

I CRITERI DI SCELTA E DI TRATTAMENTO DEGLI ACCIAI DA COSTRUZIONE E DA UTENSILI

VOLUME 2°, parte seconda: ACCIAI SPECIALI DA COSTRUZIONE

Acciai per bulloneria
Acciai resistenti allo scorrimento a caldo
Acciai per impieghi a bassa temperatura
Acciai per cuscinetti volventi
Acciai microlegati indurenti per precipitazione (HSLA)
Acciai ad elevata resistenza (UHS)
Acciai Maraging
Acciai resistenti all'usura
Acciai inossidabili martensitici
Acciai inossidabili ferritici
Acciai inossidabili austenitici
Acciai inossidabili duplex o austeno-ferritici
Acciai inossidabili refrattari o resistenti a caldo
Acciai inossidabili indurenti per precipitazione

Capitolo Primo

ACCIAI PER BULLONERIA (2II, 1)

DEFINIZIONI E MECCANICA DEI SISTEMI DI FIS-SAGGIO FILETTATI (2II, 1)

Sollecitazioni di viti e dadi (2II, 2)

Dimensionamento dei collegamenti meccanici con bulloni e viti (2II, 2)

Verifica della resistenza di un bullone o di una vite (2II, 2)

Esempio di calcolo (2II, 3)

Distribuzione delle sollecitazioni in viti e bulloni serrati (2II, 4)

CARATTERISTICHE DELLA BULLONERIA E PROCEDIMENTI DI FABBRICAZIONE (2II, 4)

BULLONERIA FORMATA FREDDO (2II, 5)

Caratteristiche e controllo delle proprietà degli acciai per bulloneria formata a freddo (2II, 5)

Precauzioni metallurgiche per ottenere le proprietà richieste (2II, 6)

DEFORMABILITÀ E FORMATURA A CALDO (2II, 7)

Stato di sollecitazione (2II, 8)

Influenza del materiale (2II, 8)

Metalli monofasici (2II, 8)

Metalli polifasici (2II, 9)

Fasi liquide (2II, 9)

Fragilità al rosso (2II, 9)

Fasi solide (2II, 10)

Inclusioni (2II, 10)

Strutture bifasiche e polifasiche (2II, 10)

Precipitazioni (2II, 11)

Formabilità a caldo dei diversi gruppi d'acciai (2II, 12)

LAVORABILITÀ ALLE MACCHINE UTENSILI (2II, 12)

CLASSI DI RESISTENZA E CARATTERISTICHE DELLE VITI, BULLONI E PRIGIONIERI D'ACCIAIO, SECONDO UNI EN ISO 898-1 (2II, 12)

Sistema di designazione delle classi di resistenza (2II, 12)

Tipi di acciai (2II, 12)

Caratteristiche fisiche e meccaniche (2II, 14)

Caratteristiche fisiche e meccaniche da verificare (2II, 15)

Metodi di prova (2II, 15)

Prova di trazione su provetta (2II, 15)

Prova di trazione su vite, bullone e prigioniero interi (2II, 15)

Prova di torsione (2II, 15)

Prove di durezza (2II, 15)

Prova di carico su viti (2II, 16)

Prova di trazione con appoggio a cuneo su viti intere (2II, 16)

Prova di resilienza su provetta (2II, 16)

Prova di tenacità della testa (2II, 16)

Esame della decarburazione (2II, 17)

Misurazione della decarburazione. Metodo microscopico (2II, 17)

Misura della decarburazione. Metodo della microdurezza (2II, 17)

Prova di secondo rinvenimento (2II, 18)

Controllo dei difetti superficiali (2II, 18)

Tipi di difetti, definizioni, cause, aspetto e limiti d'accettabilità (2II, 18)

Cricche (2II, 18)

Cricche di tempra (2II, 18)

Cricche di stampaggio (2II, 18)

Screpolature di stampaggio (2II, 18)

Screpolature di taglio o di scorrimento (2II, 19)

Rigature, filature, paglie e pieghe di laminazione (2II, 19)

Butterature (2II, 19)

Ripiegature (2II, 19)

Segni d'utensile (2II, 19)

Danneggiamenti (2II, 19)

Marcatura delle viti e bulloni (2II, 19)

Marcatura di viti/bulloni con filettatura sinistra (2II, 20)

Marcatura della confezione (2II, 20)

Carico unitario di snervamento a temperatura elevata (2II, 20)

BULLONERIA CON CARATTERISTICHE PARTICOLARI PER IMPIEGHI AUTOMOBILISTICI (2II, 20)

Acciai per bulloneria per automotive (2II, 21)

Caratteristiche meccaniche (2II, 21)

Andamento delle fibre (2II, 21)
Marcatura (2II, 22)
CARATTERISTICHE DEI DADI D'ACCIAIO CON PASSO GROSSO (2II, 22)
Sistema di designazione dei dadi (2II, 22)
Dadi con altezze nominali $\geq 0,8 D$ (2II, 22)
Dadi con altezze nominali $\geq 0,5 D$ e $< 0,8 D$ (2II, 22)
Capacità di carico dei collegamenti con bulloni (viti e dadi) (2II, 23)
Materiali (2II, 25)
Caratteristiche meccaniche (2II, 26)
Resistenza allo strappamento per dadi con altezza nominale $0,5 \leq D < 0,8$ (2II, 26)
Metodi di prova (2II, 26)
Prova di carico (2II, 26)
Prova di durezza (2II, 26)
Verifica dei difetti superficiali (2II, 26)
Cricche (2II, 27)
Cricche di tempra (2II, 27)
Cricche di formatura o da inclusioni (2II, 27)
Cricche nella parte autofrenante di dadi autofrenanti (2II, 27)
Cricche sul collarino di ritegno di dadi con rosetta incorporata (2II, 27)
Screpolature da scorrimento (2II, 27)
Screpolature (2II, 27)
Filature e ripiegature longitudinali (2II, 27)
Ripiegature di stampaggio (2II, 27)
Butterature (2II, 27)
Segni d'utensile (2II, 27)
Marcatura (2II, 27)
VITI AUTOFILETTANTI D'ACCIAIO TRATTATO TERMICAMENTE (2II, 28)
Profondità di cementazione (2II, 28)
Durezza (2II, 28)
Microstruttura (2II, 28)
Caratteristiche meccaniche (2II, 28)
VITI E DADI D'ACCIAI INOSSIDABILI RESISTENTI ALLA CORROSIONE (2II, 30)
Designazione, marcatura, confezionamento e finitura (2II, 30)
Acciai del gruppo A (2II, 30)
Acciai di qualità A1 (2II, 31)
Acciai di qualità A2 (2II, 31)
Acciai di qualità A3 (2II, 31)
Acciai di qualità A4 (2II, 31)
Acciai di qualità A5 (2II, 31)
Acciai del gruppo F (2II, 31)
Acciai di qualità F1 (2II, 31)
Acciai del gruppo C (2II, 31)
Acciai di qualità C1 (2II, 31)
Acciai di qualità C3 (2II, 31)
Acciai di qualità C4 (2II, 31)
Acciai di qualità AF (2II, 31)
Composizione chimica (2II, 31)
Caratteristiche meccaniche (2II, 32)
Resistenza alla torsione (2II, 31)
BIBLIOGRAFIA (2II, 33)

