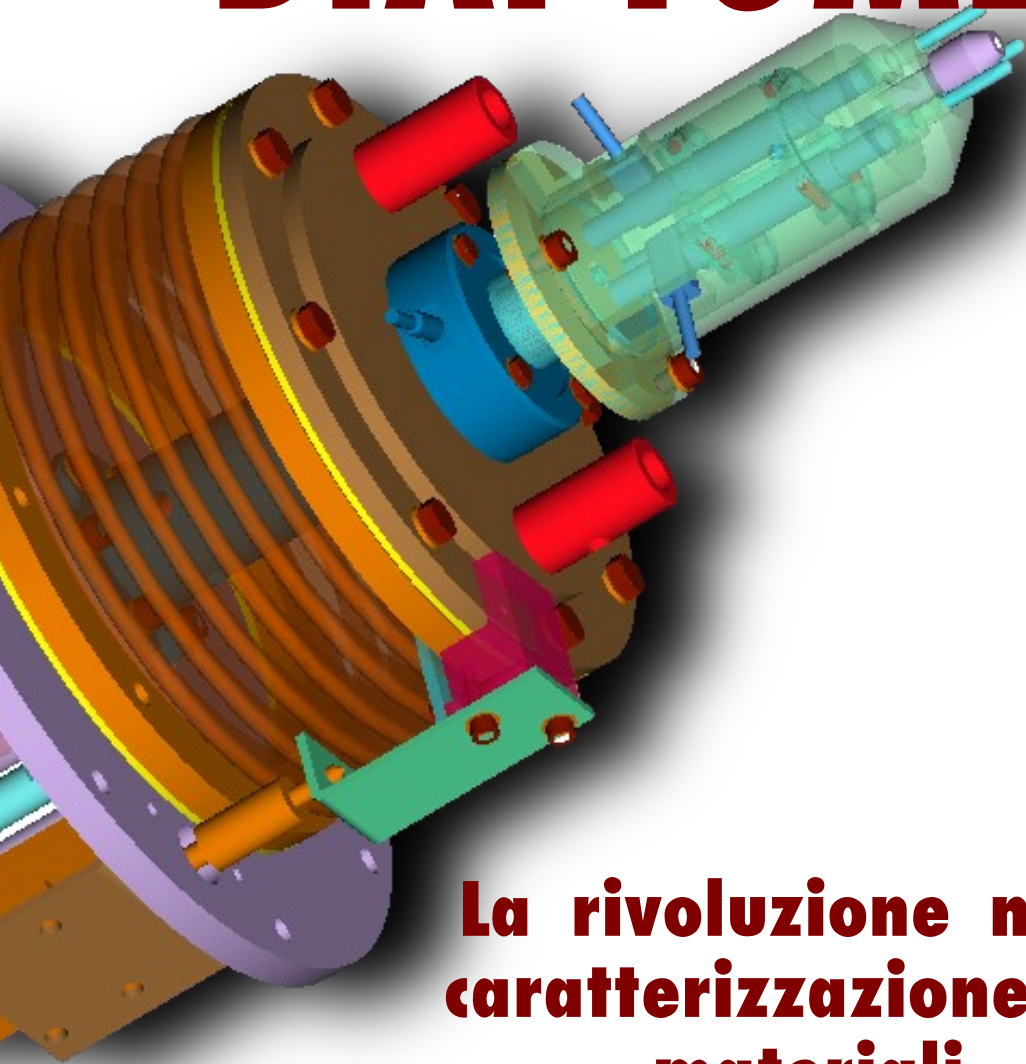


# DIAPTOMETRO



**La rivoluzione nella  
caratterizzazione dei  
materiali**



*Controllo qualità non distruttivo - Manutenzione – Sicurezza  
Controllo dei Processi tecnologici*



## DIAPTOMETRO

Il DIAPTOMETRO è uno strumento dedicato all'analisi dei materiali in ambito industriale

Mediante un processo di indentazione strumentata eseguita con penetratore sferico, il DIAPTOMETRO permette il tracciamento delle curve  $\sigma$ - $\epsilon$ , della sigma di snervamento  $\sigma_{SN}$ , e del coefficiente di incrudimento  $n$ .

