

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

VOLUME QUARTO: diagnosi dei difetti metallurgici

Procedure generali per la diagnosi dei difetti metallurgici

Genesi e classificazione dei difetti metallurgici

Danneggiamento da fatica

Danneggiamento da usura

Danneggiamento da corrosione

Danneggiamento da temperatura elevata

Difetti dei prodotti formati a caldo (fucinati, stampati e laminati)

Difetti dei getti di ghisa e d'acciaio

Difetti dei giunti saldati e brasati

Difetti degli utensili

Difetti degli alberi e dei cuscinetti

Difetti degli ingranaggi

Difetti dei sistemi meccanici di fissaggio

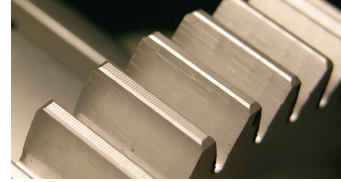
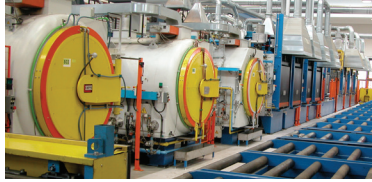
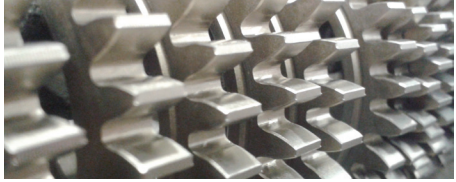
Difetti delle caldaie e scambiatori di calore

Difetti dei recipienti a pressione

di Cibaldi dr. Cesare



CENTRO SERVIZI TECNICI ALLE IMPRESE



PASELLO

TRATTAMENTI TERMICI S.R.L.

Ampia gamma di servizi

La comodità di trattamenti standard e personalizzati presso lo stesso fornitore certificato

Standard and personalized services at the same supplier

Proprietà dei processi

Siamo proprietari di tutti i processi, forniamo competenza, disponibilità, efficienza nei trattamenti personalizzati

We own all of our heat treatment processes

Linee automatiche

Tutti i trattamenti termici sono gestiti con linee automatiche.

All of our heat treatment are managed with automatic lines

SGQ certificato UNI EN ISO 9001
Fornitori del settore Automotive secondo le specifiche AIAG CQI 9



QMS UNI EN ISO 9001
Certified Supplier of Automotive Industries according to AIAG CQI 9



PASELLO TRATTAMENTI TERMICI Srl
Via Torretta 39/a
40012 Calderara di Reno (Bologna)
ITALIA
T. +39 051 72 87 78
F. +39 051 72 88 51
E. info@pasello.com
www.pasello.com

CEMENTAZIONE IN BASSA PRESSIONE
(vuoto) + Tempra in Azoto fino a 20 Bar

NITRURAZIONE IN BASSA PRESSIONE
(vuoto) + raffreddamento extra-rapido in Azoto

LOW PRESSURE CARBURIZING
(vacuum) + Nitrogen Hardening up to 20 Bar

LOW PRESSURE NITRIDING
(vacuum) + Nitrogen Fast Cooling

Tutti i nostri trattamenti possono essere eseguiti in atmosfera o in vuoto

All of our treatments can be processed in atmosphere or vacuum

Cementazione

atmosfera o bassa pressione (vuoto)
+ Tempra in Azoto fino a 20 Bar

Carbonitrurazione

atmosfera o bassa pressione (vuoto)
+ raffreddamento extra-rapido in Azoto

Tempra + Rinvenimento

con spegnimento in azoto o in olio

Bonifica

a norma UNI, di lavorabilità, di assestamento, ecc.

Tempra acciai speciali

acciai da stampi, maraging, per uso medicale, aeronautico, titanio, ecc.

Nitrurazione gassosa

con controllo/regolazione del processo con sonde H_2 / Kn

Nitrurazione ionica

acciai speciali, inox, sinterizzati, ecc.

Nitrocarburazione ferritica

simile tenifer, nitemper, nitrurazione morbida, ecc.

Nitrocarburazione ferritica ossidata

simile nimox, tenifer qpq, oxynit, ecc.

Ricottura

di lavorabilità, di smagnetizzazione, ecc.

Stabilizzazione e Distensione

Solubilizzazione e Invecchiamento

Saldobrasatura

acciaio, alluminio, leghe speciali

Sinterizzazione

Tempra a induzione

Trattamento criogenico

sottozero

Granigliatura e Pallinatura

Microsabbatura e Shotpeening

Tribofinitura

Analisi di laboratorio

esami micro e macro, cuciture, relazioni tecniche, ecc.

Rivestimenti PVD, CVD, PACVD

TiN, TiAlN, TiCN, WC/C, DLC, CrN, ecc.

Carburizing

atmosfera or low pressure (vacuum)
+ Nitrogen Hardening up to 20 Bar

Carbonitriding

atmosfera or low pressure (vacuum)
+ Nitrogen Fast Cooling

Austenitizing+Quenching

N_2 or Oil

Hardening+Tempering

Hardening+Tempering of special steel

mould steel, maraging steel, medical steel, aeronautic steel, titanium, etc.

Gas Nitriding

process controlled and regulated by H_2 / Kn probe

Plasma Nitriding

special alloys, inox steel, sintered steel, etc.

Ferritic Nitrocarburing

like tenifer, nitemper, etc.

Ferritic Nitrocarburing + Oxidation

like nimox, tenifer qpq, oxynit, etc.

Annealing

workability, degaussing, etc.

Stabilizing and Stress Relieving

Solution Annealing and Ageing

Brazing atmosphere or low pressure

steel, aluminium, special alloys

Sintering

vacuum

Induction Hardening

Cryogenic Treatment

subzero

Shot Blasting

Micro Blasting and Shotpeening

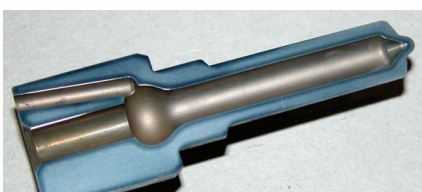
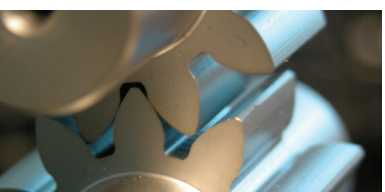
Tribofinishing

Test Reports

micro and macrographic pics, hardness profiles, etc.

PVD, CVD, PACVD Coatings

TiN, TiAlN, TiCN, WC/C, DLC, CrN, etc.



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

VOLUME 4°: DIAGNOSI DEI DIFETTI METALLURGICI

Capitolo primo

PROCEDURE GENERALI PER

LA DIAGNOSI DEI DIFETTI

METALLURGICI (4, 1)

FASI DELLA DIAGNOSI DI DIFETTI (4, 1)

RACCOLTA DELLE INFORMAZIONI E DEI SAGGI (4, 1)

Registrazione della storia dei componenti (4, 1)

Documentazione fotografica (4, 2)

Scelta dei saggi (4, 2)

Condizioni d'esercizio anomale (4, 2)

ESAMI PRELIMINARI (4, 3)

Esame visivo (4, 4)

Studio della frattura (4, 4)

PROVE NON DISTRUTTIVE (4, 4)

Esame magnetoscopico (MT) (4, 4)

Esame con liquidi penetranti (PT) (4, 5)

Esame con correnti indotte (ET) (4, 5)

Esame con ultrasuoni (UT) (4, 5)

Radiografia (RT) (4, 5)

Tomografia assiale computerizzata (TAC) (4, 5)

Analisi Tensionale (4, 5)

PROVE MECCANICHE (4, 6)

Prova di durezza (4, 6)

