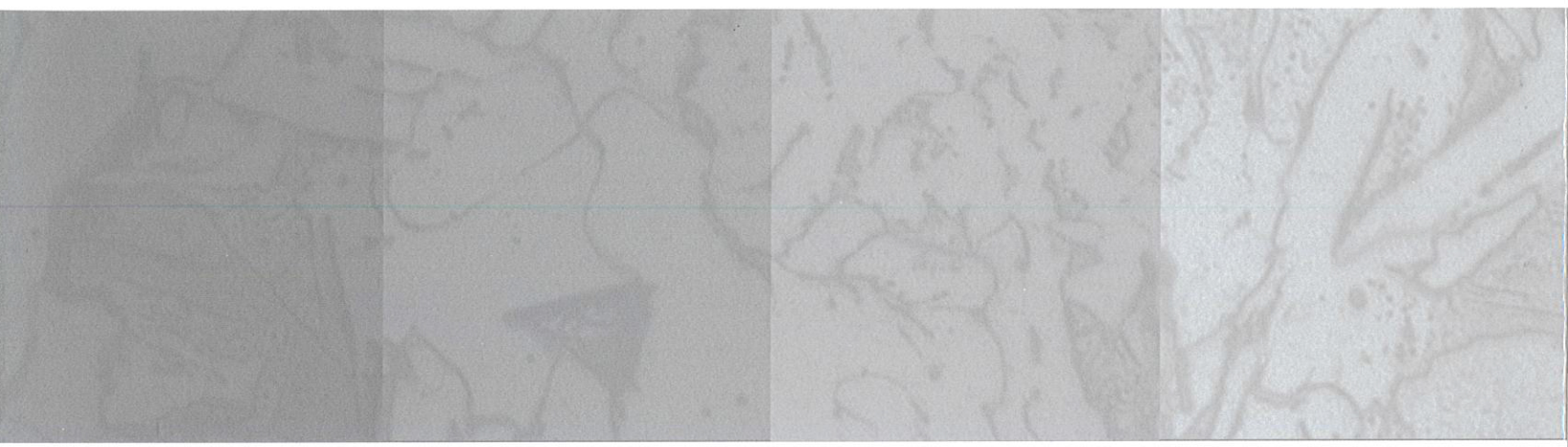
# I CRITERI DI SCELTA E DI TRATTAMENTO DEGLI ACCIAI DA COSTRUZIONE E DA UTENSILI



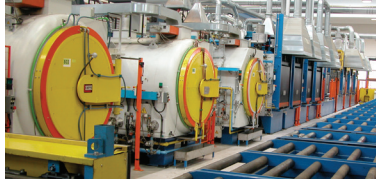
## VOLUME QUINTO: Parte prima.

## Metallografia

*di Cibaldi dr. Cesare*

## Introduzione alla metallografia
## Esame visivo
## Macrografia

AQM
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***

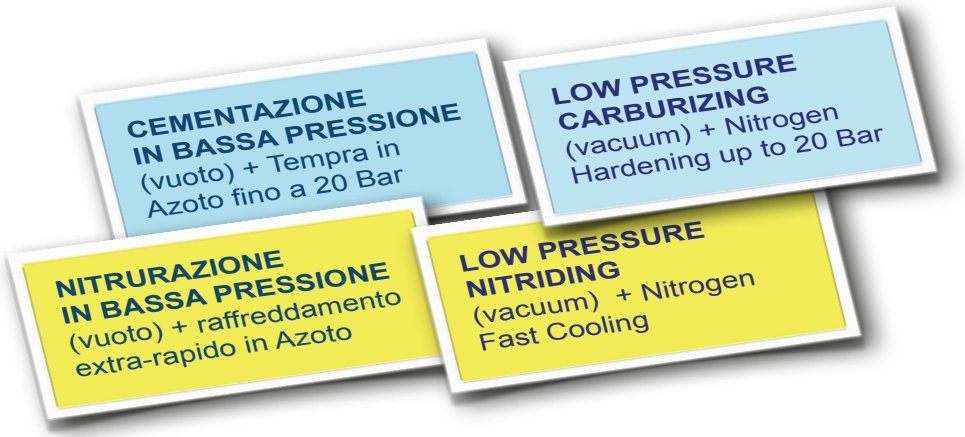
**Linee automatiche**
Tutti i trattamenti termici sono gestiti con linee automatiche.

