

Presentazione della seconda edizione

A circa otto anni dalla prima edizione si è resa necessaria una revisione del testo, la quale tiene conto sia dell'evoluzione dell'insegnamento, ora divenuto "*Costruzione di apparecchiature per l'industria chimica*" per allievi del corso di Ingegneria Chimica e dei Processi Sostenibili, sia dell'aggiornamento della normativa di settore:

- sono stati inseriti degli approfondimenti relativi allo stato di tensione (equilibrio indefinito), alla meccanica della frattura (zona plasticizzata di fronte all'apice della cricca, prove di tenacità), al creep (mappa di Ashby), alla fatica (caso oligociclico);
- è stato ampiamente rivisto il capitolo sui collegamenti saldati, eliminando la descrizione dettagliata dei metodi di calcolo previsti dalla normativa italiana non più in vigore e inserendo una descrizione sintetica del calcolo a fatica secondo la normativa europea per strutture e recipienti in pressione.

Marzo 2014.

Presentazione della prima edizione

Questo volumetto nasce come sussidio dell'insegnamento "*Meccanica strutturale*" per allievi dei corsi di Ingegneria Chimica e di Ingegneria Energetica e Nucleare del Politecnico di Torino, tenuto dall'autore, di cui copre parte del programma.

Questa premessa giustifica la scelta (necessariamente parziale) degli argomenti trattati, la cui presentazione ha un triplice scopo:

- rivedere, approfondendoli, concetti del calcolo strutturale relativi allo stato di tensione-deformazione;
- fornire un quadro sintetico, ma sufficiente dal punto di vista applicativo, dei principali modi di cedimento dei materiali metallici nelle applicazioni strutturali;
- descrivere le caratteristiche strutturali dei collegamenti filettati e saldati, molto comuni nell'impiantistica chimica ed energetica, e le metodologie per il loro calcolo.

Trattandosi, comunque, di contenuti di interesse generale, verosimilmente il testo potrà essere utilizzato anche da allievi di altri corsi dell'ingegneria industriale.

Settembre 2006.

INDICE

CAPITOLO 1	RICHIAMI SULLO STATO DI TENSIONE	1
1.1	Osservazioni sul concetto di tensione.....	1
1.2	Equilibri indefiniti	3
1.3	Tensore della tensione	5
1.4	Tensioni principali.....	6
1.5	Cerchi di Mohr	7
1.5.1	Costruzione diretta	9
1.5.2	Casi notevoli.....	10
1.6	Tensore idrostatico e tensore deviatorico	11
1.7	Componenti di tensione sul piano ottaedrico	12
1.8	Tensioni nel solido di Saint Venant.....	13
1.8.1	Trazione / compressione e flessione	13
1.8.2	Torsione della sezione circolare	14
1.8.3	Taglio della sezione rettangolare.....	15
1.8.4	Moduli di resistenza	15
CAPITOLO 2	RICHIAMI SULLO STATO DI DEFORMAZIONE	17
2.1	Osservazioni sulle componenti di deformazione.....	17
2.1.1	Dilatazione.....	17
2.1.2	Scorrimento	17
2.2	Tensore delle deformazioni	18
2.3	Proprietà del tensore delle deformazioni	21
2.3.1	Valori e direzioni principali di deformazione.....	21
2.3.2	Tensore della deformazione idrostatico e deviatorico.....	21
2.3.3	Cerchi di Mohr delle deformazioni	22
2.4	Legame tra tensioni e deformazioni	22
2.5	Due casi notevoli: tensione piana e deformazione piana.....	23
2.5.1	Stato di tensione piana.....	23
2.5.2	Stato di deformazione piana	24
2.6	Osservazioni conclusive sui problemi elastici.....	25
CAPITOLO 3	CEDIMENTO DEI MATERIALI METALLICI SOTTO SOLLECITAZIONE MONOTONA	27
3.1	Risultati della prova di trazione.....	27
3.1.1	Materiale duttile	28
3.1.2	Materiale fragile	29

