

**Fabrizio Niccoli**

***Shape memory alloy connectors for ultra high vacuum applications: a breakthrough for accelerator technologies***

**Sommario**

Le leghe di memoria di forma (Shape Memory Alloys - SMAs) sono state utilizzate per sviluppare una nuova generazione di sistemi di serraggio termicamente attivabili per camere operanti in regime di ultra-alto vuoto (Ultra High Vacuum – UHV). Il sistema di accoppiamento proposto è costituito da un anello SMA e da un elemento deformabile con funzione di tenuta da collocare all'interfaccia tra l'anello SMA e le camere da vuoto. I carichi radiali dovuti all'azione delle SMA sui tubi a vuoto sono stati stimati sia attraverso misure estensimetriche (Strain Gage - SG) che con tecniche di correlazione digitale di immagine (Digital Image Correlation - DIC), utilizzando una procedura numerica sviluppata *ad hoc*. È stato inoltre proposto un metodo di progettazione basato su un nuovo parametro di prestazione della tenuta a vuoto definito sulla base di un modello di conduttanza e dei risultati numerici ottenuti attraverso simulazioni agli elementi finiti (Finite Element - FE). Lo smontaggio termico e il successivo ri-clampaggio sono stati ottenuti sfruttando la memoria di forma a due vie delle leghe. Le prove di tenuta a vuoto hanno mostrato che il vincolo per applicazioni UHV risulta soddisfatto (leak rate  $< 10^{-10}$  mbar l s<sup>-1</sup>) anche dopo diversi cicli termici ed esposizione a dosi di radiazione significative. Sulla base di questi risultati, sono già state identificate possibili applicazioni negli acceleratori di particelle dell'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare (CERN), in particolare in alcune aree ad accesso limitato caratterizzate da alti livelli di radioattività.

**Abstract**

The Ultra High-Vacuum (UHV) coupling performance of beam-pipe connectors based on Shape Memory Alloy (SMA) rings was investigated by finite element (FE) simulations and experimental measurements. In particular, the tightening performance of SMA rings, in terms of contact pressure and clamping/unclamping mechanisms, was studied for different values of the initial clearance between ring and vacuum pipe by means of Strain Gauge (SG) and Digital Image Correlation (DIC) tests. The results revealed that the contact pressure is not significantly affected by the assembly clearance due to the plateau in the stress-strain response of the material; the thermal dismounting and subsequent re-clamping was obtained by exploiting the two-way shape memory recovery capabilities of the alloys. A design method was proposed that involves the numerical results and a vacuum sealing model. The leak rate measurements, carried out to assess the sealing performance of the couplings, revealed that the constraints for UHV applications are easily satisfied (leak rate  $< 10^{-10}$  mbar l s<sup>-1</sup>) even after different thermal cycles and significant radiation loads. The tight couplers can be remotely clamped/unclamped by well-defined changes in their temperature. SMA connectors could be used in high-energy particle accelerators, especially in radioactive areas, where thermally induced mounting and dismounting operations can be activated remotely. Based on these results, possible applications were already identified at the European Organization for Nuclear Research (CERN).