***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**

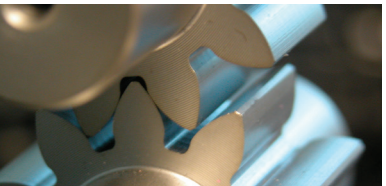
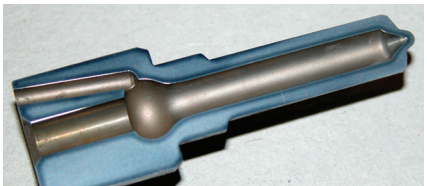




***Tutti i nostri trattamenti possono essere eseguiti in atmosfera o in vuoto***

**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**
**Microsabbiatura e Shotpeening**
**Tribofinitura**
**Analisi di laboratorio**
*esami micro e macro, cuciture, relazioni tecniche, ecc.*
**Rivestimenti PVD, CVD, PACVD**
*Tin, TiAlN, TCN, WC/C, DLC, CrN, ecc.*

***All of our treatments can be processed in atmosphere or vacuum***

**Carburizing**
*atmosphere or low pressure (vacuum) + Nitrogen Hardening up to 20 Bar*
**Carbonitriding**
*atmosphere 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 Nitrocarburizing**
*like tenifer, nitemper, etc.*
**Ferritic Nitrocarburizing + 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, TCN, WC/C, DLC, CrN, etc.*

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

**VOLUME 5°: METALLOGRAFIA**

## *Capitolo primo*
## INTRODUZIONE ALLA METALLOGRAFIA (**5**, 1)


PREMESSA (**5**, 1)
ESAME VISIVO
- TECNICHE D'ESAME VISIVO
  - Esame ad occhio nudo
  - Esame con ingrandimento
  - Schizzi ed immedesimazione
- PARTICOLARITÀ DA OSSERVARE
  - Marcature d'identificazione
  - Uso non corretto dei prodotti
  - Effetti del riscaldamento
  - Prodotti di corrosione
  - Cricche
- MISURAZIONI
- RISULTATI E CONSERVAZIONE DELLE REGISTRAZIONI
- ATTREZZATURE PER L'ESAME VISIVO
  - Strumenti d'ingrandimento
    - Ingrandimento
    - Distanza focale
    - Tipi di lenti
    - Aberrazioni delle lenti
      - Distorsione
      - Aberrazione sferica
      - Aberrazione cromatica
      - Aberrazione cromatica
      - Correzione delle aberrazioni
    - Limiti dei sistemi d'ingrandimento
    - Ingranditori semplici
      - Lenti d'ingrandimento da tenere in mano
      - Microscopi tascabili
      - Ingranditori con sostegno
      - Sistemi d'ingrandimento da agganciare alla testa o agli occhiali
      - Sistemi d'ingrandimento con sorgente luminosa incorporata
  - Illuminazione
    - Strumenti d'illuminazione generale
    - Strumenti d'illuminazione specifica
- STRUMENTI DI MISURAZIONE
  - Strumenti di misura della lunghezza
  - Reticoli
  - Calibri e micrometri
  - Comparatori ottici
  - Altri strumenti di misurazione
- STRUMENTI DI REGISTRAZIONE DEI RISULTATI
  - Registratori
  - Fotografia
    - Illuminazione per la fotografia
  - Cinepresa
  - Videoregistrazioni
- ALTRE ATTREZZATURE PRE L'ESAME VISIVO
  - Stereomicroscopio
  - Specchi
  - Endoscopi
  - Campioni di riferimento per la finitura superficiale
- OSSERVAZIONE DELLE MATERIE PRIME E DEI PRODOTTI SEMILAVORATI
  - Definizioni
  - Materiali formati a caldo
    - Lingotti
    - Blumi, slebi e billette
    - Barre mercantili
    - Laminati piani
    - Prodotti strutturali
    - Nastri laminati a caldo
    - Fili
    - Prodotti tubulari
  - Difetti rilevabili all'esame visivo delle materie prime
    - Difetti dei lingotti
      - Lacerazioni o cricche
      - Sfoglie
      - Coni di ritiro
      - Soffiature
    - Difetti nei blumi, slebi e billette
      - Cricche
      - Sfoglie
      - Paglie e filature
      - Bruciatura
      - Inclusioni di materiali estranei durante la laminazione
      - Ripiegature
      - Altri difetti
    - Difetti rilevabili all'esame visivo dei prodotti piani
      - Bolle o rigonfiamenti
      - Delaminazione o doppiatura
      - Scaglia
      - Macchie dure