Prova di trazione (4, 6)

Prova di resilienza (4, 6)

PROTEZIONE DELLE SUPERFICI DI FRATTURA (4, 7)

Precauzioni per il prelievo e la conservazione (4, 7)

Pulizia delle superfici in laboratorio (4, 7)

Preparazione delle sezioni (4, 7)

Rotture secondarie (4, 8)

ESAME MACROSCOPICO DELLE SUPERFICI DI FRATTURA (4, 8)

ESAME MICROSCOPICO DELLE SUPERFICI DI FRATTURA (4, 10)

Fratture a cupola (4, 10)

Fratture di clivaggio (4, 10)

Fratture intergranulari o cristalline (4, 10)

Fratture con striature (4, 10)

ESAMI METALLOGRAFICI (4, 11)

ESAMI MICROGRAFICI (4, 12)

CLASSIFICAZIONE DELLE FRATTURE (4, 12)

Fratture duttili (4, 13)

Caratteristiche della frattura duttile (4, 13)

Fratture fragili (4, 13)

Frattura intragranulare o clivaggio (4, 13)

Frattura intergranulare (4, 15)

Frattura di fatica (4, 15)

linee di Wallner (4, 16)

rub marks (4, 16)

struttura lamellare (4, 16)

Frattura di tensocorrosione (4, 16)

Infragilimento da metalli liquidi (4, 17)

Infragilimento da idrogeno (4, 17)

Frattura per scorrimento a caldo (4, 18)

DIFETTI COMPLESSI (4, 18)

ANALISI CHIMICA (4, 18)

Tecniche Analitiche (4, 19)

Gravimetria (4, 19)

Volumetria (4, 19)

Colorimetria e spettrofotometria d'assorbimento molecolare visibile (VIS) od ultravioletto (UV) (4, 20)

Spettrofotometria d'assorbimento molecolare all'infrarosso (IR) (4, 20)

Spettrofotometria d'assorbimento atomico (AAS) (4, 20)

Spettrometria d'emissione al plasma (ICP) (4, 21)

Spettrografia d'emissione o quantometria (ES) (4, 21)

Spettrografia di fluorescenza ai raggi X (FRX) (4, 20)

Diffraattometria ai raggi X (DRX) (4, 22)

Analisi delle superfici e dei depositi (4, 22)

MECCANICA DELLA FRATTURA APPLICATA ALLA DIAGNOSI DI DIFETTO (4, 22)

PROVE DI SIMULAZIONE (4, 22)

FORMULAZIONE DELLE CONCLUSIONI (4, 23)

SCRITTURA DELLA RELAZIONE FINALE (4, 23)

DIAGNOSI DI DIFETTO IN CAMPO (4, 24)

BIBLIOGRAFIA (4, 25)

Capitolo secondo

GENESI E CLASSIFICAZIONE DEI DI

FETTI METALLURGICI (4, 25)

CORROSIONE (4, 25)

USURA (4, 25)

DEFORMAZIONI (4, 25)

Tipi di deformazioni (4, 25)
 Deformazioni temporanee (4, 25)
 Deformazioni permanenti (4, 26)
 Snervamento in esercizio (4, 26)
 Scorrimento viscoso (creep) (4, 26)
 Deformazione a compressione (4, 26)
CLASSIFICAZIONE DELLE FRATTURE (4, 27)
 Condizioni di carico (4, 27)
 Sollecitazioni monoassiale, biassiale e triassiale (4, 27)
 Velocità di propagazione delle cricche (4, 28)
 Caratteristiche macroscopiche delle fratture (4, 28)
 Caratteristiche microscopiche delle fratture (4, 28)
 Fratture duttili (4, 30)
 Superfici piane delle fratture di trazione (4, 30)
 Superfici inclinate delle fratture di trazione (4, 30)
 Fratture fragili (4, 31)
 Fratture di fatica (4, 31)
 Fratture influenzate dall'ambiente (4, 32)
 Tensocorrosione (4, 32)
 Fratture da infragilimento per contatto con metalli liquidi (4, 32)
 Infragilimento indotto da idrogeno (4, 32)
 Classificazione del tipo di frattura (4, 34)
BIBLIOGRAFIA (4, 34)

Capitolo terzo

DANNEGGIAMENTO DA FATICA

STORIA DELL'AFFATICAMENTO DEI METALLI
FATTORI CHE INFLUENZANO LA RESISTENZA A FATICA O LA DURATA A FATICA (VITA)
 Prove di laboratorio
 Sollecitazioni applicate
 Rapporto di sollecitazione
 Curve S-N (Sollecitazione – numero di cicli)
 Fattore di concentrazione della sollecitazione o di sforzi
 Fattore di concentrazione di sforzo e fattore di sensibilità
GENESI DELLE ROTTURE A FATICA
 Primo stadio: innesco.
 Secondo stadio: propagazione.
 Terzo stadio: rottura finale o di schianto.
CARATTERISTICHE MACROSCOPICHE DELLE FRATTURE DI FATICA
 Mancanza di deformazione
 Linee i spiaggia o d'arresto (beach marks)
 Dentellature (ratchet marks)
 Superficie di frattura finale
CARATTERISTICHE MICROSCOPICHE DELLE FRATTURE DI FATICA
 Striature
 Similitudini tra striature e linee di spiaggia
 Differenze tra striature e linee di spiaggia
MECCANISMI DELLA FRATTURA DI FATICA

Propagazione e crescita delle cricche
 Propagazione iniziale
 Crescita della cricca
 Propagazione finale
RELAZIONE TRA SOLLECITAZIONE E RESISTENZA A FATICA
 Prove di fatica
EFFETTO DELLE VARIABILI SUL DANNEGGIAMENTO A FATICA
 Forma del componente e tipo di carico
 Flessione unidirezionale
 Flessione alternata
 Flessione rotante
 Torsione
 Carico assiale
 Soprasollecitazione o sollecitazione eccessiva
 Frequenza del carico
 Sollecitazione media
 Sollecitazione media (S_m)
 Ampiezza della sollecitazione
 Sollecitazioni residue
 Effetto della concentrazione della sollecitazione
 Distribuzione della sollecitazione
FRATTURE DI FATICA CON INNESCHI SUBCORTICALI
FATICA SOTTO CARICHI DI COMPRESSIONE
EFFETTO DELLA PROGETTAZIONE SULLA RESISTENZA A FATICA DEI COMPONENTI
 Fattori di correzione dei dati delle prove
 Guide alla progettazione
GIUNTI SALDATI
EFFETTO DELLE CARATTERISTICHE DEL METALLO SULLA RESISTENZA A FATICA
 Effetto della grossezza del grano
 Effetto della composizione chimica
 Indurimento da soluzione solida
 Seconde fasi
 Effetto dell'incrudimento e dei trattamenti termici
 Effetto delle discontinuità
 Discontinuità superficiali
 Bruciatura
 Discontinuità subcorticali e a cuore
 Segregazioni
EFFETTO DEI PROCESSI DI FABBRICAZIONE SULLA RESISTENZA A FATICA
 Lavorazioni meccaniche e rettifica
 Trattamento termico
 Surriscaldamento
 Fusione dell'eutettico
 Cricche di tempratura
 Decarburazione
 Raddrizzatura
 Rivestimenti galvanici

Danneggiamento da ispezioni
Marcature d'identificazione
EFFETTO DELLA TEMPERATURA ELEVATA
SULLA RESISTENZA A FATICA
Effetto dell'ossidazione
FATICA TERMICA
CORROSIONE FATICA
Effetto della sollecitazione ciclica
Effetto della frequenza
Effetto dell'ampiezza della sollecitazione e della sollecitazione media
Sollecitazione media
Effetto dell'ambiente corrosivo
Effetto dell'innescò della cricca
Effetto della propagazione della cricca
Identificazione e prevenzione
FATICA DA CONTATTO
Vaicolatura superficiale con innescò in superficie o subcorticale (pitting)
Scheggiatura (spalling)
BIBLIOGRAFIA