Lo strumento è completamente automatizzato, la misura è ottenuta in maniera semplice, non distruttiva e a basso costo. Per la sua compattezza e portatilità il DIAPTOMETRO permette di eseguire misure anche su componenti in esercizio

## Punti di Forza

<i>Non invasivo e non distruttivo</i>	Le misure si ottengono su piccole superfici e non alterano il funzionamento del manufatto
<i>Veloce</i>	Rapida preparazione del provino e analisi immediata. Non è necessario ricavare dei particolari provini e spesso nemmeno smontare il pezzo
<i>Facile da utilizzare</i>	L'utilizzo del dispositivo è semplice e non necessita di personale esperto
<i>Portatile o fisso</i>	Il Diaptometro, realizzato in due versioni, è adatto all'uso in laboratorio ed in situ
<i>Accurato</i>	Le misure sono precise e ripetibili

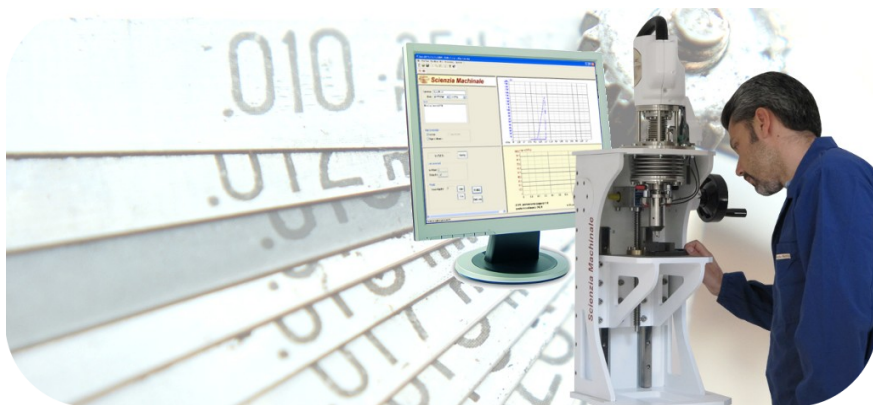


# Campi di Applicazione

<i>Controllo qualità</i>	Controllo della qualità nell'industria metalmeccanica per mezzo di veloci e precise analisi non distruttive sulle parti meccaniche in lavorazione e finite
<i>Controllo degli approvvigionamenti</i>	Controllo delle materie prime e dei semilavorati in ingresso mediante un controllo veloce e non distruttivo
<i>Manutenzione ed estensione vita</i>	Verifica del danneggiamento di parti in opera. Estensione della vita utile di elementi critici e di interi macchinari o manufatti
<i>Sicurezza</i>	Verifica della sicurezza di impianti e manufatti civili monitorando le parti critiche con prove non distruttive in situ
<i>Controllo dei Processi tecnologici</i>	Monitoraggio dei processi di saldatura mediante analisi puntuale delle zone alterate per mezzo di un controllo non distruttivo su talloni o sul manufatto finale misurando le reali caratteristiche meccaniche