- Difetti rilevabili all'esame visivo dei prodotti strutturali
- Difetti rilevabili all'esame visivo delle barre mercantili
  - Bave e righe di laminazione
  - Solchi di laminazione o mancanza di materiale
  - Sovrapposizioni
  - Ripiegature
  - Paglie e filature
  - Crettature e ammaccature di laminazione
  - Graffi o scalfitture
  - Scaglia impressa
  - Rigonfiamento o gobba
  - Curvatura o inarcamento e serpeggiamento
  - Torsione
  - Bruciatura
  - Gola o ansa
  - Porosità centrale
  - Distorsioni di cesoiatura
- Identificazione dei prodotti laminati
- Difetti dei fili
- Difetti dei prodotti tubolari
  - Tubi saldati
  - Tubi senza saldatura
- Difetti dei prodotti fucinati
- Difetti dei getti
  - Porosità e bolle
  - Cavità da ritiro e risucchi
  - Strappi e cricche a caldo e a freddo
  - Difetti superficiali generati da contaminazione
  - Getti incompleti
  - Getti deformi o malformati
  - Svergolamenti o distorsioni
  - Spostamenti
  - Erosioni
  - Forzamenti
  - Bave
  - Cedimenti
  - Cadute di terra
  - Altri difetti superficiali
  - Marcature

ESAME VISIVO DEI PRODOTTI SALDATI

- Saldatura
  - Saldatura all'arco
  - Esame visivo prima della saldatura
  - Esame visivo durante e dopo la saldatura
  - Difetti di saldatura
    - Fusione incompleta
    - Incompleta penetrazione
    - Incisioni marginali
    - Inclusioni di scoria
    - Porosità
    - Cricche
    - Colpi d'arco, solcature d'arco e spruzzi di saldatura
    - Eccessiva penetrazione
    - Eccessiva durezza della zona termicamente alterata
    - Inclusioni di materiali estranei nel cordone di saldatura
    - Distorsioni
  - Saldatura a resistenza elettrica
  - Difetti delle saldature a resistenza
    - Coniature
    - Saldatura deforme
    - Fusione superficiale e/o depositi dell'elettrodo
    - Cricche e porosità
  - Saldature a scintillio e compressione
  - Difetti delle saldature a scintillio e compressione
    - Disallineamento
    - Fusione incompleta
    - Bruciature da morsetti
    - Ossidi inglobati
    - Crateri e porosità
    - Cricche
    - Difetti diversi
- Brasatura
  - Brasatura forte
  - Brasatura dolce
    - Giunto brasato freddo
    - Giunto con flusso (resina) intrappolato
    - Giunto danneggiato
    - Giunto con eccesso o difetto di metallo brasante