Capitolo quarto

DANNEGGIAMENTO DA USURA

INTRODUZIONE
TIPI D'USURA
USURA ABRASIVA
Usura erosiva (erosione)
Smerigliatura
Scalfittura
USURA ADESIVA
USURA DA SFREGAMENTO (FRETTING)
USURA PER FATICA DA CONTATTO
Usura da fatica superficiale con innescò subcorticale (pitting fatigue)
Usura da fatica superficiale con innescò corticale (pitting fatigue)
Usura da fatica superficiale con innescò sotto strato (spalling fatigue)
Usura da fatica cavitazione
USURA CORROSIONE
EROSIONE CORROSIONE
RUOLO DELL'ATTRITO NELL'USURA
Condizioni delle superfici
Forza d'attrito
USURA IN PRESENZA DI LUBRIFICAZIONE
Tipi di lubrificazione
Lubrificazione idrodinamica
Lubrificazione idrostatica

Lubrificazione elastoidrodinamica
Lubrificazione limite
Effetto della lubrificazione sulle caratteristiche delle superfici
LUBRIFICANTI
Oli lubrificanti
Oli vegetali o animali
Grassi lubrificanti
Lubrificanti solidi
DANNEGGIAMENTO DEL LUBRIFICANTE CHE PORTA ALL'USURA
Contaminazione
Viscosità
Temperatura di transizione
Prevenzione del danneggiamento dei lubrificanti
USURA IN ASSENZA DI LUBRIFICAZIONE
ANALISI DEI DANNEGGIAMENTI DA USURA
Danneggiamento superficiale
Condizioni ambientali
Particolato d'usura
Procedura d'analisi dell'usura
Condizioni d'esercizio
Risoluzione dei problemi d'usura
ESAMI DI LABORATORIO DI PEZZI USURATI
Microscopia
Metallografia
Sezioni oblique
Reattivi d'attacco
Prove di durezza micro e macroscopiche
Analisi chimica
Studi geologici
EFFETTO DELLA MICROSTRUTTURA E DELLA DUREZZA SULL'USURA
CONFIGURAZIONE DELLA SUPERFICIE
Direzione del moto relativo
PROVE D'USURA IN LABORATORIO
BIBLIOGRAFIA

Capitolo quinto

DANNEGGIAMENTO

DA CORROSIONE

INTRODUZIONE
REAZIONI ELETTROCHIMICHE DEI PROCESSI CORROSIVI
FATTORI CHE INFLUENZANO LA CORROSIONE
Fattori esterni
Influenza del pH
Influenza degli inibitori od attivatori

Influenza della concentrazione salina
 Influenza della temperatura
 Influenza del moto della soluzione
 Influenza delle correnti impresse o vaganti
 Fattori interni
 Effetto della stabilità chimica del metallo
 Immunità
 Passività
 Attività
 Effetto della struttura del metallo
 Effetto delle sollecitazioni e delle tensioni interne
 Effetto dello stato superficiale del metallo
PASSIVITÀ
TIPI DI CORROSIONE
 Corrosione uniforme
 Effetto della Concentrazione
 Effetto della Temperatura
 Corrosione localizzata crateriforme o vaiolatura (pitting corrosion)
 Cause della corrosione crateriforme
 Corrosione da celle di concentrazione
 Corrosione interstiziale (crevice corrosion)
 Effetto della fluttuazione del livello del liquido
 Effetto dell'isolamento termico
 Effetto di depositi solidi
 Giunti rivettati e imbullonati
 Corrosione in cratere
 Corrosione da gradiente di temperatura (differential temperature corrosion)
 Corrosione galvanica
 Serie galvanica dei metalli in acqua di mare
 Effetto della passività e attività.
 Errata scelta delle combinazioni di metalli
 Rapporto delle aree catodica e anodica
 Effetto del tempo
 Contatto accidentale tra metalli diversi
 Dissoluzione selettiva o dealligazione
 Dezincificazione
 Corrosione Grafica
 Attacco selettivo su inclusioni
 Corrosione intergranulare
CORROSIONE COMBINATA CON L'USURA
 Corrosione da sfregamento (fretting corrosion)
 Corrosione erosione
FRATTURE DA SINERGIA TRA CORROSIONE E SOLLECITAZIONI MECCANICHE
 Corrosione fatica
 Corrosione sotto tensione o tensocorrosione
 Teoria elettrochimica
 Teoria dell'adsorbimento
 Origine delle sollecitazioni
 Effetti termici
 Finitura superficiale

Formatura a freddo
 Origine delle sollecitazioni in esercizio
 Incremento delle sollecitazioni
 Effetto dell'ambiente
 Effetto delle sollecitazioni cicliche
 Innesco e propagazione delle cricche
 Caratteristiche generali delle cricche di tensocorrosione
 Cricche intergranulari
 Cricche intra o transgranulari
 Suscettibilità dei metalli alla tensocorrosione
 Effetto della struttura del metallo
 Effetti dell'ambiente
 Tensocorrosione degli acciai inossidabili austenitici
 Tensocorrosione degli acciai strutturali al carbonio o debolmente legati
CINETICA DELLA CORROSIONE IN ACQUA
 Effetto dell'acqua stagnante o in moto lento
 Effetto del moto veloce dell'acqua
 Corrosione da impingement
CORROSIONE DA BATTERI E FOULING BIOLOGICO
 Effetto dei batteri sulla corrosione
 Effetto dei batteri sulla corrosione
 Batteri anaerobici
 Batteri aerobici
 Corrosione da batteri in carburanti contaminati
 Danneggiamenti per corrosione da organismi marini
CORROSIONE DI METALLI INTERRATI
 Effetti galvanici
 Effetto della composizione del suolo
 Reazione dei metalli
 Metodi di protezione
CORROSIONE ATMOSFERICA
 Corrosività relativa delle Atmosfere
 Strati protettivi e passività
 Atmosfere rurali
 Atmosfere industriali
 Atmosfere marine
CORROSIONE DELL'ACCIAIO NEL CALCESTRUZZO
 Corrosione dell'acciaio nel calcestruzzo.
 Principali cause della corrosione degli impianti idrosanitari civili
 Insufficiente drenaggio della suoletta o pigiata in cui sono affondati i tubi
 Assorbimento e ristagno d'umidità della suoletta o pigiata in cui sono affondati i tubi
 Inadatta composizione del calcestruzzo o delle pigiate in cui sono affondati i tubi
 Posa in opera non corretta, con danneggiamento meccanico o termico delle tubazioni
 Insufficiente qualità dell'acciaio, con presenza di difetti affioranti

Caratteristiche chimico fisiche inadatte dell'acqua circolante nelle tubazioni

Correnti vaganti

Correnti parassite o scariche elettriche

Considerazioni finali

AZIONI PREVENTIVE E CORRETTIVE CONTRO LA CORROSIONE

Cambiamento della lega, del trattamento termico o della forma del prodotto

Rivestimenti e lubrificanti

Rivestimenti ricchi di zinco

Rivestimenti metallici

Lubrificanti inerti

Rivestimenti elettrolitici e di conversione

Rivestimenti di conversione chimica

Passivazione

Protezione galvanica

Protezione catodica

Protezione anodica

DIAGNOSI DEI DANNEGGIAMENTI DELLA CORROSIONE

Esami e campionamento in sito

Campionamento

Esami preliminari di laboratorio

Conservazione delle evidenze

Esame visivo e pulitura

Prove non distruttive

Esame microscopico

Analisi chimica dei prodotti di corrosione

Prove di corrosione

Prove di simulazione d'esercizio

Prove elettrochimiche

Prove per azioni correttive

Fattori ambientali

Fattori meccanici

CONCLUSIONI

BIBLIOGRAFIA

Capitolo sesto

DANNEGGIAMENTO

DA TEMPERATURA ELEVATA

INTRODUZIONE

SCORRIMENTO VISCOSO (CREEP)