**Versioni disponibili**



**Il DIAPTOMETRO è disponibile sia in versione da banco che in versione portatile, elettricamente autonoma**

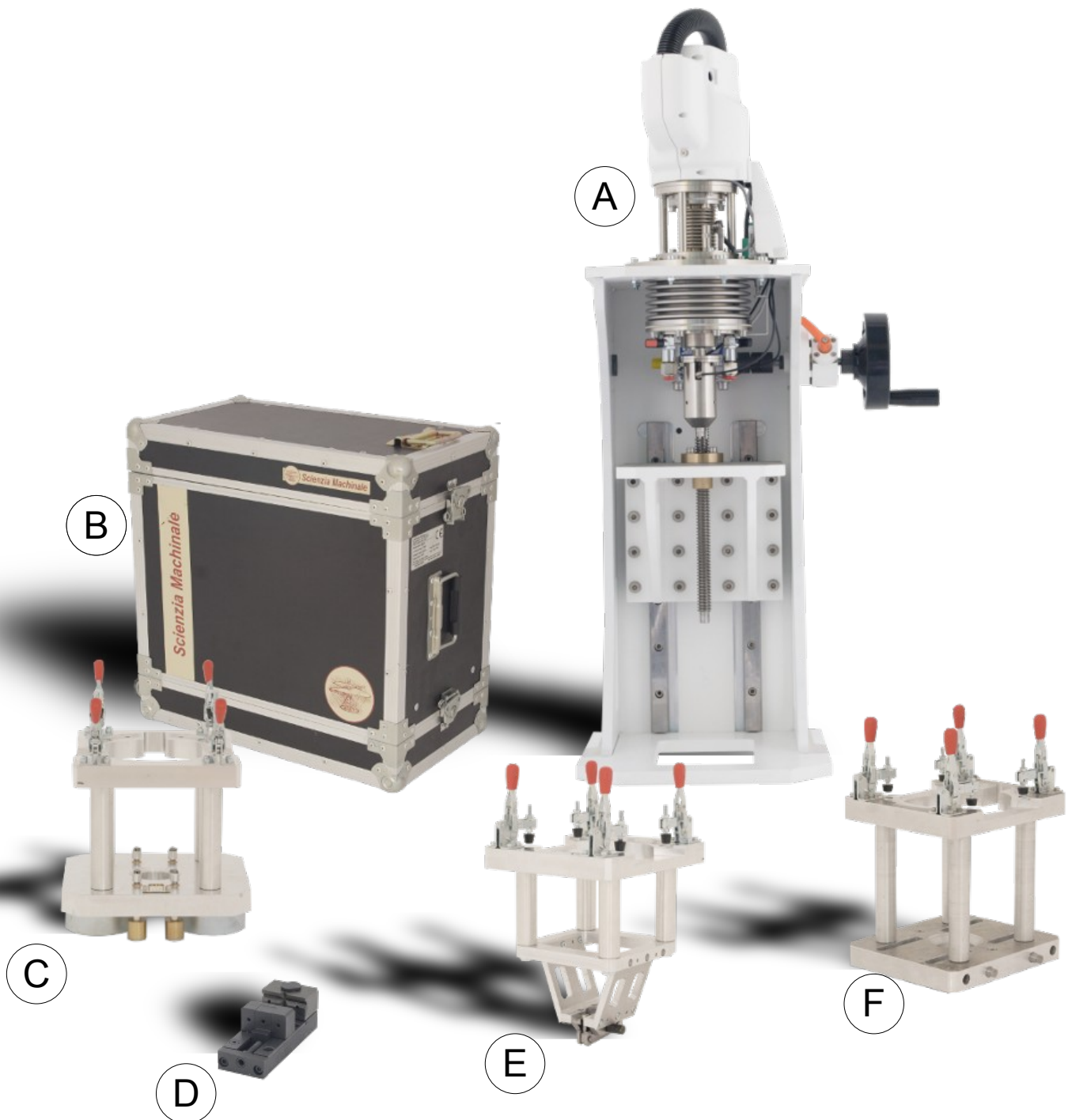
**caratteristiche**

- valutazione attraverso una prova non distruttiva della tensione di snervamento e del coefficiente di incrudimento
- portatile per l'uso in situ
- analisi puntuale (diametro cratere < 1 mm)
- uso automatico; non serve personale specializzato