ESAME VISIVO DEI PRODOTTI
Giustificazione dell'ispezione
LE SPECIFICHE
QUANDO ESEGUIRE I CONTROLLI
Controllo presso il fornitore
Controllo in ingresso
Controllo durante il processo
Controllo dei prodotti finiti
Controllo in campo
DIAGNOSI DEI DIFETTI
Informazioni di base
Prelievo e preparazione dei campioni
Esame in sito
Come procedere nella diagnosi di difetto
Esame della frattura in sito
Misurazioni, schizzi e note
Selezione dei campioni
Esame macrofrattografico
Esame microfrattografico
Caratteristiche microscopiche delle fratture duttili
Caratteristiche microscopiche delle fratture fragili
Corrosione
Fatica
Altre cause della frattura fragile
Esame frattografico
MACROGRAFIA
VISUALIZZAZIONE E VALUTAZIONE DI MACROSTRUTTURE TRAMITE ATTACCO
Attacco macrografico con soluzioni acide
Reattivi d'attacco contenenti rame
Reagenti macrografici che evidenziano le deformazioni
Accettabilità dei risultati dell'attacco macrografico
Classificazione delle caratteristiche macrografiche
Caratteristiche macroscopiche nei getti
Caratteristiche macroscopiche nei prodotti formati a caldo
Caratteristiche macroscopiche dei prodotti da colata continua
Caratteristiche macroscopiche di acciai rifusi sotto elettroscoria (ESR)
APPLICAZIONI DELL'ATTACCO MACROGRAFICO
Strutture di solidificazione
Macrostruttura di billette e blumi
Macrostruttura dell'acciaio da colata continua
Macrostruttura di acciai rifusi sotto elettroscoria
Spaziatura dei rami dendritici
Fibratura nei fucinati
Dimensione del grano o della cella eutettica
Segregazione nelle leghe
Segregazione di carburi
Saldature
Impronte della deformazione
Diagnosi di difetto
Risposta al trattamento termico
Taglio alla fiamma
MACROSTRUTTURA EVIDENZIATA DALLA LAVORAZIONE MECCANICA
PROVE DI FRATTURA
Composizione
Stringhe di inclusioni
Grado di grafitizzazione
Grossezza del grano
Profondità d'indurimento
Rilevazione del surriscaldamento
Valutazione della qualità
METODI SPECIALI PER LE IMPRONTE
Impronta per contatto
Impronta dello zolfo
Impronta degli ossidi
Impronta del fosforo
Impronta del piombo e prova d'essudazione
Metodi vari d'impronta
MICROGRAFIA
STRUMENTI E SISTEMI D'OSSERVAZIONE MICROGRAFICA
Il microscopio metallografico
Gli obiettivi
Ingrandimento
Apertura numerica
Potere risolutivo
Profondità di campo
Correzione delle aberrazioni ottiche degli obiettivi
Gli oculari
I sistemi d'osservazione
Osservazione in campo chiaro
Osservazione in luce obliqua
Osservazione in campo scuro
Osservazione in luce polarizzata
Osservazione in contrasto interferenziale
La fotografia al microscopio metallografico
Sensibilità cromatica
Illuminazione artificiale (lampade)
Attrezzatura fotografica
Suggerimenti per la microfotografia
Corretta illuminazione
Messa a fuoco
Esposizione
Analisi d'immagine per la metallografia quantitativa
Il tavolino riscaldante per esami microstrutturali a caldo
TECNICHE DI PREPARAZIONE MICROGRAFICA
Preparazione meccanica delle provette
Selezione dei saggi
Taglio dei saggi
Lavaggio delle provette
Inglobatura o montaggio delle provette
Resine epossidiche
Resine fenoliche
Resine acriliche
Prelevigatura delle provette
Levigatura delle provette
Levigatura manuale
Levigatura automatica
Prepolimentazione delle provette
Polimentazione finale delle provette
Prepolimentazione e polimentazione di provette di particelle di polvere metallica