FATICA AD ELEVATA TEMPERATURA

FATICA TERMICA

INSTABILITÀ METALLURGICA

Transizione frattura duttile – fragile

Ricristallizzazione

Invecchiamento o iper rinvenimento

Infragilimento ad alta temperatura e precipitazione di fasi fragili

Danneggiamento da idrogeno

Fase sigma

Precipitazione o reazioni dei carburi

Sensibilizzazione

Reazioni dei carburi

DANNEGGIAMENTO INDOTTO DALL'AMBIENTE

Corrosione e corrosione-erosione

Ossidazione generalizzata

Carburazione e decarburazione

Contatto con metalli liquidi

METODI DI RAFFREDDAMENTO

ESEMPI DI DANNEGGIAMENTO DI METALLI USATI AD ALTA TEMPERATURA

Caso n° 1: avaria d'un forno di pirolisi (cracking)

Caso n° 2: avaria per infragilimento di tubi di pirolisi

Caso n° 3: avaria per corrosione di serpentine d'un forno di pirolisi

MORFOLOGIA DELLA DECARBURAZIONE NELLA DIAGNOSI DEI DIFETTI METALLURGICI

Decarburazione superficiale

Decarburazione per bollitura

Decarburazione da idrogeno

BIBLIOGRAFIA

Capitolo settimo

DIFETTI DEI PRODOTTI FORMATI

A CALDO (FUCINATI, STAMPATI E

LAMINATI)

INTRODUZIONE

METODI PER PRODURRE FUCINATI, STAMPATI E LAMINATI

COMPORTEMENTO DEL METALLO DURANTE LA FORMATURA A CALDO

DIFETTI DEI PRODOTTI FORMATI A CALDO (FUCINATI, STAMPATI E LAMINATI

DIFETTI DEI LINGOTTI

Gocce fredde

Doppia pelle

Tacconi

Riprese di colata

Lesioni superficiali (cricche o fratture)

Segregazioni

Struttura a bande e tessitura

Coni di ritiro

Soffiature subcorticali

Fiocchi o cricche da idrogeno

Inclusioni non metalliche

DIFETTI DI FUCINATURA E STAMPAGGIO

Scaglia impressa
Ripiegature o doppiature
Solchi e filature
Strappi o lacerazioni superficiali da surriscaldamento
Strappi o lacerazioni interni (bursts)
Insufficiente temperatura di riscaldamento
Insufficiente rapporto di fucinatura
Eccesso di formatura
Variazioni della composizione superficiale
Decarburazione
Carburazione
Solforazione
Inadatta velocità di raffreddamento dopo formatura a caldo

DIFETTI DI FABBRICAZIONE DEI PEZZI FUCINATI, LAMINATI E STAMPATI

Errori di progettazione
Concentrazione di sforzi
Resistenza e sensibilità all'intaglio
Effetto dell'anisotropia
Errata scelta dei materiali
Insufficiente resistenza meccanica
Corrosione e temperatura elevata
Difetti dei materiali
Effetto delle inclusioni non metalliche
Effetti delle segregazioni
Effetti della microstruttura
Difetti di fucinatura e stampaggio
Ripiegature e doppiature
Solchi
Difetti subcorticali
Surriscaldamento e bruciatura
Raffreddamento dopo fucinatura
Cricche tensionali
Fiocchi
Precipitazione di carburi
Difetti delle lavorazioni che seguono la formatura.
Decapaggio
Lavorazioni meccaniche
Trattamenti termici
Saldatura

DANNEGGIAMENTI DOVUTI ALLE CONDIZIONI D'ESERCIZIO

Corrosione
Usura
Fatica da contatto
Cambiamento delle condizioni d'esercizio

BIBLIOGRAFIA

Capitolo Ottavo

DIFETTI DEI GETTI DI GHISA E

D'ACCIAIO

INTRODUZIONE

ERRORI DI COMPOSIZIONE CHIMICA E DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE

DIFETTI TIPICI DELLA FONDERIA

Difetti superficiali

Riprese di colata e saldature (cold shuts, seams)

Lacerazioni e cricche a caldo (hot tear, hot cracks)

Cricche a freddo (cold cracks)

Cavità superficiali contenenti sabbia (pin and sand holes).

Soffiature affioranti (blows, gas holes)

Porosità (porosity)

Punte di spillo (pin holes)

Bolle o vesciche (blisters)

Erosioni (cuts, washes)

Tacconi o sfoglie (erosion scabs)

Falsi Tacconi o scatole (buchle, rattail, pulldown, blacking)

Getto incompleto o mancanze e gocce fredde (misurn, plates, cold shots)

Schiacciamenti o cedimenti della forma o delle anime (crushes, push-up, clamp-off)

Cadute di terra (drops)

Difetti d'aderenza (stiker, rat)

Aspetto grossolano della superficie (rough surface)

Penetrazioni (metal penetration)

Vetrificazione (fusion)

Forzamenti, bave e cedimenti (swells, fins, strains & sags)

Spostamento (shift, core raise)

Fuga di metallo dalle forme (runouts, bleeders)

Discontinuità interne

Porosità da ritiro (shrinkage porosity)

Micro o macro porosità diffusa

Cavità macroscopiche interne

Risucchi

Ricali

Getti incompleti

Soffiature (gas porosities)

Soffiature da gas

Soffiature da vapore (steam bubbles)

Soffiature d'aria (air bubbles)

Inclusioni, impurità, scorie (inclusions, dirt, slags)

RIEPILOGO DEI DIFETTI DI FONDERIA

ALTRE CAUSE D'AVARIA NEI GETTI

Effetto della microstruttura

Reticoli intergranulari

Grafite nelle ghise grigie

Grafite nelle ghise sferoidali e malleabili

Carburazione e decarburazione

Effetto della composizione inadatta

Errori di composizione della colata

Errori di scelta della composizione

Difetti da trattamenti termici

Effetto delle tensioni e della concentrazione di sforzi

Tensioni derivanti dal processo di fonderia

Tensioni derivanti dal trattamento termico

Stampigliature

Avarie dovute alle condizioni d'esercizio

Assemblaggio difettoso

Sovraccarico da stress termico

Corrosione

Corrosione grafitica

CLASSIFICAZIONE DEI DIFETTI DI FONDERIA. IL PROGETTO UNSIDER 1029/XIII e XIV

Criteri del progetto

LA NORMA UNI 8628 (1984)

SCHEDE ASSOFOND DEI DIFETTI

Impostazione delle schede

Contenuto delle schede

Descrizioni nelle schede

Cause possibili

Rimedi

Esempi fotografici

ESEMPI DI DIFETTI DI FONDERIA

Forma non completamente riempita (1.1.1)

Getto malvenuto (1.1.2)

Insufficienza di metallo (1.1.3)

Fuoriuscita di metallo (1.1.4)

Rottura a freddo (1.2.1)

Rottura a caldo (1.2.2)

Getto incompleto per eccessiva granigliatura (1.3.1)

Getto spostato (1.4.1÷1.4.6)

Spostamento di cavità interna (1.5.1÷1.5.9)

Bava sottile di giunto (1.6.1)

Bava sottile non di giunto o cresta (1.6.2)