Capitolo secondo

ACCIAI RESISTENTI ALLO SCORRIMENTO A CALDO (2II, 35)
ANALISI DELLE CURVE DI SCORRIMENTO (2II, 35)
Scorrimento primario (2II, 35)
Scorrimento secondario (2II, 36)
Scorrimento terziario (2II, 36)
MECCANISMI CHE GOVERNANO LO SCORRIMENTO (2II, 36)
INFLUENZA DEI FATTORI METALLURGICI SULLA RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO (2II, 37)
Aumento della resistenza allo scorrimento per soluzione solida (2II, 37)
Aumento della resistenza allo scorrimento per precipitazione (2II, 37)
PROVE DI SCORRIMENTO ED ELABORAZIONE DEI RISULTATI (2II, 38)
RILASSAMENTO (2II, 40)
EFFETTO DEGLI ELEMENTI DI LEGA SULLA RESISTENZA ALLO SCORRIMENTO (2II, 40)
CLASSIFICAZIONE DEGLI ACCIAI RESISTENTI ALLO SCORRIMENTO VISCOSO A CALDO (2II, 42)
CONSIDERAZIONI METALLURGICHE SUGLI ACCIAI RESISTENTI ALLO SCORRIMENTO (2II, 48)
CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI PIANI D'ACCIAI NON LEGATI E LEGATI PER IMPIEGHI AD ALTA TEMPERATURA (2II, 49)
Definizioni, classificazione e designazione (2II, 49)
Tolleranze dimensionali, di forma e di massa (2II, 49)
Informazioni per l'ordine (2II, 49)
Saldatura (2II, 51)
Composizione chimica (2II, 51)
Caratteristiche meccaniche (2II, 51)
Stato superficiale (2II, 52)
Integrità interna (2II, 52)
Prove da eseguire e riprove (2II, 52)
Metodi di prova (2II, 52)
Prova di trazione a temperatura ambiente (2II, 52)
Prova di trazione a caldo (2II, 53)
Prove di resilienza (2II, 53)
Marcatura (2II, 53)
CARATTERISTICHE DEI TUBI SENZA SALDATURA D'ACCIAI NON LEGATI E LEGATI PER IMPIEGHI AD ALTA TEMPERATURA (2II, 53)
Definizioni, classificazione e designazione (2II, 53)
Informazioni per l'ordine (2II, 54)
Fabbricazione dei tubi (2II, 54)
Prescrizioni (2II, 55)
Tolleranze (2II, 55)
Tipi di controlli (2II, 55)
Campionamento e preparazione dei saggi (2II, 55)
Metodi di prova (2II, 55)
Riprove (2II, 57)
CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI FUCINATI PER APPARECCHI A PRESSIONE D'ACCIAI, RESISTENTI A CALDO (2II, 57)
Classificazione e designazione (2II, 57)
Dati da fornire all'ordine (2II, 57)
Produzione dell'acciaio (2II, 58)
Fabbricazione del prodotto (2II, 58)
Stato superficiale e integrità interna (2II, 58)
Dimensioni, forma, tolleranze e massa nominale (2II, 58)

Compatibilità con i controlli non distruttivi (2II, 58)
Composizione chimica (2II, 58)
Caratteristiche meccaniche a temperatura ambiente ed a bassa temperatura (2II, 58)
Caratteristiche meccaniche a temperatura elevata (2II, 58)
Prelievo e preparazione dei saggi e delle provette (2II, 59)
Preparazione delle provette (2II, 59)
Sezione ricorrente e spessore equivalente (2II, 60)
Determinazione dello spessore equivalente (2II, 60)
CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI PIANI
D'ACCIAIO INOSSIDABILE PER RECIPIENTI A
PRESSIONE, RESISTENTI ALLO SCORRIMENTO (2II,
60)
Requisiti degli acciai inossidabili (2II, 60)
Elaborazione dell'acciaio (2II, 60)
Stato di fornitura (2II, 60)
Composizione chimica (2II, 61)
Resistenza alla corrosione intergranulare (2II, 61)
Caratteristiche meccaniche (2II, 61)
Osservazioni e precauzioni per il trattamento termico post
saldatura degli acciai inossidabili (2II, 67)
ACCIAI RESISTENTI A TEMPERATURE SUPERIORI
A 575 °C (2II, 68)
SUPERLEGHE (2II, 68)
BIBLIOGRAFIA (2II, 70)
Dati tecnici degli acciai
P195GH (2II, 73)
P235GH (2II, 74)
P245GH (2II, 75)
P265GH (2II, 76)
P280GH (2II, 77)
P295GH (2II, 78)
P305GH (2II, 79)
P355GH (2II, 80)
25CrMo4 (2II, 81)
13CrMo4-5 (2II, 83)
10CrMo5-5 (2II, 85)
10CrMo9-10 (2II, 87)
11CrMo9-10 (2II, 91)
12CrMo9-10 (2II, 93)
X11CrMo5 (2II, 94)
X12CrMo5 (2II, 96)
X16CrMo5-1 (2II, 97)
X11CrMo9-1 (2II, 98)
13CrMoSi5-5 (2II, 100)
13CrMoV9-10 (2II, 102)
12CrMoV12-10 (2II, 103)
20CrMoV13-5-5 (2II, 104)
X20CrMoV11-1 (2II, 106)
X10CrMoVNb9-1 (2II, 108)
15MnCrMoNiV5-3 (2II, 110)
18MnMo4-5 (2II, 111)
20MnMoNi4-5 (2II, 114)
18MnMoNi5-5 (2II, 115)
15MnMoV4-5 (2II, 116)
20MnNb6 (2II, 118)
16Mo3 (2II, 121)
8MoB5-4 (2II, 124)
14MoV6-3 (2II, 126)