Polimentazione automatica
Polimentazione grezza
Polimentazione finale
Preparazione elettrolitica delle provette
Preparazione micrografica non distruttiva
Levigatura, polimentazione e attacco
Applicazione della replica
Replica con vernici
Replica con supporto metallico
Replica con film senza supporto
Essiccazione della replica
Scollamento della replica
Fissaggio della replica
Osservazione della replica
L'ATTACCO MICROGRAFICO
Reattivi d'attacco micrografico per leghe ferrose
Reattivo: Nital 2 %
Reattivo: Nital 5 %
Reattivo: Picral 4 %
Reattivo: Picral saturo
Reattivo: Picrina
Reattivo: Picrato sodico alcalino
Reattivo: Picrato sodico neutro
Reattivo: Ferricianuro potassico
Reattivo: Benedicks
Reattivo: Kurbatoff
Reattivo: Bolton
Reattivo: Pilling
Reattivo: Soda o potassa caustica
Reattivo: Persolfato ammonico
Reattivo: Valenta
Reattivo: Cogne unico
Reattivo: Murakani
Reattivo: Kalling
Reattivo: Vilella
Reattivi d'attacco micrografico per leghe di rame
Reattivo: Cloruro ferrico
Reattivo: Persolfato ammonico
Reattivo: Cloruro cuproammonico
Reattivo: Ammoniaca
Reattivi d'attacco micrografico per leghe d'alluminio
Reattivo: Acido fluoridrico
Reattivo: Idrato sodico 1 %
Reattivo: Idrato sodico 10 %
Reattivo: Acido solforico
Reattivo: Acido nitrico
Reattivo: Reattivo di Tuckers
Attacco micrografico elettrolitico
FRATTOGRAFIA
STORIA DELLA FRATTOGRAFIA
SVILUPPO DELLA MICROFRATTOGRAFIA
Frattografia elettronica
Microscopio elettronico a trasmissione
Microscopio elettronico a scansione
Frattografia Quantitativa
MECCANISMI DI FRATTURA
Frattura duttile per coalescenza di microvuoti o frattura a cupole
Frattura fragile di clivaggio
Frattura di fatica
Caratteristiche delle fratture con striature di fatica
Frattura intergranulare o decoesiva
Frattura da scorrimento viscoso a caldo (creep)
Fratture singolari
Frattura di quasi-clivaggio
Frattura con pieghettature
Superficie con topografia a strappo
EFFETTO DELL'AMBIENTE
Effetto dell'idrogeno
Infragilimento da idrogeno degli acciai
Effetto dell'ambiente corrosivo
Meccanismi della tensocorrosione
Tensocorrosione degli acciai
Prodotti di corrosione
Effetto del contatto con metalli liquidi a basso punto di fusione
Effetto dello stato di sollecitazione
Effetto della velocità di deformazione
Velocità di deformazione molto basse
Velocità di deformazione moderatamente elevate
Velocità di deformazione altissime
Effetto della temperatura
Effetto della bassa temperatura
Effetti della temperatura elevata
Effetto dell'ossidazione
Effetto dell'ambiente sulla fatica
Effetto di ambienti gassosi
Effetto dei gas sugli acciai
Effetto di ambienti liquidi
Meccanismo della corrosione fatica e della tensocorrosione
Corrosione fatica di acciai inossidabili martensitici
Corrosione fatica di acciai inossidabili austenitici
Effetto del vuoto
Effetto del vuoto sull'acciaio inossidabile AISI 316
Effetto della temperatura sugli acciai inossidabili austenitici
Effetto delle temperature criogeniche
Effetto del carico
Effetto dell'intervallo del fattore di concentrazione della sollecitazione $\Delta K$
Effetto della frequenza e della forma d'onda

DISCONTINUITÀ CHE FAVORISCONO LA FRATTURA
Ripiegature, paglie e riprese
Cricche
Inclusioni
Porosità
Segregazioni
Sfavorevole scorrimento del grano
BIBLIOGRAFIA

