



Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII)

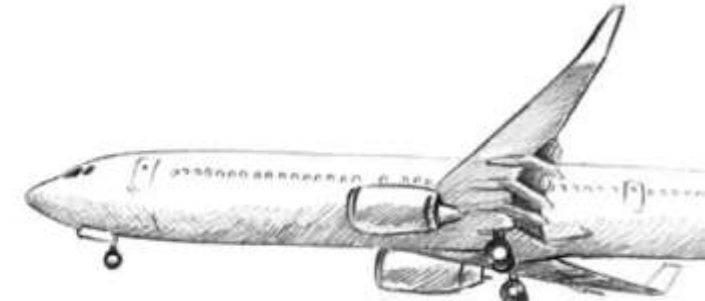
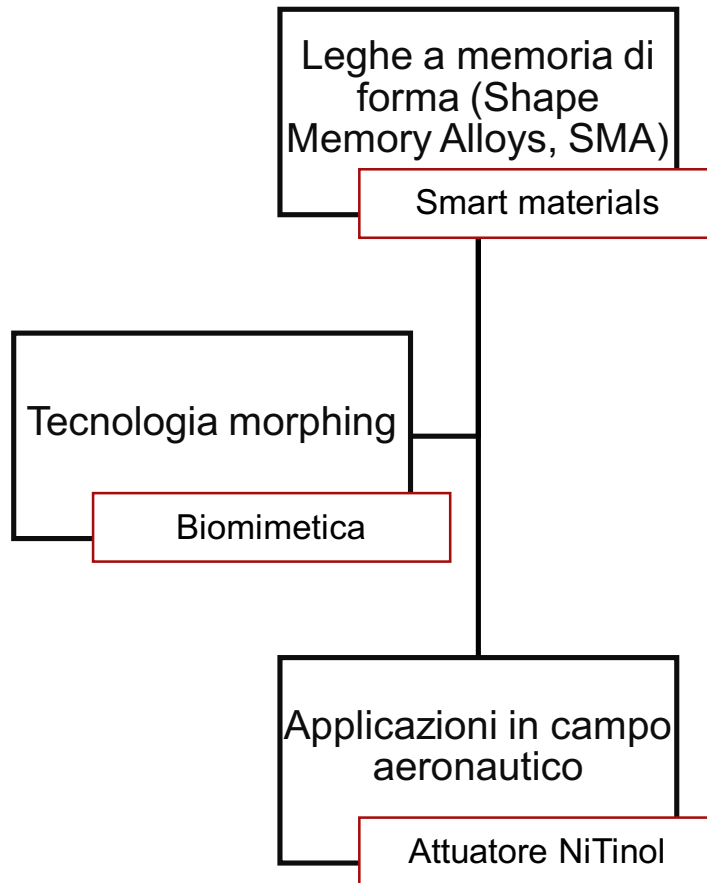
**Leghe a memoria di forma per applicazioni
morphing in campo aeronautico**

Laureanda: Federica Zuccarello

Relatore: Prof.ssa Roberta Bertani

Anno Accademico: 2022-2023

INTRODUZIONE



Le SMA presentano due proprietà esclusive: l'effetto a memoria di forma e la superelasticità. Possono esistere in fase austenite o martensite, aventi diverse strutture cristalline.

- Austenite: stabile ad alte temperature, struttura reticolare fissa
- Martensite: stabile a basse temperature, struttura monoclina, duttilità meccanica