15NiCuMoNb5-6-4 (2II, 128)

Capitolo terzo

ACCIAI PER IMPIEGHI A BASSE TEMPERATURE (2II, 131)

INTRODUZIONE (2II, 131)
Leghe cubico facce centrate (2II, 132)
Leghe cubico corpo centrato (2II, 133)
Leghe esagonali compatte (2II, 132)
TENACITÀ E COMPORTAMENTO DEI METALLI
ALLA FRATTURA (2II, 132)
tenacità generica (definizione) (2II, 133)
tenacità all'intaglio (definizione) (2II, 133)
tenacità alla frattura (definizione) (2II, 133)
deformazione piana (definizione) (2II, 133)
sollecitazione piana (definizione) (2II, 133)
Tipi di frattura (2II, 133)
Frattura duttile (2II, 133)
Frattura fragile (2II, 134)
Parametri esterni che influenzano il comportamento della
frattura (2II, 135)
Influenza della temperatura e della velocità d'applicazione
del carico (2II, 135)
Influenza dello stato di sollecitazione (2II, 136)
Meccanismi di frattura (2II, 139)
TEORIA DELLA MECCANICA DELLA FRATTURA
(2II, 140)
Meccanica della frattura lineare elastica (LEFM) (2II, 140)
Fattore d'intensificazione di sforzi (2II, 140)
fattore d'intensificazione critica della sollecitazione (2II,
141)
Plasticizzazione all'apice della cricca (2II, 141)
Effetto delle dimensioni (2II, 141)
Transizione della frattura duttile/fragile di acciai ferritici
(2II, 142)
Tenacità alla frattura (2II, 142)
Effetto dei vincoli, della temperatura e della velocità
d'applicazione del carico sulla tenacità alla frattura (2II,
143)
Correlazione di K_{Id} , K_{Ic} , ed energia assorbita nella prova di
resilienza Charpy V (2II, 144)
Meccanica della frattura elasto-plastica (EPFM) (2II, 145)
Apertura dell'apice della cricca (CTOD) (2II, 146)
Integrale J (2II, 146)
Curva R (2II, 148)
Metodi di prova della tenacità e del comportamento della
frattura (2II, 149)
Prove su campioni di piccole dimensioni (2II, 149)
Prove su campioni di dimensioni simili ai componenti
strutturali (2II, 152)
Altri metodi di prova (2II, 153)
Paragone fra i vari metodi di prova e trasferimento dei ri-
sultati (2II, 155)
Prove di tenacità alla frattura standardizzate (2II, 155)
Misura della tenacità alla frattura elastica lineare K_{Ic} (2II,
156)
Misura della tenacità alla frattura con l'integrale J (2II,
156)

Tipi di provette (2II, 157)
Orientazione delle provette (2II, 159)
Velocità d'applicazione del carico (2II, 159)
Influenza della microstruttura degli acciai sul comportamento della frattura (2II, 159)
MODELLI TEORICI DEI PROCESSI DI FRATTURA DEGLI ACCIAI (2II, 163)
Meccanismi della frattura di clivaggio (fragile) (2II, 163)
Meccanismi della frattura di taglio (frattura duttile) (2II, 164)
APPLICAZIONI PRATICHE DELLA MECCANICA DELLA FATTURA (2II, 165)
CARATTERISTICHE DEGLI ACCIAI PER IMPIEGHI A BASSA TEMPERATURA (2II, 171)
PROCESSI METALLURGICI NECESSARI PER OTTENERE LE PROPRIETÀ RICHIESTE (2II, 173)
Acciai ferritici (2II, 173)
Influenza della composizione chimica (2II, 173)
Influenza della microstruttura (2II, 175)
Affinamento del grano (2II, 175)
Purezza dell'acciaio (2II, 175)
Microstruttura (2II, 175)
Laminazione (2II, 175)
Acciai austenitici (2II, 176)
TIPI D'ACCIAI PER IMPIEGHI CRIOGENICI (2II, 178)
Caratteristiche dei vari tipi d'acciaio in servizio (2II, 179)
Acciai ferritici (2II, 179)
Acciai austenitici (2II, 180)
LAVORAZIONE DEGLI ACCIAI PER IMPIEGHI A BASSA TEMPERATURA (2II, 182)
Saldatura degli acciai criogenici (2II, 182)
BIBLIOGRAFIA (2II, 185)
Dati tecnici degli acciai:
P215NL (2II, 186)
P255QL (2II, 187)
P265NL (2II, 188)
26CrMo4-2 (2II, 189)
11MnNi5-3 (2II, 192)
13MnNi6-3 (2II, 193)
12Ni14 (2II, 195)
X12Ni5 (2II, 197)
X7Ni9 (2II, 199)
X8Ni9 (2II, 201)
X10Ni9 (2II, 202)
15NiMn6 (2II, 203)

Capitolo quarto

ACCIAI PER CUSCINETTI VOLVENTI (2II, 205)

CARATTERISTICHE DEGLI ACCIAI PER CUSCINETTI (2II, 205)
METODI DI PROVA DELLE CARATTERISTICHE (2II, 207)
TIPI D'ACCIAI PER CUSCINETTI (2II, 207)
Acciai ad alto o basso contenuto di carbonio per impieghi normali (2II, 208)
PRINCIPALI REQUISITI DEGLI ACCIAI PER CUSCINETTI AD ALTO CONTENUTO DI CARBONIO (2II, 209)
Temprabilità (2II, 209)

