

LEGHE METALLICHE A MEMORIA DI FORMA

I metalli, e le loro leghe, hanno la proprietà di cambiare leggermente il proprio volume al variare della temperatura a cui sono sottoposti: al freddo si restringono, al caldo si dilatano.

Alcune leghe molto particolari che possono essere dilatate e, se scaldate, si contraggono e ritornano alla forma iniziale. Tali leghe sono conosciute come leghe a memoria di forma (**Shape Memory Alloy's**, SMA) e furono brevettate nel 1961 da **William Beuhler** dei laboratori di artiglieria navale degli Stati Uniti (**Naval Ordnance Laboratories**, NOL). In particolare Beuhler, durante i suoi studi per applicazioni militari, si imbatté nel comportamento della lega Nichel-Titanio (Nichel-Titanium of NOL, **NITINOL**), anche se negli anni precedenti altri studiosi ebbero a che fare – pur se in maniera non sistematica – con leghe dal comportamento simile.

La struttura fisica di queste leghe è relativamente debole, assimilabile a quella di metalli molto malleabili (come lo stagno).

Sotto l'azione di sollecitazioni meccaniche (come la torsione o la trazione) si altera il loro reticolo cristallino, provocando una deformazione che – superato il limite di elasticità del materiale – viene mantenuta. Per i metalli comuni, il ripristino della forma originale è ottenuto portandoli al punto di fusione e lasciandoli solidificare in uno stampo che ha la loro forma iniziale (**lavorazione a caldo**).

Per le SMA il reticolo cristallino originale può essere recuperato somministrando calore (in realtà, piccole quantità di calore, tra i 35°C e i 100°C): l'energia somministrata, sotto forma appunto di calore, vince la meccanica che ha provocato la deformazione e implica il riposizionamento nella forma originale. La quantità di calore da mettere in gioco dipende dalla massa della lega e, quindi, è indirettamente collegata all'energia spesa per deformare il materiale: per ritornare alla forma originale, teoricamente, serve la stessa quantità di energia meccanica usata per la deformazione iniziale, ma sotto forma di calore.

Queste leghe SMA vengono ottenute fondendo i metalli che le compongono (i quali devono avere temperature di fusione e solidificazione abbastanza vicine). Dopo la fusione il composto viene fatto raffreddare fino a raggiungere la **temperatura di lavorazione** (temperature tipiche sono tra i 500°C e gli 800°C): a questo punto è data la forma definitiva, quella originaria (**fase austenite**). La temperatura viene lasciata scendere, poi, fino ad arrivare alla temperatura ambiente, arrivando – così – alla SMA nella versione originale a temperatura ambiente (**martensite fredda**).

In pratica, le SMA subiscono una trasformazione di fase cristallina quando vengono portate dalla loro configurazione più rigida ad alta temperatura (austenite), alla configurazione a più bassa energia e temperatura (martensite).

Uno degli aspetti fenomenali delle SMA è, ad esempio, la forza esercitata dai fili quando si contraggono, arrivando addirittura a centinaia di volte il peso del materiale usato: uno spezzone di filo di diametro 0.25mm, lungo una ventina di centimetri e pesante appena pochi grammi può sollevare di quasi 20mm un peso di 1.25Kg!

Si esamineranno, almeno da un punto di vista qualitativo, i parametri che caratterizzano le SMA e che un progettista deve considerare.

- **Fattore di accorciamento o di estensione.** È la percentuale di variazione della lunghezza in riferimento alla fase di austenite (a caldo), rispetto a quella ottenibile accorciando o estendendo il materiale a freddo.
- **Resistenza alla trazione.** Massima forza applicabile senza provocare la rottura del materiale.
- **Temperatura di memoria.** Temperatura alla quale viene data al prodotto la forma originaria in fase di creazione (fase austenite). È importante conoscerla per evitare che, durante l'uso, il materiale venga fatto scaldare fino a raggiungerla.
- **Temperatura di transizione.** Temperatura alla quale inizia il ritorno alla forma originale (corrisponde all'inizio della fase di austenite).
- **Temperatura di lavorabilità.** È la temperatura alla quale la lega, estesa e manipolata, mantiene la sua forma senza ritrarsi; è minore di quella di transizione.
- **Tempo di risposta.** È misurato in secondi ed è l'intervallo di tempo necessario al materiale per riassumere la forma originaria, considerato da quanto raggiunge la temperatura corrispondente alla fase di austenite.
- **Tempo di caduta o tempo di off.** Anch'esso indicato in secondi, è il tempo impiegato dalla SMA a raffreddarsi, in modo da poter essere deformata di nuovo e mantenere la deformazione.
- **Resistività elettrica.** Permette di stabilire la resistenza elettrica del pezzo di materiale considerato.

L'ultimo parametro introduce un argomento molto importante: gli effetti della corrente sulle SMA.

Come tutti i composti metallici, anche le SMA sono conduttori; per cui possibile parlare di **resistenza elettrica**. L'impiego del nichel rende la resistenza di queste leghe mediamente più alta di altri metalli.

Un conduttore percorso da corrente si scalda per **effetto Joule** (il calore è tanto maggiore quanto maggiore è la resistenza e la corrente in gioco). Dunque, facendo percorrere una SMA da corrente elettrica, essa si scalda. Tuttavia, se l'intensità della corrente aumenta fino a portare la temperatura vicino a quella che caratterizza la fase di austenite, il materiale torna alla sua forma originaria.

La possibilità di gestire le SMA tramite controllo elettrico è fondamentale in molte applicazioni, soprattutto nei controlli automatici (ad esempio, il controllo delle ali di un aereo che cambiano inclinazioni a seconda delle condizioni o la possibilità che stessi componenti funzionano sia da attuatori che da sensori). La caratteristica resistiva delle SMA non rende necessaria una polarizzazione delle correnti in gioco.

È importante evitare di superare la massima temperatura indicata dal costruttore, in modo da non far mai diventare il filo rosso o – peggio ancora – giallo; ciò infatti implicherebbe il raggiungimento della temperatura di memorizzazione della forma, alterando la sagoma originaria.

Oltre alla caratteristica di reversibilità termica della deformazione, le SMA presentano anche altre caratteristiche, quali il comportamento estremamente elastico (**effetto superelastico**), che ha moltiplicato le possibilità di impiego di questi materiali, e la capacità di generare elevate forze in fase di recupero della forma, che risultano di notevole interesse per possibili applicazioni industriali.

Le applicazioni più comuni per queste leghe vanno dai semplici fili e molle (tipici sono quelli in nichel-titanio chiamati **Flexinol**), a veri e propri pistoni per uso meccanico o ad antenne paraboliche.

Le applicazioni principe restano quelle in ambito **spaziale** (azionamenti per le parti movibili dei satelliti), **medicale** (cateteri, apparecchi ortodontici, protesi), **automobilistico** (valvole, impianti di condizionamento) e **idraulico** (regolazione automatica dell'acqua).

Qualche casa produttrice di occhiali realizza montature con le SMA: se si deformano dopo un urto o in seguito a una caduta, possono tornare alla loro forma originaria semplicemente con un po' di calore; altri produttori usano il Flexinol come telaio per il reggiseno, per non far perdere la forma con l'uso... *Cosa non farebbero gli ingegneri per vedere un paio di tette!*

Riferimenti:

- "Elettronica In" (www.elettronicain.it), Anno XIII, N. 120, Settembre 2007 (articolo di Cristiano Ruggeri)
- www.wikipedia.it