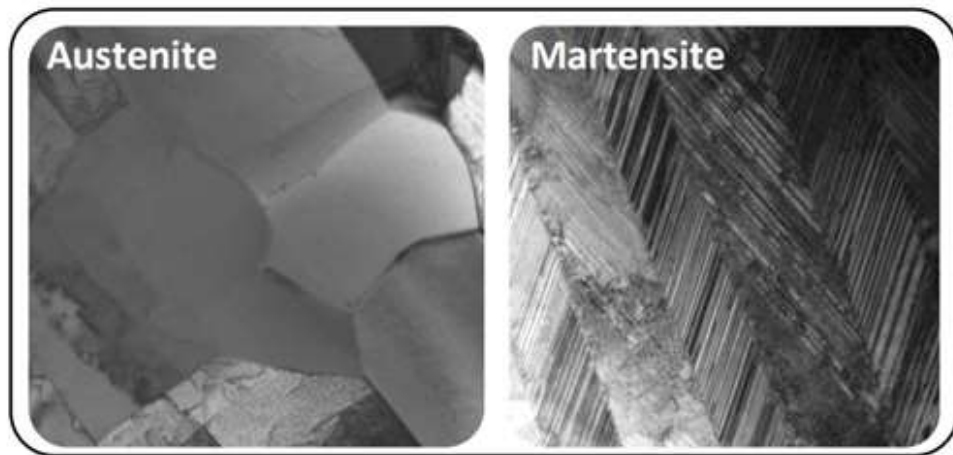


Figura 1: Microstruttura

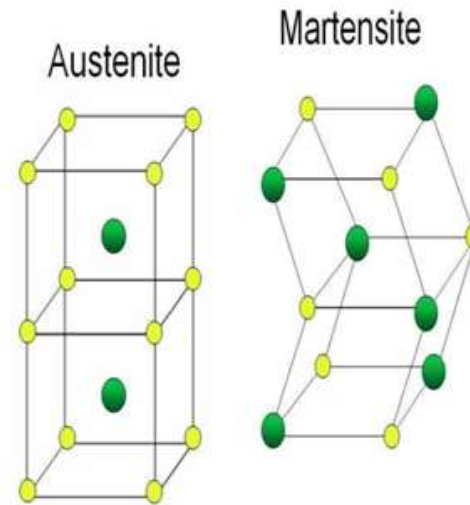
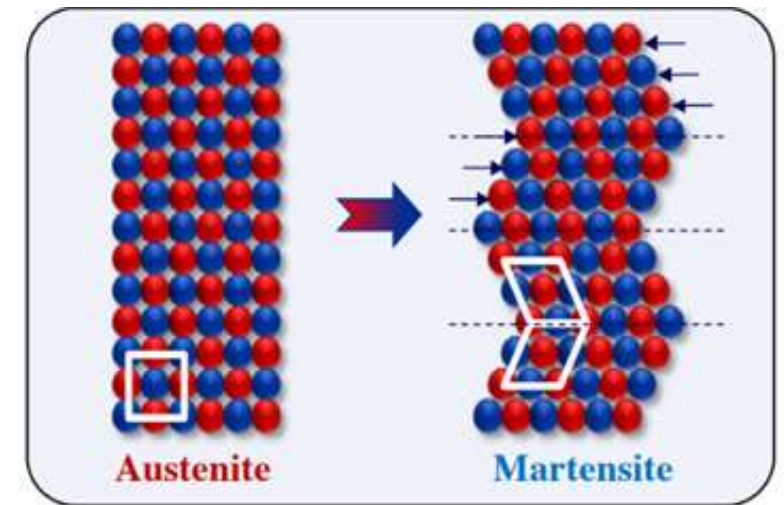


Figura 2-3: Disposizione degli atomi nelle due fasi



Nelle applicazioni industriali viene utilizzata solo una delle due proprietà: gli attuatori in SMA si basano sull'effetto a memoria di forma, che segue i seguenti passaggi:

- Raffreddamento in assenza di carico
- Carico esterno a temperatura costante con deformazione
- Azzeramento del carico e deformazione residua
- Riscaldamento con recupero della forma originaria