Resistenza a fatica (2II, 210)
Macchie bianche (2II, 210)
Farfalle (2II, 210)
Stato inclusionale (2II, 211)
Elaborazione dell'acciaio (2II, 212)
Carburi liberi (2II, 214)
Trattamento termico (2II, 215)
REQUISITI DEGLI ACCIAI PER CUSCINETTI A BASSO CONTENUTO DI CARBONIO (2II, 216)
Qualità degli acciai (2II, 217)
Effetto del trattamento termico (2II, 217)
Austenite residua (2II, 217)
ACCIAI PER CUSCINETTI SPECIALI (2II, 219)
Acciai per cuscinetti impiegati ad alta temperatura (2II, 219)
Acciai per cuscinetti resistenti alla corrosione (2II, 220)
ACCIAI PER CUSCINETTI SECONDO UNI EN ISO 683-17 (2II, 222)
Dati da fornire all'ordine e designazione (2II, 223)
groschezza del grano (2II, 224)
distribuzione dei carburi (2II, 224)
inclusioni non metalliche microscopiche (2II, 224)
inclusioni non metalliche macroscopiche (2II, 224)
analisi su prodotto (2II, 224)
condizioni di prelievo dei saggi e dei campioni per l'analisi chimica (2II, 224)
marcatura dei prodotti (2II, 224)
qualità superficiale (2II, 224)
controllo dimensionale (2II, 224)
Processo di produzione (2II, 225)
Composizione chimica, durezza e temprabilità (2II, 225)
Microstruttura (2II, 225)
Tipi di documenti di controllo (2II, 225)
Controlli e prove specifici (2II, 225)
Composizione chimica (2II, 225)
Verifica della durezza (2II, 225)
Verifica della temprabilità (2II, 225)
Controllo della qualità superficiale (2II, 225)
Controllo dimensionale (2II, 225)
Controllo della struttura (2II, 225)
Riprove (2II, 225)
Marcatura (2II, 226)
BIBLIOGRAFIA (2II, 226)
Schede tecniche degli acciai
100Cr6 (2II, 228)
100CrMnSi4-4 (2II, 230)
100CrMnSi6-4 (2II, 231)
100CrMnSi6-6 (2II, 233)
100CrMo7 (2II, 234)
100CrMo7-3 (2II, 236)
100CrMo7-4 (2II, 238)
100CrMnMoSi8-4-6 (2II, 239)
20Cr3 (2II, 240)
20Cr4 (2II, 242)
20MnCr4-2 (2II, 244)
17MnCr5 (2II, 246)
19MnCr5 (2II, 248)
15CrMo4 (2II, 250)
20CrMo4 (2II, 251)
18CrNiMo7-6 (2II, 254)
20MnCrMo4-2 (2II, 257)

20NiCrMo2 (2II, 258)
20NiCrMo7 (2II, 260)
18NiCrMo14-6 (2II, 262)
16NiCrMo16-5 (2II, 264)
C56E2 (2II, 266)
56Mn4 (2II, 268)
70Mn4 (2II, 270)
43CrMo4 (2II, 272)
X47Cr14 (2II, 274)
X65Cr14 (2II, 276)
X108CrMo17 (2II, 277)
X89CrMoV18-1 (2II, 279)
80MoCrV42-16 (2II, 281)
13MoCrNi42-16-14 (2II, 283)
X82WCrV6-5-4 (2II, 284)
X75WCrV18-4-1 (2II, 286)

Capitolo quinto

ACCIAI BASSO LEGATI AD ALTA RESISTENZA (HSLA) (2II, 289)

INTRODUZIONE (2II, 289)
Laminazione controllata (2II, 289)
Raffreddamento accelerato (2II, 289)
Tempra o il raffreddamento accelerato (2II, 289)
Trattamento di normalizzazione (2II, 289)
Trattamento di tempra intercritica (2II, 289)
CLASSIFICAZIONE E PROPRIETÀ DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 290)
Acciai resistenti alla corrosione atmosferica (2II, 290)
Acciai microlegati ferritico perlitici (2II, 290)
Acciai perlitici allo stato naturale di laminazione (2II, 290)
Acciai con ferrite aciculare (2II, 290)
Acciai bifasici (2II, 290)
Acciai con morfologia controllata delle inclusioni (2II, 290)
Acciai resistenti alle cricche indotte da idrogeno (2II, 290)
Acciai resistenti alla corrosione atmosferica (2II, 290)
Acciai microlegati ferritico perlitici (2II, 295)
Acciai microlegati al vanadio (2II, 295)
Acciai microlegati al niobio (2II, 297)
Acciai microlegati al vanadio-niobio (2II, 297)
Acciai microlegati al niobio- molibdeno (2II, 297)
Acciai microlegati al vanadio-azoto (2II, 298)
Acciai microlegati al titanio (2II, 298)
Acciai microlegati al titanio-niobio (2II, 299)
Acciai strutturali perlitici (2II, 299)
Acciai con ferrite aciculare (bainite con basso Carbonio) (2II, 299)
Acciai bifasici (2II, 300)
Acciai con bassissimo contenuto di elementi interstiziali (IF- Interstitial-Free Steels) (2II, 300)
Acciai con morfologia delle inclusioni controllata (2II, 300)
PROPRIETÀ DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 300)
Meccanismi d'indurimento della ferrite (2II, 300)
Affinamento del grano (2II, 300)
Indurimento per precipitazione (2II, 301)
Fabbricazione dell'acciaio (2II, 301)

COMPOSIZIONE CHIMICA DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 301)