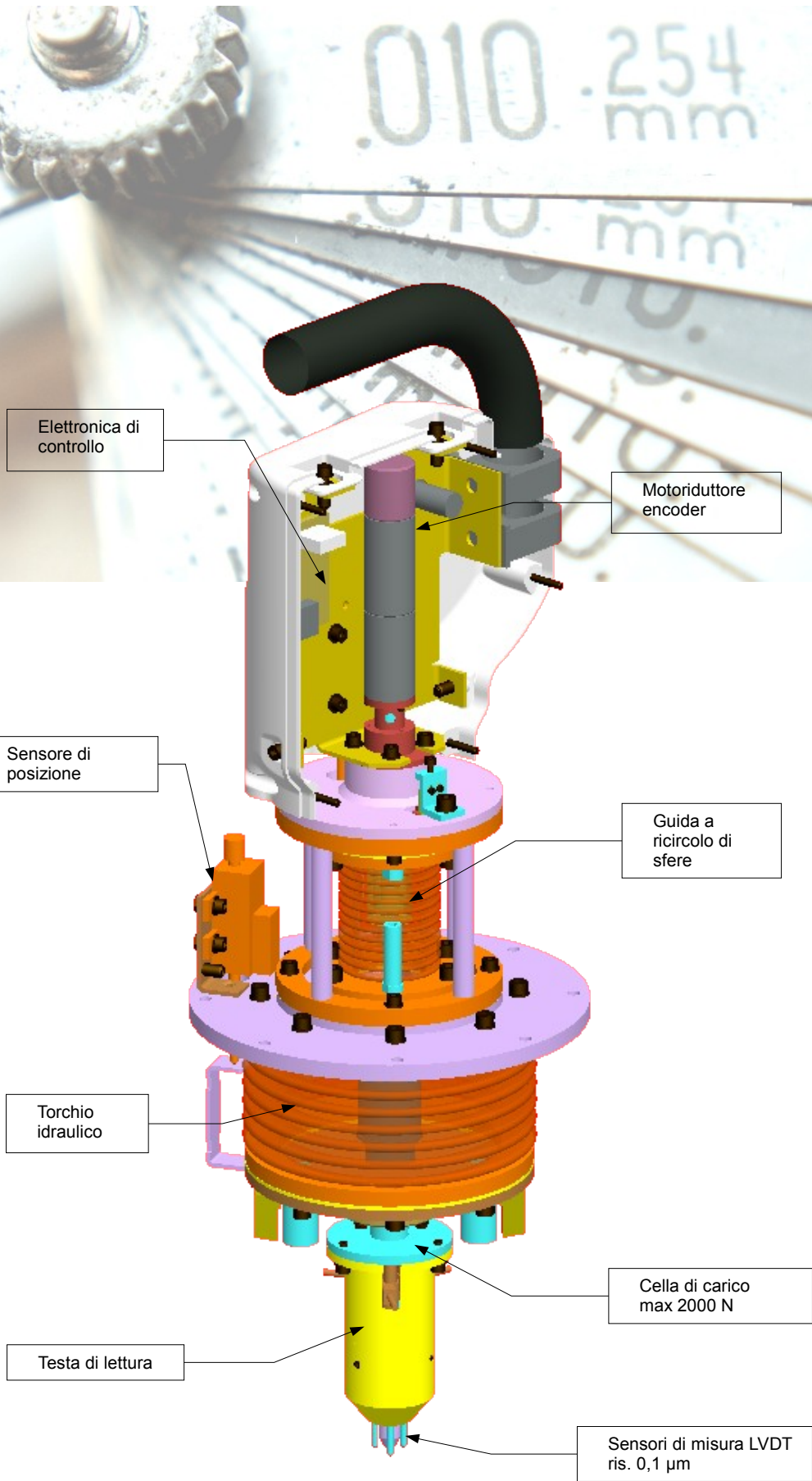


## Diaptometro e accessori

- A – Diaptometro su base fissa
- B – Contenitore portatile; contiene l'unità portatile con il suo sistema di controllo
- C – Accessorio con attacco magnetico
- D – Morsa per provini
- E – Accessorio per tondini
- F – Accessorio per tubi