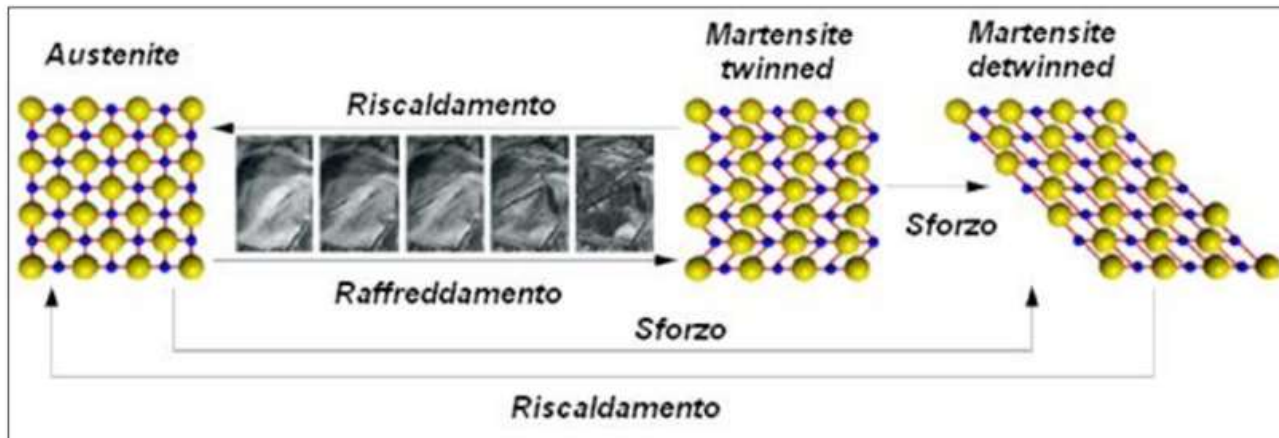


Figura 4: Schema di trasformazione del NiTiInol

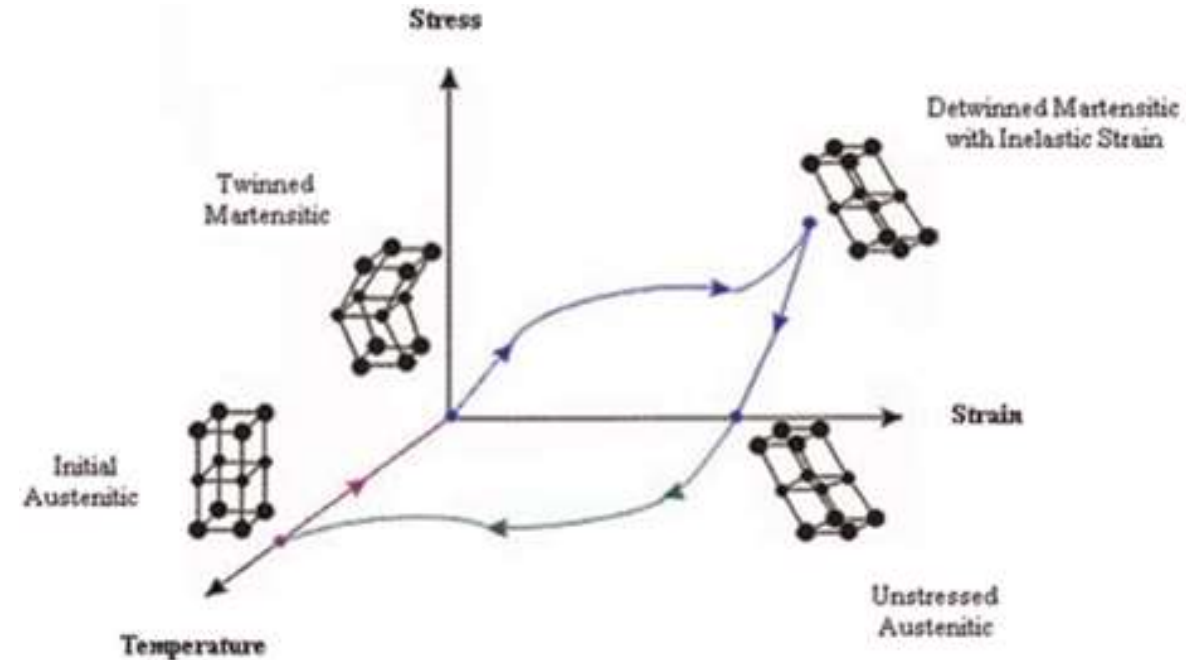


Figura 5: Effetto a memoria di forma: percorso di carico-scarico

➤ La lega a memoria di forma più diffusa è il NiTiNol (Nichel Titanium Naval Ordnance Laboratory)

- Buone proprietà elettriche (effetto joule)
- Buona resistenza a fatica, corrosione, umidità
- Notevole sforzo di recupero in fase di contrazione



Attuatore ideale in alternativa a quelli convenzionali

➤ In aviazione, il termine morphing si riferisce a strutture in grado di variare in modo continuo la loro geometria per ottimizzare le performance aerodinamiche in volo. L'ispirazione biologica di questa tecnologia si ha dalla biomimetica.