Sfondamento della forma (1.6.3)

Bava spessa (1.7.1)

Rigonfiamento o forzatura (1.8.1)

Erosione (1.9)

Strisciamento (1.10)

Anomalia Dimensionale (1.11)

Getto deformato (1.12)

Getto difforme (1.13)

Incrinatura (2.1)

Frattura (2.2)

Cricca (2.3)

Ripresa (2.4)

Escrescenza (3.1)

Goccia metallica sporgente (3.2)

Rugosità (3.3)

Pelle d'arancia; buccia d'arancia (3.4)

Pelle d'elefante (3.5)

Vetrificazione (3.6)

Incrostazione (3.7)

Infiltrazione metallica (3.8)

Coda di topo (3.9)

Striatura (3.10)

Cicatrici (3.11)

Venature (3.12)

Ossidazione superficiale (3.13)

Calo superficiale (3.14)

Avvallamento (3.15)

Soffiature (4.1)

Punte di spillo (4.1.1)

Soffiature da inserti metallici o da raffreddatori esterni (4.1.2)

Soffiature da scoria (4.1.3)

Effetto Léonard; soffiature d'angolo (4.1.4)

Soffiature a virgola (4.1.5)

Rifiuti; soffiature superficiali (4.1.6)

Risucchio o Cavità da ritiro (4.2)

Porosità (4.3)

Inclusioni metalliche di origine esterna (5.1)

Goccia fredda (5.2)

Goccia fosforosa (5.3)

Inclusioni non metalliche (5.4)

Inclusioni di scorie (5.4.1)

Inclusione di scoria congenita; schiuma (5.4.2)

Inclusioni di materiali di formatura (5.4.3)

Inclusioni di vernice (5.4.4)

Pellicole di grafite brillante (5.4.5)

Macchie nere non grafitiche (5.4.6)

Inclusione di pellicola di ossido (5.4.7)

Punti duri (5.5)

Zone bianche o trottate (6.1)

Tempra inversa (6.2)

Carburi intercellulari (6.3)

Grafite grossolana (6.4)

Anomalie della grafite sferoidale (6.5)

Galleggiamento o decantazione di sferoidi (6.5.1)

Grafite a pezzi (6.5.2)

Grafite esplosa (6.5.3)

Grafite pseudo lamellare (6.5.4)

Grafite lamellare (6.5.5)
Grafite lamellare intercellulare (6.5.6)
Macchie di grafite primaria (6.6)
Bordo perlitico eccessivo (6.7)
Perlite intercellulare (6.8)
Ferrite intercellulare (6.9)
BIBLIOGRAFIA

Capitolo Nono

DIFETTI DEI GIUNTI SALDATI E

BRASATI

INTRODUZIONE

DIFETTI DI SALDATURA

DISCONTINUITÀ DELLE SALDATURE E LORO CLASSIFICAZIONE

DIFETTI DELLE SALDATURE ALL'ARCO ELETTRICO

POROSITÀ NELLE SALDATURE ALL'ARCO ELETTRICO

Cause delle porosità delle saldature

Effetti delle porosità di saldature

Inclusioni nelle saldature all'arco elettrico

Inclusioni non metalliche endogene

Inclusioni di scoria

Effetto delle inclusioni di scoria

Inclusioni metalliche

Inclusioni di tungsteno

Inclusioni di rame

Inclusioni di altri metalli

Esempio di fratture di fatica di saldature in cilindri per piedi stabilizzatori per veicoli industriali, dovute alla presenza di inclusioni

CRICCHE NELLE SALDATURE ALL'ARCO ELETTRICO

Caratteristiche zona fusa (ZF) delle saldature all'arco

Solidificazione della zona fusa

Cricche a caldo in zona fusa

Fattori che influenzano la criccabilità a caldo

Apporto termico specifico

Forma del cordone

Distanza fra i lembi

Grado di vincolo del giunto

Composizione chimica della zona fusa.

Caratteristiche della zona termicamente alterata (ZTA) delle saldature all'arco

Metalli senza trasformazione allotropica

Metalli con trasformazione allotropica

Zona termicamente alterata sotto cordone e Liquazione

Cricche nella zona termicamente alterata

Cricche longitudinali

Cricche trasversali

Proprietà e influenza dell'idrogeno nei giunti saldati

Effetti dell'idrogeno in zona fusa

Fiocchi

Microcricche da idrogeno

Effetti dell'idrogeno nella zona termicamente alterata

Cricche a freddo in zona fusa indotte da idrogeno

Precauzioni per evitare la formazione di cricche a freddo

STRAPPI LAMELLARI

Influenza del procedimento di saldatura sugli strappi lamellari

Caratteristiche del metallo base sugli strappi lamellari

Esempio di danneggiamento durante la fabbricazione di un'armatura, dovuto a strappi lamellari.

DISCONTINUITÀ GEOMETRICHE NELLE SALDATURE ALL'ARCO

Sovrapposizioni o protrusioni

Insufficiente riempimento

Insufficiente penetrazione

Esempio di frattura della saldatura di una flangia al tubo di un collettore, per insufficiente penetrazione

Fusione incompleta e incollatura

Cause della fusione incompleta e delle incollature

Effetti dell'insufficiente penetrazione, insufficiente fusione e incollatura

Eccessivo sovrametallo

Cordone d'angolo troppo convesso

Incisioni marginali

Esempio di una frattura di fatica di un albero di giostra per divertimento, dovuta a un'incisione marginale della saldatura.

Esempio di danneggiamento da fatica di un tubo di caldaia, per un'incisione marginale di un giunto saldato.

Sfondamento

DIFETTI ESTERNI O DI PROFILO

Irregolarità superficiale e del bordo del cordone di saldatura

Slivellamento dei lembi

Spruzzi e sputi

Colpi d'arco

DIFETTI DI SPECIFICI METODI DI SALDATURA ALL'ARCO

Saldatura all'arco con elettrodi rivestiti (SMAW, Shielded Metal Arc Welding)

Saldatura all'arco con filo animato (FCAW, Flux-Cored Arc Welding).

Saldatura all'arco con filo continuo protetta da gas (GMAW, Gas Metal Arc Welding).

Saldatura ad arco sommerso (SAW, Submerged Arc Welding).

Saldatura ad elettrodo non consumabile di tungsteno protetta con gas (GTAW, GAS TUNGSTEN ARC WELDING).

Saldatura al plasma (PAW Plasma Arc Welding)

ALTRI PROCESSI DI SALDATURA

DIFETTI DELLE SALDATURE SOTTO ELETTROSCORIA (ESW, ELECTROSLAG WELDING)

Inclusioni nelle saldature ESW

Porosità nelle saldature ESW

Scadenti contorni della saldatura ESW

Eccessiva grossezza del grano della saldatura ESW

DIFETTI DELLE SALDATURE SOTTO ELETTROGAS (EGW, ELECTROGAS WELDING)

DIFETTI NELLE SALDATURE A RESISTENZA

Inclusioni nelle saldature a resistenza

Porosità nelle saldature a resistenza

Insufficiente penetrazione nelle saldature a resistenza

Cricche nelle saldature a resistenza

DIFETTI NELLE SALDATURE A SCINTILLIO

Inclusioni nelle saldature a scintillio

Porosità nelle saldature a scintillio

Fusione incompleta nelle saldature a scintillio

Scadenti contorni della saldatura a scintillio

Cricche a caldo nelle saldature a scintillio

Cricche a freddo nelle saldature a scintillio

DIFETTI DI SALDATURE A RESISTENZA TESTA A TESTA

DIFETTI NELLE SALDATURE A FRIZIONE O AD ATTRITO

Difetti centrali nelle saldature a frizione

Cricche da ritiro nelle saldature a frizione

Carburi all'interfaccia nelle saldature a frizione

Insufficiente rifinitura delle saldature a frizione

Cricche per fragilità a caldo nelle saldature a frizione

Intrappolamento di ossidi nelle saldature a frizione

Porosità nelle saldature a frizione

DIFETTI NELLE SALDATURE A FASCIO ELETTRONICO

Inclusioni nelle saldature a fascio elettronico

Porosità nelle saldature a fascio elettronico

Fusione incompleta e insufficiente penetrazione nelle saldature a fascio elettronico