## *Capitolo secondo*
## **ESAME VISIVO**(**5**, )

INTRODUZIONE
LUCE ED ILLUMINAZIONE
NATURA DELLA LUCE
CORPO NERO
GENERAZIONE DELLA LUCE E SORGENTI LUMINOSE
PROPRIETÀ DELLA LUCE
FOTOMETRIA
Grandezze e unità di misura
Leggi della fotometria
Propagazione della luce *(legge dell'inverso dei quadrati)*
Effetto dell'angolo di incidenza del fascio (*legge di Lambert*)
Caratteristiche della fotometria
Spettroradiometri e spettrofotometri
Illuminazione per l'esecuzione delle prove
Generalità
Illuminazione ambiente
Illuminazione dell'oggetto
Illuminazione per l'esame ottico e per i sistemi di visione
OCCHIO UMANO E SISTEMI DI VISIONE
STRUTTURA DELL'OCCHIO
ANGOLO VISIVO O ANGOLO OTTICO
ACUTEZZA VISIVA
Luminosità
Contrasto
Contrasto di tonalità
Contrasto di colori complementari.
Tempo d'esposizione
SENSIBILITÀ VISIVA E VISIONE DEI COLORI
Legge di Weber
Sensibilità cromatica
Temperatura di colore
DIFETTI VISIVI
Ipermetropia
Miopia
Presbiopia
Astigmatismo
Anomala percezione cromatica
Test di Ishihara
Risultati di questo Test dei Colori
Terminologia delle anomalie di percezione cromatica
DISTANZA D'ESAME
PERCEZIONE VISIVA
RISCHI PER LA VISTA E PRECAUZIONI
SISTEMI DI VISIONE
FORMAZIONE DELL'IMMAGINE E ATTREZZATURE
SPECCHI
LENTI
STRUMENTI DI MISURAZIONE
Regoli e rotelle metriche
Goniometri
Calibri
Tipi di calibri
Micrometri
Micrometri per esterni
Micrometri per interni
Micrometri per interni a contatti espandibili
Micrometri per interni ad aste combinabili
Micrometri di profondità
Micrometri analogici
Micrometri digitali
Impiego dei micrometri
Azzeramento del micrometro
Taratura e regolazione
Uso corretto dei micrometri per esterni
Uso dei micrometri per interni
Uso delle basi per micrometri
Comparatori
Comparatori a quadrante
Comparatori digitali
Comparatori digitali
Uso dei comparatori
Calibri per saldatura
Calibri per giunti d'angolo
Calibro Palmgren
Calibro Cambridge
Calibro tipo HI-LO
Calibro tipo HI-LO per piccoli diametri
Profilometri
Altri strumenti
Conta filetti
Spessimetri a lamelle
Spessimetri a film umido
Spessimetri per rivestimenti
Livelle
Piani di riscontro
ENDOSCOPIA
Endoscopi
Lampade ad incandescenza
Lampade a scarica elettrica (arco)
Boroscopi
Fibroscopi
Videoendoscopi
Endoscopi speciali
Endoscopi angolati
Endoscopi panoramici
Endoscopi a campo largo (grandangolari)
Endoscopi ad ultravioletti o infrarossi
Endoscopi per ambienti particolari