# Struttura interna



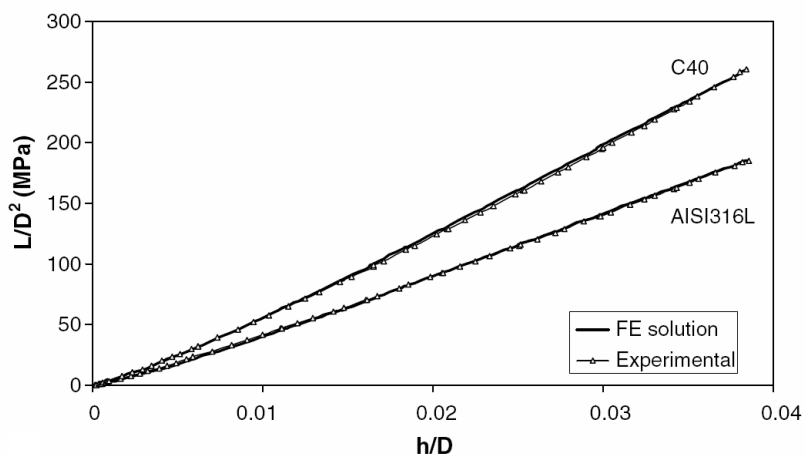


## Dimostrazione teorica del metodo

Il nostro team di ricerca ha dimostrato teoricamente la possibilità di stimare le caratteristiche meccaniche tracciando la curva tensione-deformazione ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) delle leghe metalliche analizzando le curve carico-penetrazione ( $L$ - $h$ ) per mezzo di una indentazione sferica strumentata di alta precisione. Il metodo è stato brevettato e pubblicato su riviste internazionali

## Indentazione sferica strumentata di alta precisione

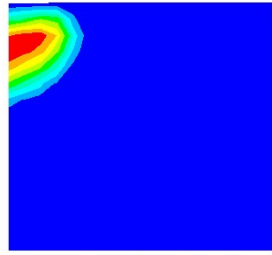
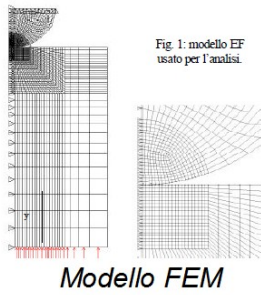
L'indentazione strumentata è ottenuta per mezzo di un sfera posizionata su una testa di misura ad altissima precisione dotata di sensori di posizione e di forza in modo da minimizzare le deformazioni meccaniche della macchina. Gli errori sono ridotti ulteriormente dall'utilizzo real-time del modello elastico della macchina. Per raggiungere l'estrema precisione finale si usano in parallelo tre sensori.



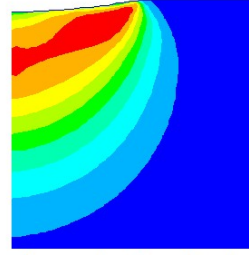
## Esteso database teorico

Il metodo prevede la ricostruzione teorica di tutte le possibili curve di indentazione sferica per qualunque materiale con caratteristiche esprimibili in termini di  $E$  (modulo di Young)  $\sigma_0$  (tensione di snervamento) ed  $n$  coefficiente di incrudimento. Questa funzionalità è implementata mediante un esteso database teorico ottenuto con simulazione FEM creato ed ottimizzato nel corso di anni di studio.





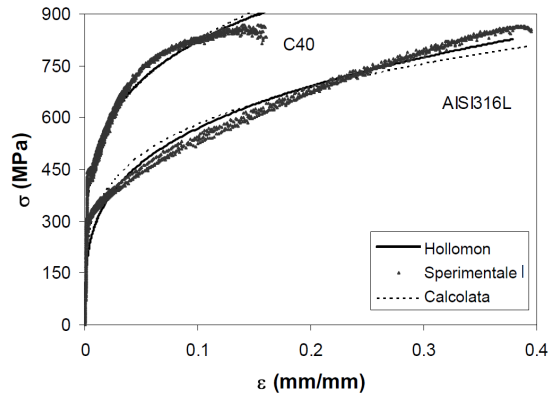
Zona plastica iniziale a bassi carichi



Zona plastica finale ad alti carichi

### Sofisticato algoritmo di calcolo per una precisa ricostruzione della curva sforzo deformazione

Il confronto tra la curva di indentazione strumentata di alta precisione e la simulazione permette di ottenere le caratteristiche meccaniche della lega metallica indentata.