Scadenti contorni della saldatura a fascio elettronico

Cricche a caldo nelle saldature a fascio elettronico

Esplosioni nelle saldature a fascio elettronico

DIFETTI IN SALDATURE LASER

Inclusioni nelle saldature laser

Porosità nelle saldature laser

Insufficiente penetrazione nelle saldature laser

Scadente forma della saldatura laser

Cricche nel metallo base di saldature laser

DIFETTI IN SALDATURE A INDUZIONE AD ALTA FREQUENZA

PROGETTAZIONE DEI GIUNTI SALSDATI

EFFETTO DELLA PROGETTAZIONE DEL GIUNTO SULLA RESISTENZA A FATICA

Esempio di frattura di fatica in un insieme idraulico d'acciaio inossidabile con giunto saldato in una regione di alta sollecitazione.

Esempio di frattura a fatica della camera di combustione interna di una turbina a gas per la presenza di un'incollatura e di incisioni marginali.

Esempio di frattura a fatica del collettore di un surriscaldatore, dovuta a un intaglio di saldatura.

Esempio di danneggiamento a fatica del giunto tra tubo di drenaggio e collettore per scadente tecnica di saldatura e sfavorevole progettazione del giunto saldato.

ALTRI DIFETTI CORRELATI ALLA PROGETTAZIONE DEL GIUNTO

Esempio di frattura di una saldatura che congiungeva la testa al corpo della caldaia di un preriscaldatore di vapore, per scadente penetrazione alla radice.

Esempio di frattura di una tubazione d'acciaio al carbonio in una torre di raffreddamento.

Esempio di danneggiamento delle saldature in un acquedotto, per scadente tecnica di saldatura.

ANALISI DEI DIFETTI RILEVATI IN ESERCIZIO PROCEDURE PER GLI ESAMI PRELIMINARI E FINALI

Prove non distruttive.

Sezioni metallografiche e frattografia

Analisi delle informazioni

IDONEITÀ ALL'USO

FRATTURA FRAGILE

Esempio di frattura fragile a bassa temperatura di un carro cisterna d'acciaio, dovuta a imperfezioni della saldatura.

DIFETTI DEI GIUNTI BRASATI

INCLUSIONI NEI GIUNTI BRASATI

POROSITÀ NEI GIUNTI BRASATI

BRASATURA INCOMPLETA

ECESSIVA ALLIGAZIONE NEI GIUNTI BRASATI

CORROSIONE ALL'INTERFACCIA NEI GIUNTI BRASATI

CRICCHE NEI GIUNTI BRASATI

SCOLORIMENTO NEI GIUNTI BRASATI

DISTORSIONI NEI GIUNTI BRASATI

ISPEZIONE DEI GIUNTI BRASATI

ESEMPI DI DIFETTI DI BRASATURA

Esempio di frattura di un giunto brasato d'acciaio inossidabile AISI 321 di un insieme per raffreddamento di radar, per inadeguato legame dovuto ad insufficiente pulizia.

Esempio di tensocorrosione di un giunto brasato di una tubazione a pressione d'acciaio inossidabile AISI 321

Esempio di frattura di un giunto brasato nel contenitore di un trasduttore di pressione d'acciaio inossidabile AISI 347, innescata presso dei vuoti della brasatura.

Esempio di una frattura di fatica di un collettore spray di Waspaloy per infragilimento da metallo liquido.

Esempio di danneggiamento di una conduttura principale d'acqua potabile per dezincificazione e rottura di un giunto saldobrasato

BIBLIOGRAFIA

Capitolo decimo

DIFETTI DEGLI UTENSILI

INTRODUZIONE

PRINCIPALI CAUSE DEI DIFETTI DEGLI UTENSILI

COMPOSIZIONE DEGLI ACCIAI DA UTENSILI

CONSIDERATI

PROCEDURA PER LA DIAGNOSI DEI DIFETTI DEGLI UTENSILI

DIFETTI DOVUTI ALLA PROGETTAZIONE

ERRORI DI PROGETTO CHE FAVORISCONO LE ROTTURE IN TEMPRA

Influenza della scelta dell'acciaio

Influenza degli angoli vivi e di insufficienti raccordi

Influenza dei drastici cambiamenti di sezione

ERRORI DI PROGETTO CHE FAVORISCONO I DANNEGGIAMENTI IN SERVIZIO

Influenza di angoli vivi negli spacchi di chiavetta

Influenza delle rastremazioni e delle conicità

Influenza dei giochi

Influenza del sovraccarico

Influenza dei fori

Influenza del calettamento

Influenza delle grandi dimensioni

DIFETTI DELL'ACCIAIO

Vuoti

Filature

Strappi

Fiocchi

Cricche

Influenza della distribuzione dei carburi

DIFETTI DEGLI UTENSILI DOVUTI ALLA FABBRICAZIONE

Difetti dovuti a lavorazioni meccaniche con asportazione di truciolo

Non rispetto dei dettagli a disegno

Lavorazioni grossolane compresa la punzonatura

Incompleta o parziale rimozione degli strati superficiali decarburati o dei sovrametalli di prodotti grezzi