Figura 6: Confronto tra l'ala di un aereo (Airbus) e l'ala di un uccello



Figura 7: Esempio di volatile con relativo cambiamento di curvatura alare

Attuatori smart sono stati implementati per controllare la curvatura del profilo alare di grandi UAV. Queste leghe si estendono e si contraggono con la temperatura, generando così forze e deformazioni che sono in grado di inflettere i flap del mezzo. Per effettuare il moto di ritorno vi è un meccanismo di recupero che può essere una molla oppure un attuttore antagonista.

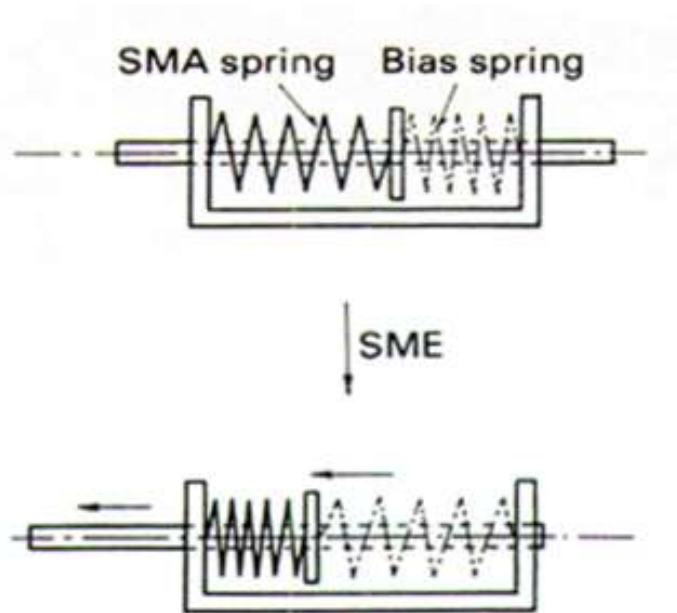


Figura 8: Meccanismo di recupero attuttore SMA tramite molla

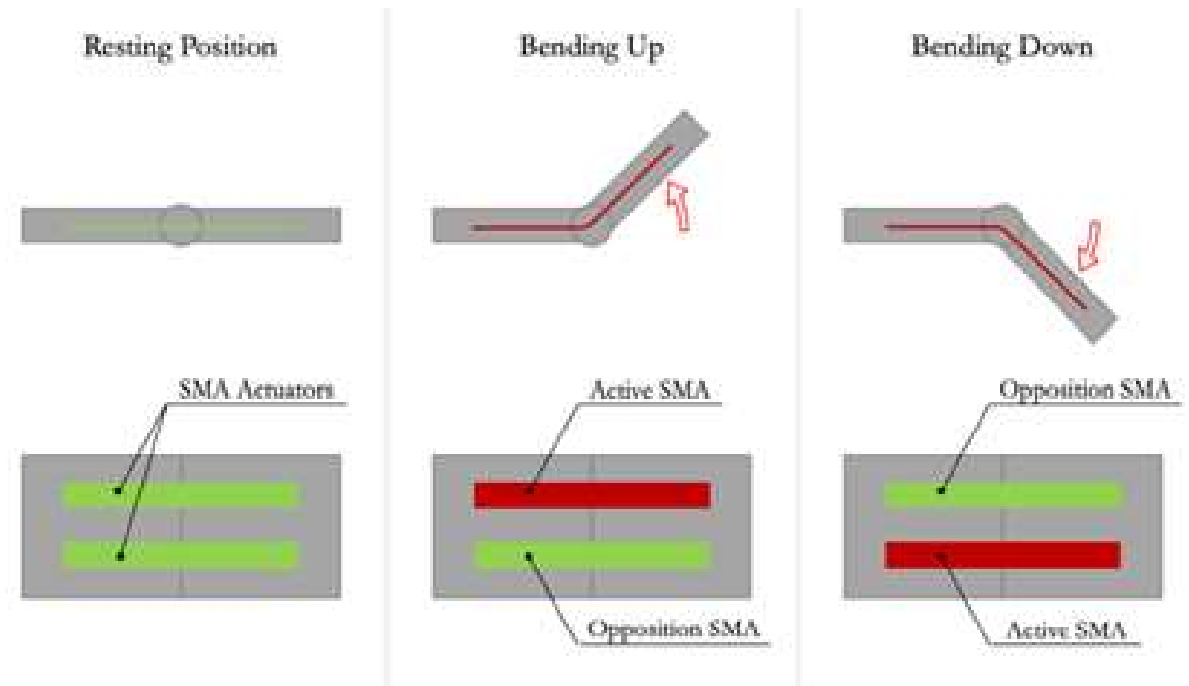


Figura 9: Rappresentazione schematica di due attuatori SMA antagonisti