### Analisi Progressiva

L'analisi dettagliata della prima parte dell'indentazione, quando il volume di materiale deformato elasticamente è preponderante rispetto al volume deformato plasticamente permette di stimare con elevata precisione la tensione di snervamento.

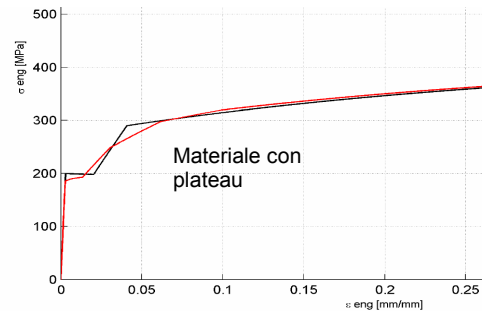
L'analisi dettagliata della seconda parte dell'indentazione, quando il volume di materiale è prevalentemente deformato plasticamente permette di stimare con elevata precisione il comportamento dopo lo snervamento comprensivo di eventuali non linearità (plateau)



# Principio di Funzionamento

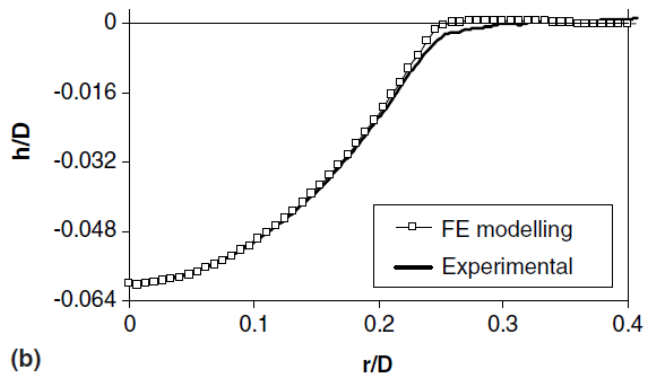
## Indipendenza dalla scala dimensionale

Il metodo è indipendente dalla scala dimensionale e dai carichi. La scalabilità permette di scegliere la dimensione del penetratore in funzione delle dimensioni e della rugosità del manufatto sottoposto a misura. La macchina può utilizzare due diversi diametri di sfera (2,5 mm e 5 mm)



## Estrema precisione locale

La quantità di materiale sottoposto a misura è molto piccola (circa 1 mm cubo). Questo permette di analizzare zone critiche dove esiste un alto gradiente delle caratteristiche meccaniche per esempio intorno alle saldature.



## Possibilità di verifica della misura

Nel caso di particolari che non permettono di ricavare provini per la verifica con prove di trazione, è possibile verificare l'esattezza della misurazione mediante la rilevazione micrometrica della forma del cratere. Tale misura viene confrontata con i risultati ottenuti mediante specifica simulazione FEM. Questa verifica indiretta garantisce la bontà della misura fatta con lo strumento.



Dimensioni [mm]	480x200x200	
Peso [kg]	8	
Carico massimo [N]	2000	
Accuratezza misura del carico	0,1%	
Corsa [mm]	2	
Accuratezza misura dello spostamento [µm]	4	
Risoluzione [µm]	0,1	
Velocità di indentazione [µm/sec]	10-50	
Penetratore: diametro sfera [mm]	2,5	5
Comunicazione	seriale	
Alimentazione	AC 220 V	DC 24 V
Elettronica di controllo	PLC	
Software	Windows 2000/XP/Vista	
Computer per l'analisi	Portatile	Da tavolo
Attrezzatura	Sul campo	Attr. fissaggio per tubi
		Attr. fissaggio magnetica
		Attr. fissaggio per tiranti cemento precompresso
	Laboratorio	Supporto da laboratorio
		Morsa per piccoli provini



## Enti Coinvolti nella Ricerca



Dipartimento Ingegneria Meccanica Nucleare e della Produzione, Università di Pisa



Dipartimento Ingegneria Materiali e Tecnologie Industriali, Università di Trento



Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale Università 3 di Roma

### Articoli scientifici

M. Beghini, L. Bertini, V. Fontanari: "On the possibility to obtain the stress-strain curve for a strain-hardening material by spherical indentation". International Journal of Computer applications in Technology 2002, 15, (4/5), pp. 168-175