Effetto degli elementi di lega (2II, 301)
Carbonio (2II, 301)
Azoto (2II, 301)
Manganese (2II, 301)
Silicio (2II, 301)
Rame (2II, 303)
Fosforo (2II, 303)
Cromo (2II, 303)
Nichel (2II, 303)
Molibdeno (2II, 303)
Niobio (2II, 303)
Alluminio (2II, 303)
Vanadio (2II, 304)
Titanio (2II, 304)
Zirconio (2II, 304)
Boro (2II, 304)
Terre rare (2II, 304)
PROCESSI DI LAMINAZIONE CONTROLLATA (2II, 304)
Laminazione controllata convenzionale (2II, 304)
Laminazione a ricristallizzazione controllata (2II, 305)
Laminazione a ricristallizzazione dinamica controllata (2II, 305)
Raffreddamento tra le passate durante la laminazione controllata (2II, 305)
NORMALIZZAZIONE DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 306)
INDURIMENTO PER INVECCHIAMENTO DEGLI ACCIAI AL RAME (2II, 307)
PROPRIETÀ MECCANICHE DEGLI ACCIAI HSLA LAMINATI (2II, 307)
Frattura fragile (2II, 313)
Anisotropia delle proprietà (2II, 314)
Resistenza alla fatica degli acciai HSLA (2II, 315)
FORMATURA DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 315)
SALDATURA DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 316)
APPLICAZIONI DEGLI ACCIAI HSLA (2II, 316)
Linee guida per la scelta dell'acciaio (2II, 317)
Applicazioni petrolifere (2II, 318)
Applicazioni automobilistiche (2II, 319)
Applicazioni marine (Offshore) (2II, 319)
Nastri formati a freddo (2II, 320)
Acciai strutturali (2II, 321)
Costruzioni navali (2II, 321)
Sollevamento e trasporto (2II, 321)
Carri cisterna ferroviari (2II, 321)
Barre fucinate, stampati e getti (2II, 322)
ACCIAI HSLA LAMINATI A FREDDO (2II, 322)
ACCIAI BIFASICI (2II, 322)
Trattamenti termici degli acciai bifasici (2II, 323)
Tecniche di riscaldamento e composizioni (2II, 323)
Formazione dell'austenite durante il riscaldamento intercritico (2II, 323)
Trasformazione dell'austenite dopo riscaldamento intercritico (2II, 324)
Cambiamento della fase ferrite durante il riscaldamento intercritico (2II, 325)
Proprietà meccaniche degli acciai bifasici (2II, 325)

Indurimento per incrudimento e comportamento allo snervamento (2II, 325)
Resistenza allo snervamento e a trazione (2II, 325)
Duttilità (2II, 325)
Invecchiamento termico e per deformazione (2II, 326)
Sviluppo degli acciai bifasici (2II, 327)
ACCIAI BASSO LEGATI AD ALTA RESISTENZA PER FUCINATI E STAMPATI (2II, 328)
Elementi microleganti (2II, 328)
Effetti metallurgici (2II, 329)
BIBLIOGRAFIA (2II, 331)

Capitolo sesto

ACCIAI ULTRA RESISTENTI (UHS) (2II, 333)

INTRODUZIONE (2II, 333)
CLASSIFICAZIONE (2II, 333)
TRATTAMENTI TERMOMECCANICI (2II, 333)
Ausforming (2II, 333)
PROPRIETÀ GENERALI DEGLI ACCIAI UHS (2II, 333)
Sensibilità all'intaglio (2II, 333)
Tenacità (2II, 333)
frattura fragile differita (2II, 334)
Comportamento a fatica (2II, 334)
Tenacità alla frattura (2II, 334)
Comportamento ad alta temperatura (2II, 334)
Resistenza alla corrosione (2II, 334)
Processi di fabbricazione (2II, 334)
CARATTERISTICHE DEGLI ACCIAI UHS DA BONIFICA (2II, 334)
Omogeneità, purezza e microstruttura degli acciai UHS (2II, 337)
Resistenza alla tensocorrosione, alla fragilità da idrogeno e alla corrosione (2II, 337)
Resistenza alla fatica (2II, 337)
PROPRIETÀ TECNOLOGICHE (2II, 338)
Saldabilità (2II, 338)
Lavorabilità (2II, 338)
ACCIAI BASSO LEGATI A MEDIO CARBONIO (2II, 339)
ACCIAI LEGATI TEMPRABILI IN ARIA (2II, 340)
ACCIAI ALTO LEGATI CON ELEVATA TENACITÀ ALLA FRATTURA (2II, 340)
BIBLIOGRAFIA (2II, 340)
Schede tecniche degli acciai
SAE 4130 (30CrMo4) (2II, 342)
SAE 4140 (≈ 42CrMo4) (2II, 344)
SAE 6150 (≈ 51CrV4) (2II, 346)
SAE 8640 (40NiCrMo2) (2II, 349)
SAE 4340 (40NiCrMo7) (2II, 351)
300M (≈ 41SiNiCrMoV7-6) (2II, 355)
D-6a/ac (2II, 357)
AISI H11 mod. (≈ X37CrMoV5-1) (2II, 360)
AISI H13 (X40CrMoV5-1) (2II, 363)
HP9-4-30 (≈ X32NiCoCrMo8-4) (2II, 367)

Capitolo settimo

ACCIAI MARAGING (2II, 369)

INTRODUZIONE (2II, 369)
METALLURGIA (2II, 369)
TIPI D'ACCIAI MARAGING COMMERCIALI (2II, 371)
Designazione (2II, 371)
Composizione chimica (2II, 371)
Fabbricazione (2II, 372)
Formatura a caldo (2II, 372)
Formatura a freddo (2II, 372)
Lavorazioni meccaniche (2II, 372)
Trattamenti termici (2II, 372)
Trattamenti superficiali (2II, 373)
Saldatura (2II, 373)
Prodotti della metallurgia delle polveri (2II, 374)
PROPRIETÀ DEGLI ACCIAI MARAGING (2II, 374)
Caratteristiche a temperatura ambiente (2II, 374)
Caratteristiche ad alta temperatura (2II, 374)
Caratteristiche a bassa temperatura (2II, 375)
Resistenza a fatica (2II, 375)
Resistenza alla corrosione e alla tensocorrosione (2II, 376)
Proprietà fisiche (2II, 376)
APPLICAZIONI (2II, 376)
BIBLIOGRAFIA (2II, 376)
Schede tecniche degli acciai
18Ni(200) o (X2NiCrMo18-8-3) (2II, 378)
18Ni(250) o (X2NiCrMo18-8-5) (2II, 379)
18Ni(300) o (X2NiCrMo18-9-5) (2II, 380)
18Ni(350) o (X2NiCoMoTi18-12-4) (2II, 381)
AF1410 (2II, 382)

Capitolo Ottavo

ACCIAI RESISTENTI ALL'USURA (2II, 385)