La Boeing sviluppò un dispositivo aerodinamico seghettato, riconfigurabile con attuatori in SMA (60% Ni e 40% Ti), conosciuto con il nome di chevron a geometria variabile (variable geometry chevron, VGC) e installato su un Boeing 777-300ER. Questo fu impiegato con una duplice funzione: quella di ridurre il rumore durante la fase di decollo e atterraggio, e quella di aumentare l'efficienza in fase di crociera.



Figura 10: Chevron a geometria variabile su Boeing 777-300ER

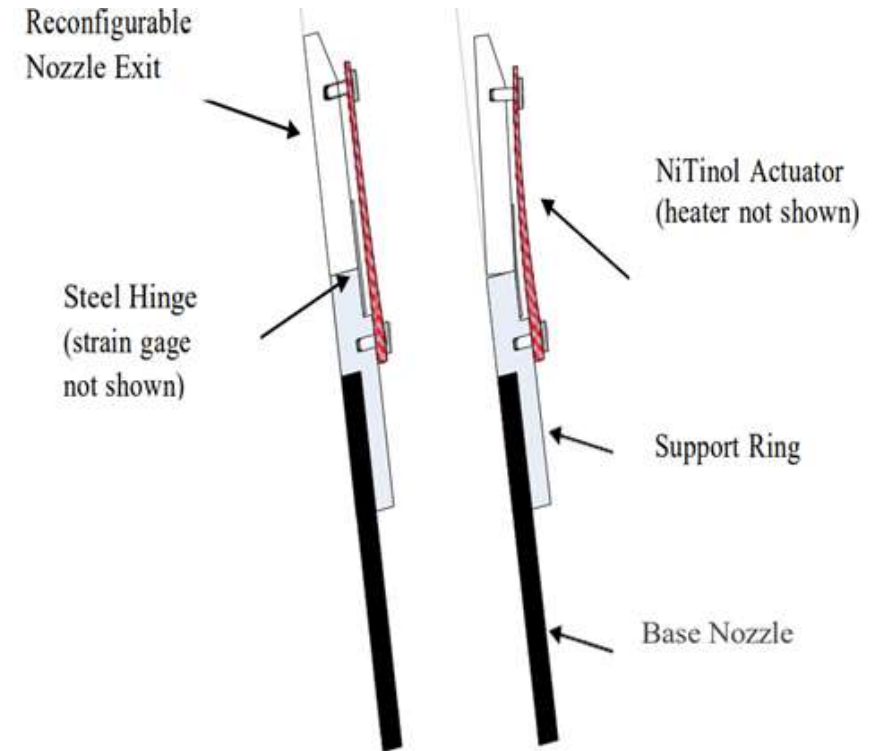


Figura 11: Design di un VGC con attuatori NiTiNol

Vi sono altre due applicazioni interessanti che sono state testate recentemente: morphing winglets e generatori di vortici in lega a memoria di forma.