Difetti dovuti alla formatura a freddo

Difetti dovuti all'elettroerosione

DIFETTI DOVUTI AI TRATTAMENTI TERMICI

TRATTAMENTI TERMICI FONDAMENTALI DEGLI UTENSILI

Ricottura di distensione

Preriscaldamento

Riscaldamento d'austenitizzazione

Tempra

Rinvenimento

Doppio rinvenimento

Rinvenimento degli stampi d'acciai da utensili

Considerazioni finali

DANNEGGIAMENTI DA TRATTAMENTI TERMICI

Impropria procedura di tempra

Surriscaldamento

Effetto di una temperatura di tempra troppo bassa

Fratture da scortecciatura

Cricche di tempra negli acciai da utensili al carbonio

Rotture in tempra di acciai temprabili in aria

Cricche a unghia

Danneggiamento da prematuro rinvenimento

Tempra di utensili con fori

Tempra di utensili di grandi dimensioni

Rinvenimento multiplo

Trattamento sotto zero

Tempra ripetuta degli utensili

Ingrossamento del grano alla ritempra degli acciai rapidi

Errata ricottura

Decarburazione

Carburazione

Insufficiente indurimento

Variazioni volumetriche e distorsioni

Nitrurazione

DANNEGGIAMENTI DOVUTI ALLA RETTIFICA

Colorazione e autorinvenimento

Bruciatura di rettifica

Attacco nitrico cloridrico

Attacco al cloruro ferrico

Tensioni interne superficiali

Microcricche di rettifica

Recupero di utensili con microcricche di rettifica

Cricche di rettifica

Criccabilità degli acciai da utensili

Cricche di rettifica nel taglio con troncatori abrasivi

Effetto della finitura superficiale

DANNEGGIAMENTO MECCANICO E DA USO IMPROPRIO DEGLI UTENSILI

ALCUNE CAUSE MECCANICHE DI DANNEGGIAMENTO

Sovraccarico

Danneggiamento di utensili per sovraccarico e usura da magnetismo residuo

Concentrazione di sforzi

Giochi e allineamenti scorretti

Fratture di fatica

Fatica termica

RIPARAZIONI DI UTENSILI TRAMITE SALDATURA

DANNEGGIAMENTO DI UTENSILI D'ACCIAIO PER LAVORAZIONI A CALDO

PRINCIPALI CAUSE DELLE AVARIE DEGLI UTENSILI D'ACCIAIO PER LAVORAZIONI A CALDO

CARATTERISTICHE DEGLI STAMPI PER PRESSOCOLATA. PROGETTAZIONE, FABBRICAZIONE, USO E MANUTENZIONE

PROGETTAZIONE DEL PRODOTTO E LAVORO TERMICO DELLO STAMPO

PROGETTAZIONE DELLO STAMPO

Scelta dell'acciaio

Proprietà degli acciai per stamperie da pressocolata

Composizione chimica

Resistenza meccanica ad alta temperatura

Resistenza allo shock termico

Resistenza alla fatica termica

Resistenza all'usura

Stabilità dimensionale al trattamento termico

Variazioni volumetriche o dimensionali

Distorsioni o variazioni di forma

Lavorabilità

Ciclo di lavorazione dello stampo

Trattamenti termici degli stamperie da pressocolata

Trattamenti termici e rivestimenti superficiali

USO E MANUTENZIONE DELLO STAMPO DA PRESSOCOLATA

Lubrificazione delle cavità degli stamperie da pressocolata

CAUSE DELLE AVARIE DEGLI UTENSILI D'ACCIAIO PER LAVORAZIONI DI FORMATURA A CALDO

Indice di severità di stampaggio e rotture

Ripristino e saldatura

DIFETTI DEI CILINDRI DI LAMINAZIONE

DIFETTI DI UTENSILI DA TAGLIO

Materiali per utensili da taglio

Difetti generati dalle condizioni di lavoro negli utensili da taglio

Difetti dovuti a cause metallurgiche negli utensili da taglio

Difetti di rettifica e d'affilatura negli utensili da taglio

BIBLIOGRAFIA

Capitolo undicesimo

DIFETTI DEGLI ALBERI E DEI

CUSCINETTI

DANNEGGIAMENTO DEGLI AL

BERI DI TRASMISSIONE

INTRODUZIONE

PROCEDURA GENERALE PER LA DIAGNOSI DEI DIFETTI DEGLI ALBERI

Esame del progetto

Esame delle condizioni generali d'esercizio

Esami e controlli sul pezzo

Esame delle condizioni specifiche d'esercizio

Esame visivo

Prove non distruttive iniziali

Esame macroscopico e macrofrattografico

Esame micrografici

Esame in microscopia elettronica a scansione (SEM)

Analisi chimica e prove meccaniche

Rilievi dimensionali

Analisi critica dei dati

Simulazioni e prove su prototipo

TIPI DI SOLLECITAZIONI DEGLI ALBERI

FRATTURE DI FATICA DEGLI ALBERI

Effetti dell'intensificazione degli sforzi e dello sforzo applicato

Fratture per trazione alternata o pulsante

Fratture per flessione unidirezionale e bidirezionale

Fratture per torsione e flessione e per torsione alternata

Caratteristiche delle fratture di fatica

DANNEGGIAMENTO DA USURA E FATICA DA CONTATTO

Usura abrasiva

Usura adesiva

Fatica da contatto

FRATTURE DUTTILI E FRAGILI E DEFORMAZIONI IN ESERCIZIO

Fratture duttili

Fratture fragili

Deformazioni permanenti

Scorrimento viscoso (creep)

Carichi di punta

DANNEGGIAMENTO DA CORROSIONE

Tensocorrosione

Corrosione fatica

FATTORI D'INTENSIFICAZIONE DI SFORZI

FATTORI METALLURGICI O DI FABBRICAZIONE CHE FAVORISCONO IL DANNEGGIAMENTO DEGLI ALBERI

Fattori metallurgici

Microstruttura

Grossezza del grano

Grado inclusionale

Caratteristiche meccaniche

Tensioni residue

ROTTURE DOVUTE A ERRORI DI TRATTAMENTI SUPERFICIALI

ROTTURE DOVUTE ALLA RIPARAZIONE CON SALDATURA

ESEMPI DI VARI DANNEGGIAMENTI DI ALBERI
Caso di frattura per flessione unidirezionale
Caso di rottura per usura
Caso di rottura di fatica di un albero con spacchi di chievetta
Caso di rottura di alberi a gomito per macchina tessile
Caso di frattura di fatica innescata da un numero elettroinciso
Caso di una frattura di fatica di un mandrino d'acciaio da utensili
Caso di rottura dell'albero di una ventola
Caso di frattura di un fucinato d'acciaio per inclusioni non metalliche
Caso di rottura di alberi per una ripiegatura di laminazione
Caso di rottura di un albero a gomito
DANNEGGIAMENTO DI CUSCINETTI RADENTI E VOLVENTI
GENERALITÀ E CLASSIFICAZIONE DEI CUSCINETTI RADENTI
Materiali per cuscinetti radenti
Polimeri
Metalli bianchi antifrizione o leghe Babbit.
Leghe rame-piombo
Bronzo
Leghe d'alluminio
LUBRIFICAZIONE A FILM FLUIDO
Carico sopportabile, rugosità superficiale, contaminazioni ed incisioni
Lubrificanti
Particelle inquinanti
PROCEDURA PER LA DIAGNOSI DI DIFETTO SPECIFICHE DEI CUSCINETTI.
DANNEGGIAMENTO DEI CUSCINETTI RADENTI.
Usura
Fatica
Fenomeni elettrostatici
Fretting
Corrosione e corrosione-fatica
Cavitazione
ESEMPI DI DANNEGGIAMENTO DI CUSCINETTI RADENTI.
Caso di danneggiamento per corrosione-fatica in ambiente marino
Caso di danneggiamento di fatica da contatto di un cuscinetto bimetallico
DANNEGGIAMENTO DEI CUSCINETTI VOLVENTI
INTRODUZIONE
Materiali per cuscinetti volventi
TIPI DI ROTTURE DEI CUSCINETTI VOLVENTI
Usura
Fretting
Corrosione
Deformazione plastica

Fatica a contatto
Fratture per danneggiamento
Difetti di fabbricazione, di progetto e di montaggio
ALCUNI ESEMPI DI DANNEGGIAMENTO DI CUSCINETTI VOLVENTI
Caso di danneggiamento per scariche elettrostatiche.
Caso di danneggiamento da fretting
Caso di danneggiamento per fatica superficiale
Caso di rottura di fatica superficiale di un cuscinetto per uso aeronautico
Caso di rottura per disallineamento di un cuscinetto di un motore a turbina
Rottura di un cuscinetto per errore di trattamento termico
BIBLIOGRAFIA

Capitolo dodicesimo

DIFETTI DEGLI INGRANAGGI

GENERALITÀ
TERMINOLOGIA
RIEPILOGO DELLE PRINCIPALI DEFINIZIONI GEOMETRICHE DELLE RUOTE DENTATE
TIPI DI INGRANAGGI
MATERIALI PER INGRANAGGI.
SOLLECITAZIONI DEGLI INGRANAGGI.
CONTATTO DEI DENTI DEGLI INGRANAGGI
FORZE APPLICATE.
SPESSORE DEL FILM LUBRIFICANTE
PRINCIPALI CAUSE DEL DANNEGGIAMENTO DEGLI INGRANAGGI
CLASSIFICAZIONE DEI TIPI DI DANNEGGIAMENTO DEGLI INGRANAGGI
Usura
Usura normale
Usura moderata
Usura distruttiva
Bruciatura (Burning)
Usura abrasiva
Usura adesiva
Scoring
Scuffing
Galling
Seizing
Usura da interferenza
Usura corrosiva.
Usura da fatica superficiale
Meccanismi della fatica superficiale
Pitting
Spalling
Usura per sfaldatura (flaking)