INTRODUZIONE (2II, 385)
TIPI D'USURA (2II, 385)
Usura abrasiva (2II, 385)
Erosione (usura erosiva) (2II, 386)
Smerigliatura (2II, 386)
Scalfittura (2II, 386)
Usura adesiva (2II, 387)
Usura da sfregamento (fretting) (2II, 388)
Usura da fatica di contatto (2II, 388)
PROPRIETÀ DEGLI ACCIAI RESISTENTI ALL'USURA (2II, 389)
CONSIDERAZIONI MICROSTRUTTURALI (2II, 389)
TIPI D'ACCIAI RESISTENTI ALL'USURA (2II, 391)
APPLICAZIONI DEGLI ACCIAI E LEGHE FERROSE RESISTENTI ALL'USURA (2II, 392)
BIBLIOGRAFIA (2II, 393)
Schede tecniche degli acciai
90Mn4 (2II, 394)
50Mn7 (2II, 395)
X100CrMoV5-1 (2II, 397)
X210Cr12 (2II, 399)
X155CrVMo12-1 (2II, 401)
X120Mn12 e X120MnCr12-2 (2II, 403)

Capitolo nono

ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 405)

PREMESSA (2II, 405)

TEORIA DELLA CORROSIONE A BASSA TEMPERATURA (presenza d'acqua condensata) (2II, 405)

Meccanismi della corrosione in ambiente umido (2II, 406)

Morfologie della corrosione (2II, 407)

Corrosione generalizzata (2II, 407)

Corrosione localizzata (2II, 408)

Corrosione selettiva (2II, 408)

Velocità di corrosione (2II, 408)

Andamento della corrosione nel tempo (2II, 409)

Impatto tecnico economico della corrosione (2II, 409)

ELETTROCHIMICA DELLA CORROSIONE (2II, 410)

Generalità e sistemi elettrochimici (2II, 410)

TERMODINAMICA DEI PROCESSI DI CORROSIONE (2II, 410)

Termodinamica dei processi di corrosione catodici (2II, 411)

Processo di riduzione degli ioni H^+ con sviluppo d'idrogeno gassoso (2II, 411)

Riduzione catodica dell'ossigeno con formazione d'acqua ossigenata o acqua (2II, 411)

Processi catodici di depolarizzazione (2II, 412)

Processi catodici di sostanze che possono essere alternativamente ossidate e ridotte (2II, 412)

Processi catodici misti (2II, 412)

Termodinamica dei processi di corrosione anodici (2II, 412)

Diagrammi di Pourbaix o Erev/pH (2II, 413)

CINETICA DEI PROCESSI DI CORROSIONE (2II, 414)

Cinetica dei processi di corrosione catodici (2II, 415)

Riduzione catodica dell'idrogeno (2II, 415)

Riduzione catodica dell'ossigeno (2II, 415)

Processi catodici di depolarizzazione (2II, 416)

Cinetica dei processi di corrosione anodici (2II, 417)

Passività (2II, 417)

Metalli con doppia valenza (2II, 419)

Corrosione selettiva delle leghe (2II, 420)

Corrosione di metalli deformati meccanicamente (2II, 420)

Corrosione dei monocristalli (2II, 421)

TEORIA DELL'ELETTRODO MISTO E D'ELEMENTI GALVANICI IN CORTO CIRCUITO (2II, 421)

Elettrodo misto e potenziale di corrosione (2II, 421)

Elementi galvanici in corto circuito con linee di corrente rettilinee e parallele (2II, 422)

Processi che controllano la cinetica di corrosione (2II, 424)

Cinetica di corrosione sotto controllo anodico (2II, 424)

Cinetica di corrosione sotto controllo catodico (2II, 424)

Cinetica di corrosione sotto controllo misto (2II, 424)

Cinetica di corrosione sotto controllo di diffusione (2II, 424)

Cinetica di corrosione sotto controllo di resistenza (2II, 425)

CORROSIONE AD ALTA TEMPERATURA (2II, 425)

(ambiente secco)

Termodinamica della corrosione ad alta temperatura (2II, 425)

Cinetica della corrosione ad alta temperatura (2II, 426)

Caratteristiche protettive degli strati superficiali (2II, 428)

Corrosione delle leghe ad alta temperatura (2II, 429)

Ossidazione interna (2II, 430)

Corrosione da sali fusi (2II, 430)

FORME PIÙ COMUNI DI CORROSIONE DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 431)

Corrosione intergranulare (2II, 431)

Corrosione puntiforme (pitting) e corrosione interstiziale (crevice corrosion) (2II, 433)

Corrosione sotto tensione o tensocorrosione (SCC -Stress Corrosion Cracking) (2II, 434)

PROBLEMI SPECIFICI DI CORROSIONE DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI NEL SETTORE NUCLEARE (2II, 435)

CLASSIFICAZIONE DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 436)

Acciai inossidabili martensitici (2II, 436)

Acciai inossidabili ferritici (2II, 437)

Acciai inossidabili semiferritici (2II, 437)

Acciai inossidabili austenitici (2II, 437)

Acciai inossidabili duplex o austeno-ferritici (2II, 438)

Acciai inossidabili indurenti per precipitazione (2II, 438)

CLASSIFICAZIONE DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI IN BASE ALLA MICROSTRUTTURA (2II, 438)

Diagramma di Schaeffler (2II, 438)

Diagramma WRC-De Long (2II, 447)

Diagramma WRC-1992 (2II, 447)

Formule empiriche per il calcolo della struttura e sensibilità al pitting degli acciai inossidabili (2II, 447)

Struttura ferritico martensitica (2II, 447)

Struttura martensitica (2II, 447)

Struttura austenitico martensitica (2II, 447)

Struttura austenitica metastabile (2II, 447)

Struttura austenitica (2II, 447)

Struttura pienamente austenitica (2II, 448)

Struttura austenitico ferritica (duplex) (2II, 448)

Struttura con precipitazione di fasi intermetalliche (2II, 448)

Resistenza alla corrosione crateriforme (2II, 448)

EFFETTO DEGLI ELEMENTI DI LEGA SULLA STRUTTURA DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 448)

Cromo (2II, 448)

Carbonio (2II, 448)

Nichel (2II, 449)

Silicio (2II, 450)

Molibdeno (2II, 451)

Azoto (2II, 451)

Manganese (2II, 451)

Rame (2II, 451)

Alluminio (2II, 451)

Titanio e Niobio (2II, 451)

Altri elementi di lega (2II, 452)

TRATTAMENTI TERMICI FONDAMENTALI DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 452)

ACCIAI MARTENSITICI (2II, 452)

Ricotture (2II, 452)

Normalizzazione (2II, 453)

Tempra (2II, 453)