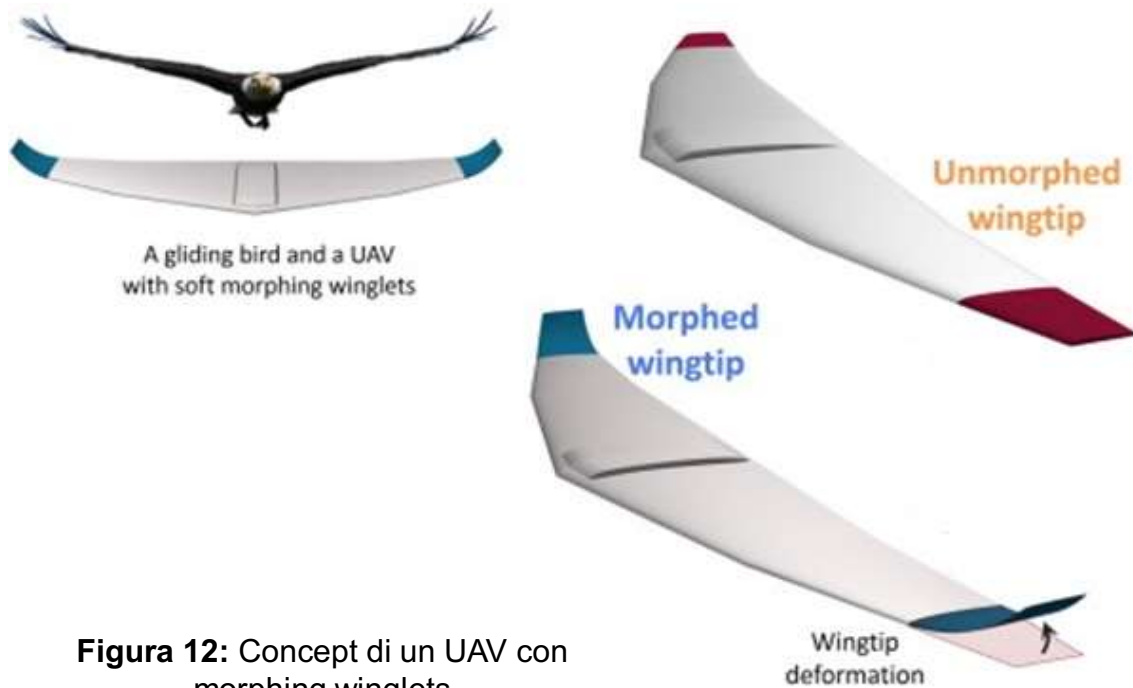


Figura 12: Concept di un UAV con morphing winglets

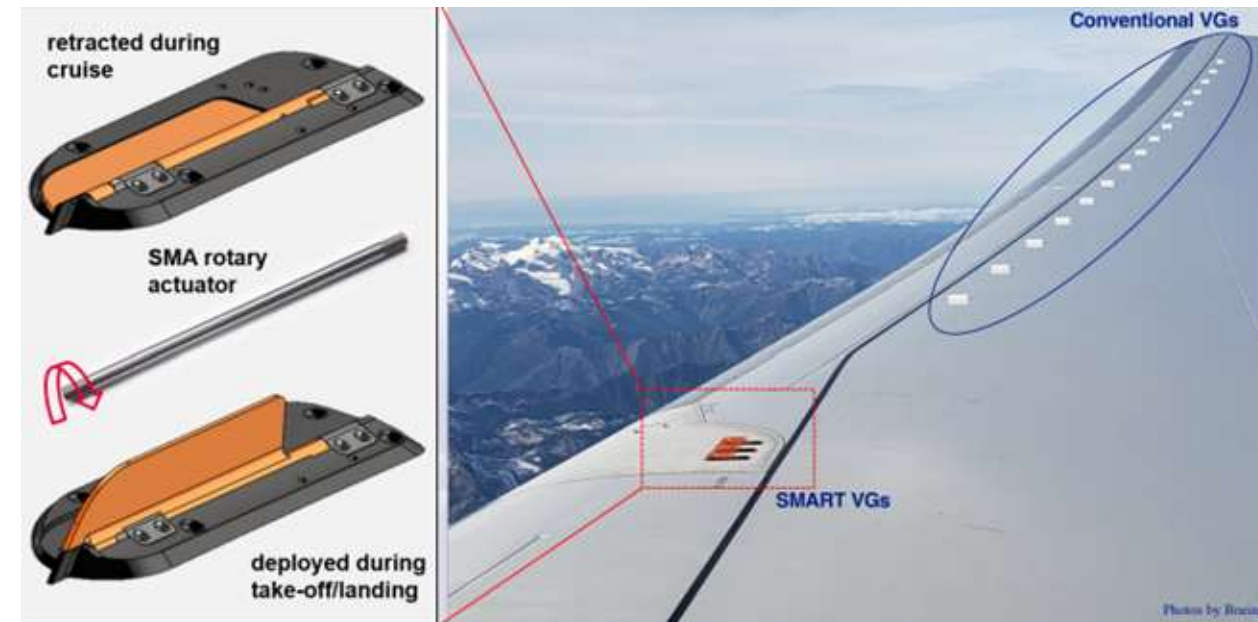
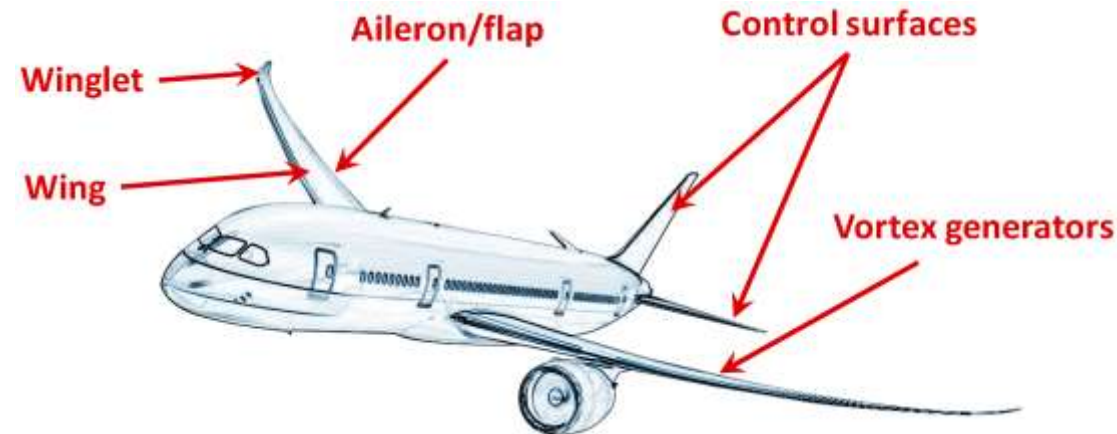


Figura 13-14: Generatori di vortici in lega a memoria di forma e loro funzionamento

CONCLUSIONI

L'aerodinamica adattativa è dunque uno dei campi di applicazione più promettenti per le leghe a memoria di forma, grazie alle loro capacità di morphing. Comportandosi da muscoli artificiali, si estendono e si contraggono con la temperatura generando così forze e deformazioni in grado di inflettere una superficie permettendo ai velivoli prestazioni maggiori in volo.





BIBLIOGRAFIA - SITOGRAFIA

- [Smart Materials Application: Variable Geometry Chevron for Noise Reduction | Aerospace Engineering Blog](#)
- [Materials | Free Full-Text | Shape Memory Alloys for Aerospace, Recent Developments, and New Applications: A Short Review \(mdpi.com\)](#)
- [Variable area jet nozzle for noise reduction using shape memory alloy actuators – Vimalraj.J & Neeraja.p \(yuvaengineers.com\)](#)
- [Shape memory alloy/glass fiber woven composite for soft morphing winglets of unmanned aerial vehicles – ScienceDirect 275-283,Tesma603,IJEAST.pdf](#)
- [Nitinol: il materiale intelligente dalle caratteristiche particolari \(sciencecue.it\)](#)
- [Applicazioni di attuatori in leghe a memoria di forma - Meccanica News 20180004683.pdf \(nasa.gov\)](#)
- [Incorporation of Shape Memory Alloy Actuators into Morphing Aerostructures - Morphing Aerospace Vehicles and Structures - Wiley Online Library](#)
- [NASA Looks for a New Twist on Sustainable Aviation | NASA](#)