

CONFRONTO TRA METODI DI MISURA DELLE TENSIONI RESIDUE SU UN DISCO ESTRATTO DA UN CILINDRO AUTOFORZATO

F. Aiello^a, M. Beghini^a, M. Loffredo^a, B. D. Monelli^a, C. Santus^a,
A. Bagattini^b

^a Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale – Università di Pisa

^b Baker Huges, a GE company



Misura delle tensioni residue

Modalità di confronto

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni

Confronto tra metodi di misura delle Tensioni Residue (TR):

- X-Ray Diffraction (XRD)
- Blind Hole Drilling (BHD)
- Initial Strain Distribution (ISD)

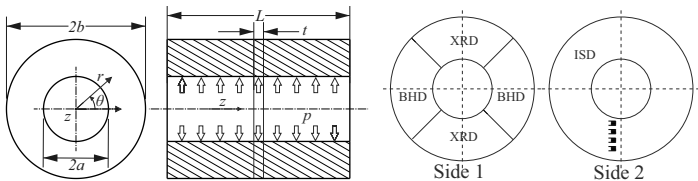
Uso di un disco estratto da un cilindro autoforzato:

- Campione facilmente gestibile
- Campo di TR assialsimmetrico
- Confronto delle misure a parità di r



Gli esperimenti sul disco

Sequenza di esecuzione



- 1 Estrazione del disco
- 2 Esecuzione misura XRD
- 3 Esecuzione misura BHD
- 4 Esecuzione misura ISD

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni



Metodo dell'XRD

Caratteristiche

Introduzione

XRD

Caratteristiche

Set up

Risultati

BHD

Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

ISD

Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

Conclusioni

- diffrattometro *StressTech XStress 3000* (radiazione Cr α , area irradiata 1 mm²)
- metodo del $\text{sen}^2\psi$, otto angoli di diffrazione compresi tra -40° e 40°)
- *Peen Service s.r.l.* via Pollastri 7, Bologna (Italy)



Metodo dell'XRD

Set up

Introduzione

XRD

Caratteristiche

Set up

Risultati

BHD

Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

ISD

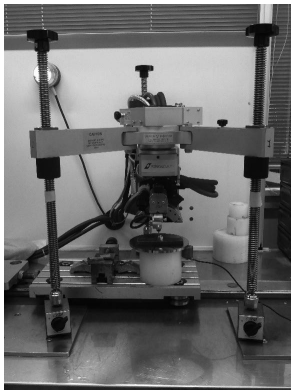
Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

Conclusioni





Metodo dell'XRD

Risultati

Introduzione

XRD

Caratteristiche

Set up

Risultati

BHD

Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

ISD

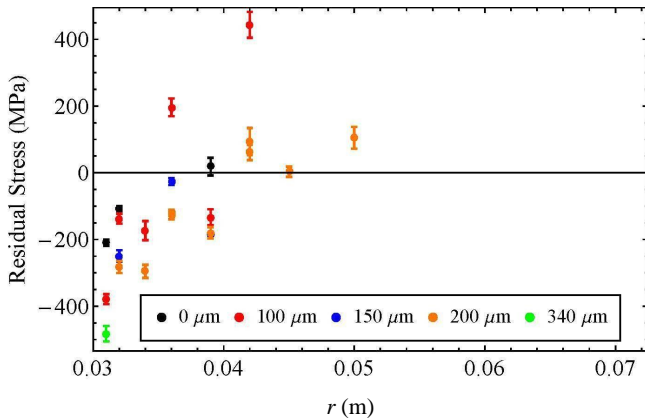
Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

Conclusioni





Metodo del BHD

Caratteristiche

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni

- Tecnica del foro cieco con rosette HBM $D = 5.13\text{mm}$ e $D_0 = 2.0\text{mm}$
- Strumentazione e procedura di misura Sint Technology (Calenzano, Firenze)
- Metodo di interpretazione basato sulle Funzioni di Influenza
- Confronto tra la varie applicazioni del metodo integrale (ASTM) e IF con regolarizzazione



Il metodo del BHD

Set-Up

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

BHD

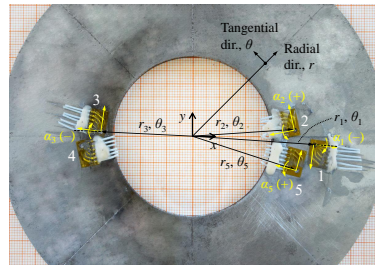
Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

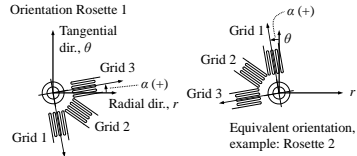
Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni

- disposizione quasi radiale
- 5 punti di misura
- zona di interesse
- rilievo geometrico



Orientation Rosette 1





Metodo del BHD

Post-Processing

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

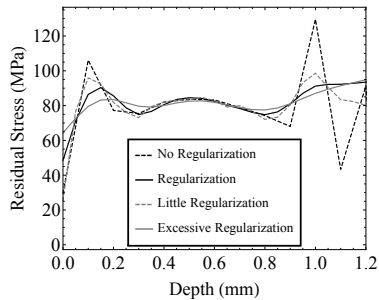
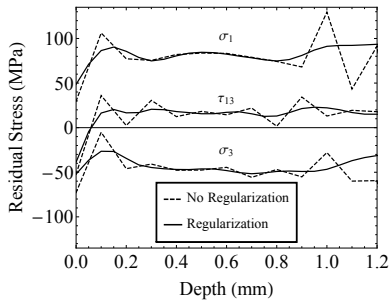
BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni





Il metodo del BHD

Risultati

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

BHD

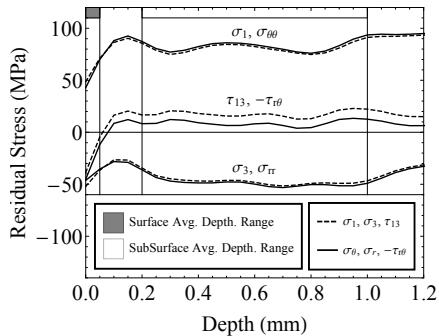
Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni

- Metodi concordi
- Effetto superficiale
- Uniformità nello spessore
- Assialsimmetria





Metodo dell'ISD

Caratteristiche

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

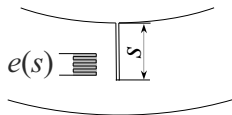
BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni



- Taglio progressivo
- Initial Strain Distribution
- Tecnica distruttiva
- Misura completa

M.Loffredo, A. Bagattini, B. D. Monelli, M. Beghini, Modeling and Measuring Residual Stress in Autofrettaged Hollow Cylinders Through the Initial Strain Distribution Method, *ASME Journal of Pressure Vessel Technology* 2017; 140(1):011402-011402-9.



Metodo dell'ISD

Set up

Introduzione

XRD

Caratteristiche

Set up

Risultati

BHD

Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

ISD

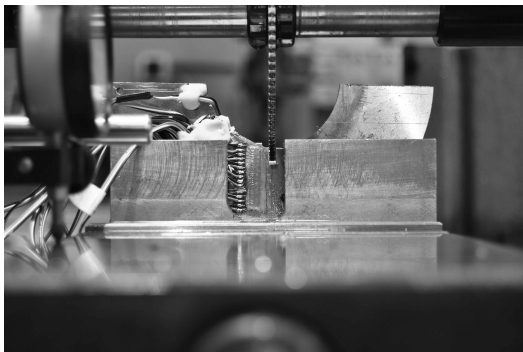
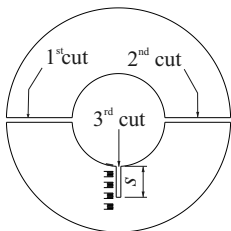
Caratteristiche

Set up

Post-Processing

Risultati

Conclusioni





Il metodo dell'ISD

Post-Processing

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

Conclusioni

Se l'ISD è originata da effetti plastici

$$E^{(l)} = \epsilon^{(l)}(r) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Se il taglio non produce plasticità:

$$e_k(s_h) = \int_a^b W_k(r, s_h) \epsilon^{(l)}(r) dr \quad (2)$$

- W_k funzione di influenza: legame tra la misura del k-esimo estensimetro e_k e l'ISD $\epsilon^{(l)}$.
- Se $\epsilon^{(l)}(r) = \sum_{j=1}^J c_j \phi_j(r)$ la 2 si riduce a un sistema algebrico lineare sovradeterminato.



Metodo dell'ISD

Risultati

Introduzione

XRD

Caratteristiche
Set up
Risultati

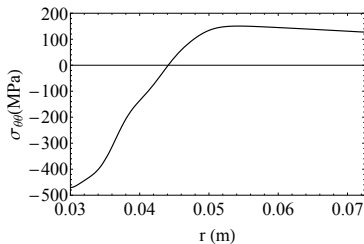
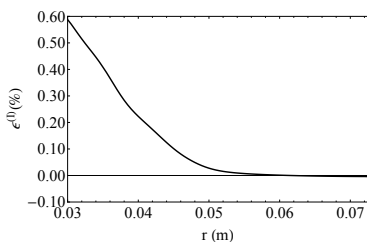
BHD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

ISD

Caratteristiche
Set up
Post-Processing
Risultati

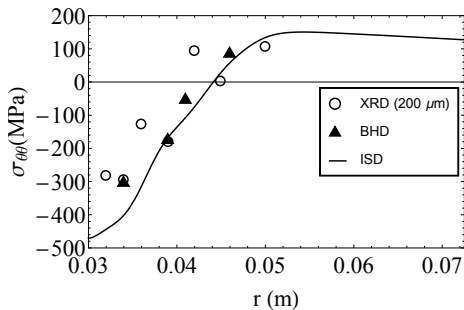
Conclusioni



- La ISD è in linea con le previsioni
- La componente tensionale prevalente è la hoop stress $\sigma_{\theta\theta}$
- La tensione sul bordo interno ha un modulo (450 – 470MPa) inferiore al previsto (650 – 700MPa)



Conclusioni



- BHD e ISD coerenti
- Differenze medie di 40 MPa (max di 90 MPa)
- Validazione mutua
- XRD misura problematica



GRAZIE PER L'ATTENZIONE