Deformazione plastica
Rullatura e pallinatura
Ondulazioni o increspatura (rippling)
Striatura o increstatura (ridging)
Sfondamento dello strato indurito
Deformazione plastica e pitting
Deformazione plastica e cricche
Frattura
Fratture di fatica
Fratture di fatica da flessione
Fratture di fatica per intensificazione di sforzi
Fratture di fatica da contatto
Fatica termica
Fratture da usura severa o corrosione
Fratture da sovraccarico
Sovraccarico per urto
Impatto a flessione del dente
Taglio del dente
Scheggiatura del dente
ALTRE CAUSE DI DANNEGGIAMENTO
DIFETTI SUPERFICIALI
ERRORI DI PROGETTO
ERRORI DI FABBRICAZIONE
Errori di trattamento termico
Cricche di tempratura
Cricche di rettifica
POSIZIONE DELLE FRATTURE DEI DENTI
BIBLIOGRAFIA

Capitolo tredicesimo

DIFETTI DEI SISTEMI MECCANICI

DI FISSAGGIO

INTRODUZIONE
TIPI DI DISPOSITIVI MECCANICI DI GIUNZIONE
SPECIFICHE TECNICHE
CAUSE E POSIZIONI DEI DANNEGGIAMENTI
PRINCIPALI CAUSE DEI DANNEGGIAMENTI
POSIZIONI DEI DANNEGGIAMENTI
SOLLECITAZIONI DEI DISPOSITIVI MECCANICI DI GIUNZIONE
Sollecitazioni di viti e dadi
Dimensionamento dei giunti meccanici con bulloni o viti
Verifica della resistenza di un bullone o di una vite
Esempio di calcolo
Comportamento di un bullone, o di una vite, alle sollecitazioni
DANNEGGIAMENTO PER FATICA DEI DISPOSITIVI FILETTATI

DANNEGGIAMENTO DA FATICA PER CONCENTRAZIONE DI SFORZI
DANNEGGIAMENTO DA FATICA PER INSUFFICIENTE RESISTENZA DEL MATERIALE
DANNEGGIAMENTO DA FRETTHING
DANNEGGIAMENTO DA CORROSIONE
AERAZIONE DIFFERENZIALE O CORROSIONE DA FESSURA (CREVICE CORROSION)
CORROSIONE GALVANICA (GALVANIC CORROSION)
TENSOCORROSIONE (STRESS CORROSION CRACKING)
Effetto delle sollecitazioni di compressione
Effetto delle impurezze
PROTEZIONE CONTRO LA CORROSIONE
Zincatura
Cadmatura
Rivestimento con alluminio
INFRAGILIMENTO DA IDROGENO
DANNEGGIAMENTO AD ALTA TEMPERATURA DEI DISPOSITIVI DI SERRAGGIO FILETTATI
DANNEGGIAMENTO DEI RIVETTI
DANNEGGIAMENTO PER TAGLIO DEL GAMBO
DANNEGGIAMENTO DELLA SUPERFICIE DI CONTATTO
DANNEGGIAMENTO DA TENSOCORROSIONE
DISPOSITIVI DI SERRAGGIO CIECHI
DISPOSITIVI DI SERRAGGIO A SPINA
DISPOSITIVI DI SERRAGGIO A SPINA SEMIPERMANENTI
DISPOSITIVI A SGANCIO RAPIDO
BIBLIOGRAFIA

Capitolo quattordicesimo

DIFETTI DELLE CALDAIE E

SCAMBIATORI DI CALORE

GENERALITÀ
DANNEGGIAMENTI DI CALDAIE E LORO ACCESSORI
DANNEGGIAMENTO DOVUTO ALL'IMPIEGO DI MATERIALI DIFETTOSI
ROTTURE DA SURRISCALDAMENTO
Rotture da surriscaldamento con bordi spessi
Rotture da surriscaldamento con bordi sottili.
Effetto dei depositi
Cause del surriscaldamento
ROTTURE CAUSATE DA INFRAGILIMENTO
Danneggiamento da idrogeno
Effetti dell'infragilimento da idrogeno dell'acciaio
Grafittizzazione

FRATTURE DA CORROSIONE O DA INCROSTAZIONI

Corrosione sul lato acqua
Corrosione delle superfici esposte al vapore
Tuberculazione
Corrosione di condensatori, dei circuiti d'alimentazione e dei riscaldatori d'acqua
Corrosione dal lato fumi
Corrosione da ceneri da combustibili solidi
Corrosione da ceneri di oli combustibili.
Corrosione a bassa temperatura
DANNEGGIAMENTO PER FATICA
Danneggiamento per fatica oligociclica
Fatica termica
Corrosione - fatica
DANNEGGIAMENTO PER USURA
Rotture dovute all'erosione
Erosione abrasiva
Erosione da liquido (urto di gocce liquide)
Erosione per cavitazione
DANNEGGIAMENTO DA TENSOCORROSIONE
DANNEGGIAMENTO DOVUTO A PIÙ CAUSE
DANNEGGIAMENTO DEGLI SCAMBIATORI DI CALORE
CARATTERISTICHE RICHIESTE
Resistenza alla corrosione
CAUSE DI DANNEGGIAMENTO DEGLI SCAMBIATORI DI CALORE
Tecniche di costruzione secondarie (finiture).
Effetti delle tecniche d'ispezione
Spedizione via mare e imballaggio
Danneggiamento per corrosione
Corrosione da fessura (cervice corrosion)
Dealligazione
Erosione - corrosione (impingement attack)
Danneggiamento da tensocorrosione
Danneggiamento per corrosione-fatica.
Aspetto della frattura di fatica corrosione
Tensioni termiche e meccaniche
Effetti delle saldature
Preparazione della giunzione
Progetto della saldatura
Microstruttura delle saldature
Effetti della temperatura elevata
BIBLIOGRAFIA

Capitolo quindicesimo

DIFETTI DEI RECIPIENTI

A PRESSIONE

INTRODUZIONE

PROCEDURE PER LA DIAGNOSI DI DIFETTO

PRINCIPALI CAUSE DI DANNEGGIAMENTO DEI RECIPIENTI, TUBAZIONI E ATTREZZATURE IN PRESSIONE

ERRORI DI PROGETTAZIONE

Scelta o uso di leghe inadatte

Effetto dei concentratori di sforzi

ERRORI DI FABBRICAZIONE

Difetti di saldatura

Assemblaggio di recipienti a pressione poli metallici

Errori od omissioni dei trattamenti termici

Effetti del surriscaldamento

DIFETTI O DISCONTINUITÀ METALLURGICHE DEI MATERIALI

FENOMENI DEGENERATIVI IN ESERCIZIO

Corrosione

Erosione

Tensocorrosione (SCC - Stress Corrosion Cracking)

Effetto dei solidi disciolti

Danneggiamenti degli impianti di degasaggio dell'acqua d'alimentazione

Fragilità caustica

Tensocorrosione da cloruri caldi

Protezione durante i periodi di fermata

Danneggiamento da idrogeno

Danneggiamento da idrogeno in ambiente d'acido solfidrico umido

Danneggiamento in acido solfidrico umido

Meccanismi di frattura

Danneggiamento per sovraccarico

Fratture duttili

Fratture fragili

Danneggiamento per scorrimento viscoso (creep)

Danneggiamento per fatica

Fatica termica

DANNEGGIAMENTO DOVUTO A PIÙ CAUSE CONCOMITANTI