, coinvolgere e stimolare domande?

(Segue discussione in classe con l'insegnante- successivamente)