

NOTA TECNICA :

Tensioni residue

1. TENSIONI RESIDUE

1.1 DEFINIZIONE GENERALE

Tensioni presenti in un corpo non necessarie a mantenerlo in equilibrio con l'ambiente esterno

Si tratta quindi di uno stato di sollecitazione interna del componente meccanico generato dalla presenza di porzioni soggette a sforzi di varia entità e verso che si **autoequilibrano**. Quando in una zona del pezzo sono presenti tensioni residue di trazione (convenzionalmente di segno positivo), inevitabilmente nella restante parte dovranno essere presenti tensioni residue di compressione (convenzionalmente di segno negativo), in modo da bilanciare le prime.

Intuitivamente è possibile affermare che :

1. Le porzioni di un componente costrette ad assumere dimensioni maggiori delle loro dimensioni originali sono sedi di tensioni residue di trazione
2. Le porzioni di un componente costrette ad assumere dimensioni minori delle loro dimensioni originali sono sedi di tensioni residue di compressione

La quota delle tensioni che eccede il limite elastico plasticizza il materiale alterandone in modo permanente dimensioni e forma, mentre la rimanente quota resta immagazzinata come tensioni interne.

Nel caso in cui un pezzo dotato di tensioni residue venga sottoposto a processi di asportazione di materiale, insieme al materiale viene asportata anche parte delle tensioni residue esistenti. Di conseguenza il sistema di tensioni interne non è più equilibrato. La redistribuzione delle tensioni interne avviene attraverso la deformazione del pezzo (cfr 1.4.1 Ricottura di distensione).

Al fine di valutare la resistenza in esercizio di un componente, il valore delle sollecitazioni esterne dovrebbe essere sommato algebricamente a quello delle tensioni interne.

Tensioni residue di trazione in corrispondenza della superficie di un pezzo hanno un effetto negativo sulla vita a fatica, in quanto favoriscono l'innesco e la propagazione delle cricche.

Di contro tensioni residue di compressione hanno un effetto positivo in quanto vengono ostacolati l'innesco e la propagazione delle cricche. Questo effetto benefico viene sfruttato nei trattamenti meccanici come la pallinatura e la rullatura, nei trattamenti termochimici e di tempra superficiale.

1.2 MODALITA' DI MISURAZIONE

Le tensioni residue vengono misurate con successo tramite tecniche diffrattometriche ai raggi X. Nel caso di analisi in laboratorio di componenti di grosse dimensioni che non trovano spazio nella camera di misura, deve essere prestata estrema attenzione nel sezionamento, il quale come precedentemente accennato può alterare lo stato tensionale residuo.

1.3 CONSIDERAZIONI

Esistono tre tipologie di generazione delle tensioni residue :

1. **generazione meccanica** : può causare tensioni residue di trazione o compressione
2. **generazione termica** : causa sempre tensioni residue di trazione
3. **generazione da trasformazione di fase** : generalmente causa tensioni residue di compressione

In Tab.1.1 si propone un quadro puramente qualitativo che descrive l' effetto di trattamenti termici, superficiali e di lavorazioni meccaniche sullo sviluppo di tensioni residue in un componente meccanico.

PROCESSO		TENSIONI RESIDUE	
TRATTAMENTI TERMICI	Trattamenti termici massivi	+ / -	
	Trattamenti termici selettivi (tempra superficiale)	-	
	Trattamenti termochimici di diffusione	-	
TRATTAMENTI SUPERFICIALI	Cromatura	+	
	Nichelatura	+	
LAVORAZIONI MECCANICHE	Tornitura	+	
	Fresatura	Frontale	-
		Periferica concorde	+
		Periferica discorde	-
	Rettifica	+ / -	
	Trafilatura	+ / -	
Elettroerosione	+		

Tab. 1.1 Tensioni residue vs trattamenti e lavorazioni meccaniche

LEGENDA :

- + tensioni residue di trazione
- - tensioni residue di compressione

1.4 RIMEDI

Per modificare lo stato delle tensioni residue in un componente meccanico sono utilizzabili due trattamenti : termico (ricottura di distensione) e meccanico (pallinatura e rullatura).

1.4.1 Ricottura di distensione

Nel caso di componenti meccanici realizzati in acciaio, il trattamento termico di ricottura di distensione consiste in :

- riscaldamento ad una temperatura sufficientemente elevata ($< A_{c1}^1$)
- mantenimento a tale temperatura per un tempo adeguato in modo da provocare il rilassamento delle tensioni residue (a scapito di una deformazione del pezzo)
- raffreddamento lento generalmente in forno fino a circa 350 ° C, in seguito in aria

L'effetto combinato di temperatura e tempo può essere riassunto mediante l'introduzione di un unico parametro, detto parametro di Larson - Miller , definito dalla relazione :

$$PLM = T (\log t + 20) 1000 \quad \text{con : } [T] = ^\circ R \quad [t] = h$$

L'entità della riduzione delle tensioni residue prodotta dal trattamento di distensione aumenta al crescere del PLM, mentre resta invariata a fronte di una variazione combinata di T e t tale da non comportare una variazione del PLM.

1.4.2 Pallinatura e rullatura

Modificano lo stato tensionale superficiale adducendo tensioni residue di compressione. Si utilizzano quando sia necessario limitare tensioni di trazione lasciate da lavorazioni precedenti o quando si vogliono sfruttare i vantaggi delle tensioni residue di compressione come l'incremento della resistenza a fatica e della resistenza a stress corrosion.

¹ A_{c1} : temperatura alla quale comincia a formarsi l'austenite eutettoide nelle condizioni di riscaldamento