3.2	Ipotesi di cedimento	29
3.2.1	Materiali fragili.....	29
3.2.2	Materiali duttili.....	30
3.3	Effetto della temperatura elevata - Cenni sullo scorrimento viscoso	34
3.3.1	Variazione delle caratteristiche meccaniche con la temperatura.....	34
3.3.2	Scorrimento viscoso (creep).....	35
3.3.3	Previsione di deformazione e durata	38
3.3.4	Rilassamento	39
3.4	Intagli.....	40
3.4.1	Picchi di tensione, componenti aggiuntive.....	41
3.4.2	Fattori di concentrazione della tensione	42
3.4.3	Conseguenze dell'intaglio sul cedimento statico.....	43
3.5	Meccanica della frattura lineare elastica: nozioni fondamentali	44
3.5.1	Modi di frattura	45
3.5.2	Campo di tensione intorno all'apice della cricca.....	46
3.5.3	L'approccio energetico.....	52
3.5.3	Tenacità a frattura.....	53
3.6	Coefficiente di sicurezza	55
CAPITOLO 4 CEDIMENTO DEI MATERIALI METALLICI SOTTO		
SOLLECITAZIONE DI FATICA.....		57
4.1	Nozioni di base	57
4.1.1	Il ciclo di fatica.....	57
4.1.2	Casi tipici di fatica.....	58
4.2	Fenomenologia del cedimento per fatica.....	58
4.2.1	Nucleazione	59
4.2.2	Propagazione	59
4.2.3	Rottura	59
4.2.4	Aspetto delle rotture di fatica	60
4.3	Meccanica della frattura lineare elastica: propagazione della cricca sotto carico ciclico.....	60
4.4	Comportamento a fatica dei materiali	63
4.4.1	Relazione fra sollecitazione e durata.....	63
4.4.2	Effetto della tensione media	65
4.5	Dai provini ai componenti	67
4.5.1	Fattori riducenti il limite di fatica.....	67
4.5.2	Verifica dei componenti	72
4.6	Cicli di fatica diversi – Ampiezza variabile	74
4.7	Fatica multiassiale (cenni).....	77

4.8	Fatica oligociclica (cenni)	79
CAPITOLO 5 COLLEGAMENTI FILETTATI		83
5.1	Nozioni fondamentali sugli elementi filettati	83
5.1.1	Rappresentazione convenzionale.....	84
5.1.2	Caratteristiche geometriche delle filettature metriche ISO	84
5.2	Materiali per bulloneria	86
5.2.1	Classi di acciai.....	86
5.2.2	Acciai inossidabili	86
5.2.3	Acciai per impiego ad alta temperatura.....	87
5.3	Momento di serraggio e forza assiale nella vite	88
5.3.1	Azioni scambiate tra vite e madrevite	88
5.3.2	Momento nel filetto e all'interfaccia testa vite / parti serrate.....	90
5.3.3	Incertezza di serraggio.....	90
5.4	Sforzi negli elementi filettati	91
5.4.1	Ripartizione tra le spire	91
5.4.2	Modalità di cedimento.....	92
5.4.3	Tensioni nella sezione di nocciolo	92
5.5	Comportamento dei collegamenti al serraggio e in servizio	93
5.5.1	Forzamento al serraggio	93
5.5.2	Rigidezze di vite e parti serrate	95
5.5.3	Allentamento in servizio.....	97
5.5.4	Effetto della forza esterna.....	99
5.5.5	Verifiche di resistenza	100
5.5.6	Altre considerazioni	102
5.6	Calcolo delle viti serranti guarnizioni	104
CAPITOLO 6 COLLEGAMENTI SALDATI.....		107
6.1	La saldatura	107
6.1.1	Definizioni.....	107
6.1.2	Tipi di giunti saldati	107
6.2	Rappresentazione a disegno	109
6.2.1	Simbolo di saldatura, segni grafici	109
6.2.2	Quotatura delle saldature.....	112
6.3	Cenni sui procedimenti di saldatura ad arco.....	112
6.3.1	Qualifica degli operatori e delle procedure	113
6.3.2	Difetti delle saldature	114
6.4	Calcolo della resistenza statica.....	115
6.4.1	Giunto di testa (e giunto a completa penetrazione tra lamiere a T)..	115
6.4.2	Giunto a cordone d'angolo	117

6.5	Calcolo della resistenza a fatica.....	120
6.5.1	Relazione tra tensione e durata (diagrammi <i>S-N</i>).....	121
6.5.2	Norma europea Eurocodice 3 (strutture).....	122
6.5.3	Norma europea sui recipienti in pressione	125