Rinvenimento di distensione (2II, 453)

Rinvenimento d'addolcimento (2II, 454)

ACCIAI FERRITICI (2II, 454)

ACCIAI AUSTENITICI (2II, 454)	X46Cr13	1.4034	(2II, 520)
Tempra di solubilizzazione (2II, 455)	X38CrMo14	1.4419	(2II, 522)
Stabilizzazione (2II, 455)	X55CrMo14	1.4110	(2II, 523)
Ricottura di distensione (2II, 455)	X50CrMoV15	1.4116	(2II, 524)
ACCIAI DUPLEX O AUSTENO FERRITICI (2II, 456)	X14CrMoS17	1.4104	(2II, 525)
ACCIAI INDURENTI PER PRECIPITAZIONE (2II, 456)	X39CrMo17-1	1.4122	(2II, 526)
TRATTAMENTI D'INDURIMENTO SUPERFICIALE	X17CrNi16-2	1.4057	(2II, 528)
DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 456)	X1CrNiMoCu12-5-2	1.4422	(2II, 531)
DESIGNAZIONE DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI E	X1CrNiMoCu12-7-3	1.4423	(2II, 532)
CORRISPONDENZE INTERNAZIONALI (2II, 457)	X3CrNiMo13-4	1.4313	(2II, 533)
Tipo di finitura e stato superficiale (tabella) (2II, 458)	X4CrNiMo16-5-1	1.4418	(2II, 534)
Tabella degli acciai inossidabili. Corrispondenza tra	X29CrS13	1.4029	(2II, 535)
l'unificazione europea (EN) e quella attuale od obsoleta dei	X46CrS13	1.4035	(2II, 537)
principali paesi (2II, 459)	X70CrMo15	1.4109	(2II, 538)
Norme di riferimento ASTM e ACI degli acciai inossidabili	X40CrMoVN16-2	1.4123	(2II, 539)
designati secondo AISI (2II, 477)	X105CrMo17	1.4125	(2II, 540)
Resistenza alla corrosione di acciai inossidabili a contatto	X90CrMoV18	1.4112	(2II, 542)
con varie sostanze (2II, 478)	X2CrNiMoV13-5-2	1.4415	(2II, 543)
QUALIFICAZIONE DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI	X10CrMoVNB9-1	1.4903	(2II, 544)
(2II, 492)	X11CrMoWVNb9-1-1	1.4905	(2II, 545)
LAVORAZIONE CON ASPORTAZIONE DI TRUCIOLO	X8CrCoNiMo10-6	1.4911	(2II, 546)
DEGLI ACCIAI INOSSIDABILI (2II, 493)	X19CrMoNbVN11-1	1.4913	(2II, 547)
Acciai inossidabili a lavorabilità migliorata (2II, 493)	X20CrMoV11-1	1.4922	(2II, 548)
Influenza degli elementi di lega sulla lavorabilità (2II, 493)	X22CrMoV12-1	1.4923	(2II, 550)
Zolfo (2II, 493)	X20CrMoWV12-1	1.4935	(2II, 551)
Selenio (2II, 493)	X12CrNiMoV12-3	1.4938	(2II, 553)
Piombo e altri elementi (2II, 494)	Schede tecniche degli Acciai ferritici resistenti alla corro-		
Effetto sulle proprietà degli acciai inossidabili degli ele-	sione e a caldo (2II, 555)		
menti di lega aggiunti per migliorare la lavorabilità (2II,	X2CrNi12	1.4003	(2II, 556)
494)	X2CrTi12	1.4512	(2II, 558)
Effetto sulla lavorabilità delle proprietà meccaniche e fisi-	X6CrNiTi12	1.4516	(2II, 560)
che degli acciai inossidabili (2II, 494)	X6Cr13	1.4000	(2II, 561)
Criteri e prove di valutazione della lavorabilità (2II, 495)	X6CrAl13	1.4002	(2II, 562)
Lavorabilità degli acciai inossidabili ferritici (2II, 496)	X2CrTi17	1.4520	(2II, 563)
Lavorabilità degli acciai inossidabili martensitici (2II, 496)	X6Cr17	1.4016	(2II, 565)
Lavorabilità degli acciai inossidabili austenitici (2II, 497)	X3CrTi17	1.4510	(2II, 567)
Regole generali per le lavorazioni con asportazione di tru-	X1CrNb15	1.4595	(2II, 569)
ciolo degli acciai inossidabili (2II, 497)	X3CrNb17	1.4511	(2II, 570)
Tornitura (2II, 497)	X6CrMo17-1	1.4113	(2II, 571)
Utensili e condizioni operative di tornitura (2II, 497)	X6CrMoS17	1.4105	(2II, 573)
Fresatura (2II, 498)	X2CrMoTi17-1	1.4513	(2II, 575)
Utensili di fresatura (2II, 498)	X2CrMoTi18-2	1.4521	(2II, 576)
Condizioni operative della fresatura (2II, 498)	X2CrMoTiS18-2	1.4523	(2II, 577)
Foratura (2II, 499)	X6CrNi17-1	1.4017	(2II, 578)
Utensili di foratura (2II, 499)	X5CrNiMoTi15-2	1.4589	(2II, 579)
Condizioni operative della foratura (2II, 499)	X6CrMoNb17-1	1.4526	(2II, 580)
Alesatura e maschiatura (2II, 499)	X2CrNbZr17	1.4590	(2II, 582)
Alesatura (2II, 499)	X2CrTiNb18	1.4509	(2II, 583)
Maschiatura (2II, 500)	X2CrMoTi29-4	1.4592	(2II, 584)
CONCLUSIONI (2II, 500)	X10CrAlSi7	1.4713	(2II, 585)
BIBLIOGRAFIA (2II, 500)	X10CrAlSi13	1.4724	(2II, 587)
Schede tecniche degli acciai inossidabili	X10CrAlSi18	1.4742	(2II, 588)
Acciai martensitici standard resistenti alla corrosione e spe-	X10CrAlSi25	1.4762	(2II, 589)
ciali resistenti alla corrosione e acciai martensitici resistenti	X18CrN28	1.4749	(2II, 590)
allo scorrimento viscoso (2II, 505)	X3CrAlTi18-2	1.4736	(2II, 591)
X12Cr13	1.4006	(2II, 506)	
X12CrS13	1.4005	(2II, 509)	
X15Cr13	1.4024	(2II, 511)	
X20Cr13	1.4021	(2II, 513)	
X30Cr13	1.4028	(2II, 515)	
X39Cr13	1.4031	(2II, 518)	
	Schede tecniche degli acciai austenitici resistenti alla corro-		
	sione (2II, 593)		
	X5CrNi17-7	1.4319	(2II, 594)
	X10CrNi18-8	1.4310	(2II, 596)
	X9CrNi18-9	1.4325	(2II, 598)
	X2CrNi18-7	1.4318	(2II, 599)