M. Beghini, L. Bertini, V. Fontanari: "Modellazione numerica della prova di indentazione sferica per materiali metallici" Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni (AIAS) XXXI Convegno Nazionale –18-21 Settembre 2002, Parma

Beghini, L. Bertini, V. Fontanari: "Evaluation of the stress-strain curve of metallic materials by spherical indentation". International Journal of Solids and Structures 43 (2006) 2441–2459

M. Beghini, L. Bertini, L. Bosio, V. Fontanari, R. Valleggi: "Progetto e realizzazione del 'diapmetro', strumento per la caratterizzazione meccanica di materiali metallici mediante indentazione sferica strumentata". Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni (AIAS) XXXV Convegno Nazionale – 13-16 Settembre 2006, Università Politecnica delle Marche

B.D. Monelli, M. Beghini, L. Bertini, A. Di Gioia, V. Fontanari: "Analisi del processo di deformazione plastica nella prova di indentazione sferica" Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni XXXVI Convegno Nazionale – Ischia, Napoli, 4-8 Settembre 2007

B.D. Monelli, M. Beghini, L. Bertini, V. Fontanari: "Analisi del processo di deformazione plastica nella prova di indentazione sferica" AIAS – Associazione Italiana per l'Analisi delle Sollecitazioni XXXVII Convegno Nazionale 10-13 settembre 2008, Università di Roma "La Sapienza"

V. Fontanari, B.D. Monelli, M. Beghini, L. Bertini: "Numerical analysis of plastic deformation evolution into metallic materials during spherical indentation process" Journal of Materials Research, Vol. 24, No. 3, Mar 2009 pag. 1270

V. Fontanari, B.D. Monelli, M. Beghini, L. Bertini: "Mechanical Characterization of Metallic Material by Instrumented Spherical Indentation" SEM Annual Conference & Exposition on Experimental and Applied Mechanics. 1<sup>st</sup>-4<sup>th</sup> June, 2009, Albuquerque, New Mexico USA.

### Brevetti

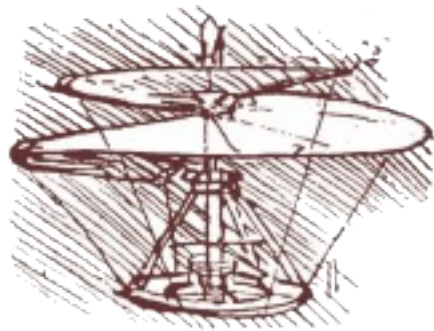
IT/TO2004000535 "Metodo per la rilevazione di caratteristiche meccaniche di materiali"

EP 05780178.9 "Metodo per la rilevazione di caratteristiche meccaniche di materiali"

Domanda USA N. 11/597,752 "Method for determining mechanical features of a material and apparatus that carries out this method"

