

Validazione sperimentale di un modello costitutivo a sub-loop per fili sottili in NiTi destinati a strumentazione astronomica di precisione.

Friday 4 September 2026 09:45 (15 minutes)

L'impiego di attuatori in lega a memoria di forma (SMA), specificamente in Nitinol (NiTi), offre vantaggi unici per la strumentazione astronomica di prossima generazione, grazie all'elevata densità energetica, all'assenza di vibrazioni e alla capacità di operare in condizioni di microgravità ed ambienti estremi. Tuttavia, la natura non lineare e l'isteresi intrinseca del materiale rendono complesso il raggiungimento della massima precisione richiesta per il puntamento e l'allineamento di componenti ottici. Questo studio presenta la caratterizzazione sperimentale di un filo di NiTi da 0,2 mm, finalizzata allo sviluppo di un attuttore lineare ad alta risoluzione. L'apparato sperimentale è stato configurato per monitorare la risposta meccanica indotta da riscaldamento per effetto Joule. Per studiare l'accuratezza micrometrica, lo spostamento è stato acquisito tramite sensori laser a triangolazione, eliminando contatti meccanici parassiti. Temperatura e resistenza elettrica sono state monitorate in tempo reale per correlare la trasformazione di fase alla deformazione, fornendo la base per futuri algoritmi di controllo self-sensing basati sulla variazione dell'impedenza elettrica.

Un aspetto centrale della ricerca riguarda la ripetibilità ciclica e l'accuratezza nel mantenimento della posizione desiderata. Per ovviare all'allungamento irrecuperabile (Δl_p) tipico dei primi cicli, il filo è stato sottoposto a un protocollo di condizionamento termomeccanico (training), stabilizzando la microstruttura e minimizzando la deriva del posizionamento sotto carico. Tale processo è indispensabile per garantire l'affidabilità decennale richiesta dalle missioni astronomiche prive di manutenzione.

I dati sperimentali sono stati confrontati con un modello costitutivo unidimensionale (quadro di Paiva et al.), implementato per descrivere accuratamente i sotto-cicli interni (sub-loops) dell'isteresi generati da trasformazioni di fase parziali. La capacità del modello di prevedere la risposta del materiale in funzione della storia termomeccanica è essenziale per implementare strategie di controllo precise con errori di tracking ridotti.

In conclusione, lo studio dimostra che l'integrazione tra un corretto condizionamento del materiale e modelli predittivi avanzati consente un'attuazione micrometrica precisa e ripetibile. Questa metodologia pone le basi per l'impiego di configurazioni antagoniste attive, capaci di movimenti bidirezionali controllati, ideali per le sfide di micro-posizionamento nella strumentazione astronomica d'avanguardia.

Primary author: Mr DE LUCA, Giuseppe (Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica - Istituto Nazionale di Astrofisica, Osservatorio Astronomico di Brera)

Co-authors: Mrs NESPOLI, Adelaide (National Research Council (CNR) - Institute of Condensed Matter Chemistry and Technologies for Energy (ICMATE)); COLOMBO, Chiara (Politecnico di Milano); Dr REDAELLI, Edoardo Maria Alberto (Istituto Nazionale di Astrofisica - Osservatorio Astronomico di Brera)

Presenter: Mr DE LUCA, Giuseppe (Politecnico di Milano, Dipartimento di Meccanica - Istituto Nazionale di Astrofisica, Osservatorio Astronomico di Brera)

Session Classification: Meccanica Sperimentale

Track Classification: Meccanica Sperimentale