X2CrNi18-9	1.4307	(2II, 601)	X6NiCrSiNCe35-25	1.4854	(2II, 693)
X2CrNi19-11	1.4306	(2II, 603)	X10NiCrSi35-19	1.4886	(2II, 694)
X5CrNi19-9	1.4315	(2II, 605)	X10NiCrSiNb35-22	1.4887	(2II, 695)
X2CrNi18-10	1.4311	(2II, 606)	Schede tecniche degli acciai inossidabili duplex (austeno-ferritici) resistenti alla corrosione e a caldo (2II, 697)		
X5CrNi18-10	1.4301	(2II, 608)	X2CrNiN23-4	1.4362	(2II, 698)
X8CrNiS18-9	1.4305	(2II, 610)	X2CrNiCuN23-4	1.4655	(2II, 701)
X6CrNiTi18-10	1.4541	(2II, 611)	X3CrNiMoN27-5-2	1.4460	(2II, 702)
X6CrNiNb18-10	1.4550	(2II, 614)	X2CrNiMoN29-7-2	1.4477	(2II, 703)
X4CrNi18-12	1.4303	(2II, 616)	X2CrNiMoN22-5-3	1.4462	(2II, 704)
X1CrNi25-21	1.4335	(2II, 618)	X2CrNiMoCuN25-6-3	1.4507	(2II, 709)
X2CrNiMo17-12-2	1.4404	(2II, 619)	X2CrNiMoN25-7-4	1.4410	(2II, 710)
X2CrNiMoN17-11-2	1.4406	(2II, 621)	X2CrNiMoCuWN25-7-4	1.4501	(2II, 712)
X5CrNiMo17-12-2	1.4401	(2II, 622)	X2CrNiMoSi18-5-3	1.4424	(2II, 713)
X1CrNiMoN25-22-2	1.4466	(2II, 624)	X15CrNiSi25-4	1.4821	(2II, 716)
X6CrNiMoTi 17-12-2	1.4571	(2II, 625)	Schede tecniche degli Acciai indurenti per precipitazione standard e speciali, resistenti alla corrosione (2II, 717)		
X6CrNiMoNb 17-12-2	1.4580	(2II, 627)	X5CrNiCuNb16-4	1.4542	(2II, 718)
X2CrNiMo 17-12-3	1.4432	(2II, 628)	X7CrNiAl17-7	1.4568	(2II, 721)
X2CrNiMoN17-13-3	1.4429	(2II, 630)	X5CrNiMoCuNb14-5	1.4594	(2II, 724)
X3CrNiMo17-13-3	1.4436	(2II, 631)	X1CrNiMoAlTi12-9-2	1.4530	(2II, 725)
X3CrNiMo18-12-3	1.4449	(2II, 632)	X1CrNiMoAlTi12-10-2	1.4596	(2II, 726)
X2CrNiMo18-14-3	1.4435	(2II, 633)	X5NiCrTiMoVB25-15-2	1.4606	(2II, 727)
X2CrNiMoN18-12-4	1.4434	(2II, 636)			
X2CrNiMo18-15-4	1.4438	(2II, 637)			
X2CrNiMoN17-13-5	1.4439	(2II, 638)			
X1CrNiMoCuN 24-22-8	1.4652	(2II, 639)			
X1CrNiSi18-15-4	1.4361	(2II, 644)			
X11CrNiMnN19-8-6	1.4369	(2II, 645)			
X12CrMnNi17-7-5	1.4372	(2II, 646)			
X2CrMnNi17-7-5	1.4371	(2II, 648)			
X12CrMnNi18-9-5	1.4373	(2II, 650)			
X8CrMnNi18-9-5	1.4374	(2II, 652)			
X8CrMnCuNB 17-8-3	1.4597	(2II, 653)			
X3CrNiCu19-9-2	1.4560	(2II, 654)			
X2CrNiCu19-10	1.4650	(2II, 655)			
X6CrNiCuS18-9-2	1.4570	(2II, 656)			
X3CrNiCu18-9-4	1.4567	(2II, 657)			
X3CrNiCuMo 17-11-3-2	1.4578	(2II, 659)			
X1NiCrMoCu 31-27-4	1.4563	(2II, 661)			
X1NiCrMoCu 25-20-5	1.4539	(2II, 662)			
X1CrNiMoCuN 25-25-5	1.4537	(2II, 663)			
X1CrNiMoCuN 20-18-7	1.4547	(2II, 664)			
X2CrNiMoCuS 17-10-2	1.4598	(2II, 666)			
X1CrNiMoCuNW 24-22-6	1.4659	(2II, 667)			
X1NiCrMoCuN 25-20-7	1.4529	(2II, 668)			
X2NiCrAlTi32-20	1.4558	(2II, 669)			
X2CrNiMnMoN 25-18-6-5	1.4565	(2II, 670)			
Schede tecniche degli acciai austenitici resistenti allo scorrimento viscoso (2II, 673)					
X8CrNiTi18-10	1.4878	(2II, 674)			
X15CrNiSi20-12	1.4828	(2II, 676)			
X9CrNiSiNCe21-11-2	1.4835	(2II, 678)			
X12CrNi23-13	1.4833	(2II, 681)			
X8CrNi25-21	1.4845	(2II, 683)			
X15CrNiSi25-21	1.4841	(2II, 685)			
X12NiCrSi35-16	1.4864	(2II, 687)			
X10NiCrAlTi32-21	1.4876	(2II, 688)			
X6NiCrNbCe32-27	1.4877	(2II, 689)			
X25CrMnNiN25-9-7	1.4872	(2II, 691)			
X6CrNiSiNCe19-10	1.4818	(2II, 692)			