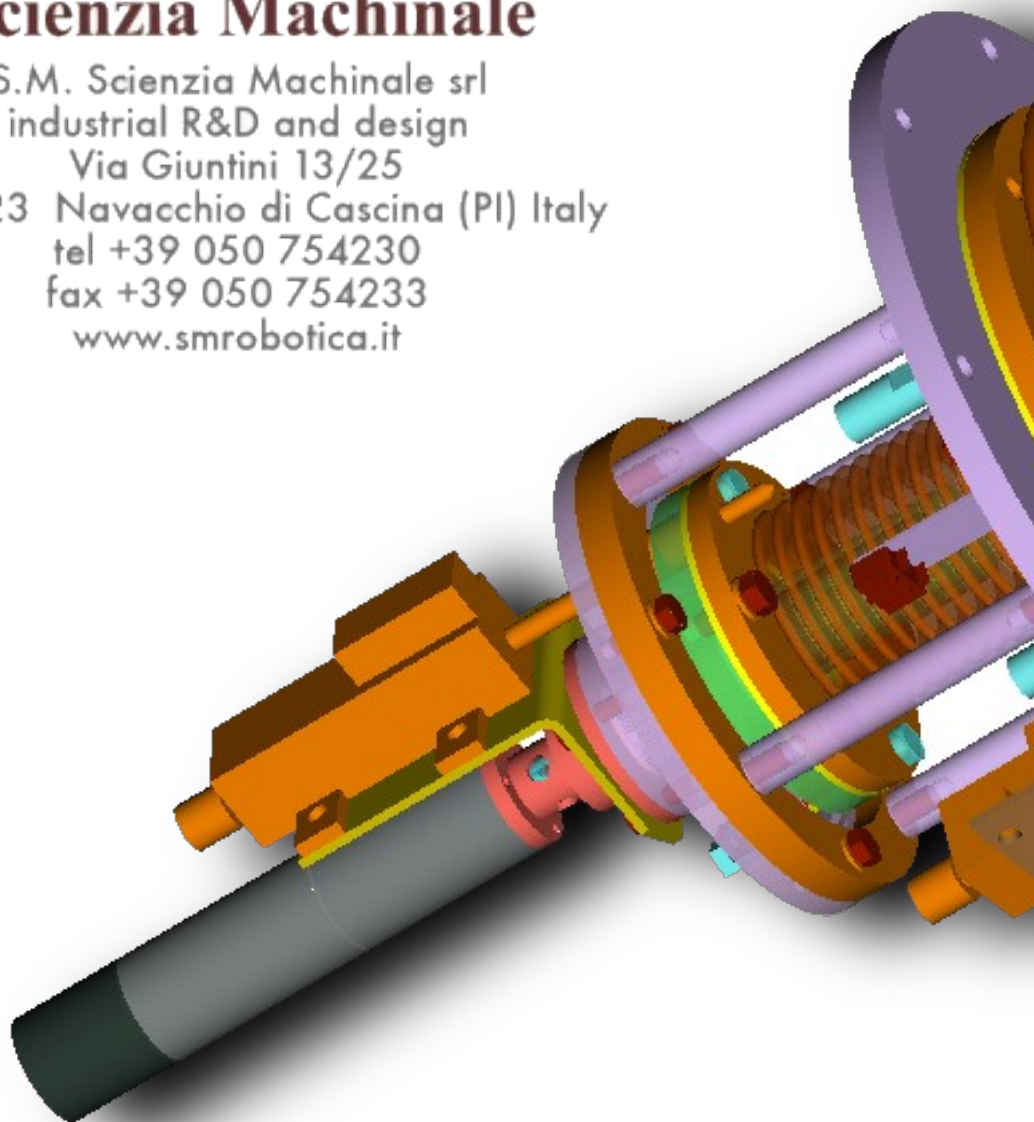
### Progetti di ricerca

Bando Regione Toscana 2006 "Aiuti allo sviluppo precompetitivo" Diapmetro Progetto N.2432



## Scienza Machinale

S.M. Scienza Machinale srl  
industrial R&D and design  
Via Giuntini 13/25  
IT-56023 Navacchio di Cascina (PI) Italy  
tel +39 050 754230  
fax +39 050 754233  
[www.smrobotica.it](http://www.smrobotica.it)



## GRUPPOSCIENZIAMACHINALE



### Scienza Machinale

S.M. Scienza Machinale srl  
industrial R&D and design  
Via Giuntini 13/25  
IT-56023 Navacchio di Cascina (PI) Italy  
tel +39 050 754230  
fax +39 050 754233  
[www.smrobotica.it](http://www.smrobotica.it)



### fabricamachinale

Fabrica Machinale srl  
industrial automation and robotics  
Via Giuntini 25  
IT-56023 Navacchio di Cascina (PI) Italy  
tel +39 050 754290  
fax +39 050 754233  
[www.fabricamachinale.it](http://www.fabricamachinale.it)

### MODEL IDEA

Model Idea srl  
services and manufacturing  
via Catagnina 4 int 10  
IT-54100 Massa (MS) Italy  
tel +39 0585 832281  
fax +39 0585 835463  
[www.modelidea.it](http://www.modelidea.it)