Metodi di misurazione delle dimensioni remote
Misurazione per comparazione
Misurazione shadow (ombra)
Misurazione stereoscopica
Settori d'applicazione dell'endoscopia
Sistemi robotizzati
Verifica degli endoscopi
SUPERFICI E MATERIALI DA ESAMINARE
STRUTTURA DELLA SUPERFICIE
COLORE E LUCENTEZZA
GEOMETRIA
METALLI
Getti
Lingotti
Prodotti laminati
Prodotti cavi
Prodotti lavorati meccanicamente
Strutture e componenti in servizio
CERAMICHE
MATERIALI PLASTICI
COMPOSITI
FINITURE E RIVESTIMENTI
Finiture e rivestimenti organici
Finiture e rivestimenti di conversione
Rivestimenti metallici
LEGNO
SALDATURA
BRASATURA DOLCE E FORTE
IMBULLONATURA E RIVETTATURA
PIANIFICAZIONE E DOCUMENTAZIONE DELL'ESAME VISIVO
PIANIFICAZIONE DELL'ESAME VISIVO
DOCUMENTAZIONE DELL'ESAME
PROCEDURE D'ESAME VISIVO
Esame visivo generale
Esame visivo locale
Esame visivo diretto
Esame visivo remoto
TIPOLOGIE D'ISPEZIONE
Valutazione dei risultati
Documentazione dell'ispezione visiva
Norme di riferimento per l'esame visivo
Norme generali
Norme di metodo
Norme di prodotto
Norme per la certificazione del personale
Orgnaizzazioni ed Enti normatori
ELEMENTI BASE DEL CONTROLLO VISIVO
Ispettore e il personale addetto all'esame visivo
Capacità visiva e cromatica
Preparazione e competenza tecnica
Formazione e certificazione
Fattori fisiologici e ambientali
Fattori fisiologici
Fattori ambientali
Oggetto da esaminare
Caratteristiche dell'oggetto
Struttura e composizione
Pulizia
Colore
Stato dell'oggetto
Forma e dimensioni
Temperatura
Posizionamento dell'oggetto
Attrezzatura ottica
Taratura delle attrezzature
Campione standard di prova
Tavole di reticoli o linee standard
Posizionamento delle attrezzature
Illuminazione
Distribuzione spettrale della radiazione e luce visibile
Livello d'illuminamento
Luminosità della superficie
Riflettività e rugosità della superficie
Riflettività e ombre dell'ambiente
Modalità d'illuminamento
Abbagliamento.
Registrazione dei risultati
Illuminazione e uso del flash
Profondità di campo
Gestione delle immagini
Ingrandimento
Elaborazione dell'immagine digitale
SICUREZZA NEGLI ESAMI VISIVI
PERICOLI DELL'AMBIENTE DI LAVORO
PERICOLI DERIVANTI DALL'USO DI STRUMENTI PER GLI ESAMI VISIVI
Pericoli da sorgenti luminose
Pericoli da sorgenti laser
Pericoli da sorgenti di luce visibile ad alta intensità
Pericoli da radiazioni infrarosse
Pericoli da radiazioni ultraviolette
Valutazione del rischio
Danni alla retina
Fattore termico
Rischio blu e fotosensibilizzatori
Raccomandazioni e mezzi di protezione
Raccomandazioni sulla sicurezza visuale
Mezzi di protezione degli occhi
Normativa sui mezzi di protezione degli occhi

NORMATIVA D'ESAME VISIVO
NORMA UNI EN 13018: PRINCIPI GENERALI PER L'ESAME VISIVO
Documentazione preliminare
Esame visivo diretto
Esame visivo remoto
Personale
Valutazione
Documentazione dell'esame
ARTICOLO 9 DELLA DIVISIONE V DEL CODICE ASME: PRINCIPI GENERALI PER L'ESECUZIONE DELL'ESAME VISIVO
Esame visivo diretto
Esame visivo remoto
Esame visivo per trasparenza
Valutazione
Documentazione dell'esame
NORMA UNI EN 970: ESAME VISIVO DELLE SALDATURE PER FUSIONE
Condizioni dell'esame e strumentazione
Prescrizioni generali
Esame delle preparazioni dei lembi
Esame durante la saldatura
Esame dopo la saldatura
Pulitura e molatura
Profilo e dimensioni
Vertice e superfici della saldatura
Trattamento termico dopo saldatura
Esame delle saldature riparate
Saldatura riparata parzialmente
Saldatura riparata totalmente
Esame
Documentazione dell'esame
NORMA UNI EN 12454: ESAME VISIVO DEI GETTI DI ACCIAIO COLATI IN SABBIA
Descrizione
Prescrizioni
Condizioni relative all'esame
Registrazione dei risultati
NORMA UNI EN 13100-1: ESAME VISIVO DI PRODOTTI SEMIFINITI DI MATERIALE TERMOPLASTICO
Condizioni d'esame e attrezzature
Esame della preparazione del giunto
Esame durante la saldatura
Esame della saldatura completata
Resoconto di prova
NORMA UNI EN 13927: ATTREZZATURE PER L'ESECUZIONE DELL'ESAME VISIVO
NORMA UNI EN 473: QUALIFICAZIONE E CERTIFICAZIONE DEL PERSONALE ADDETTO ALLE PROVE NON DISTRUTTIVE
Livello 1
Livello 2
Idoneità alla certificazione
Addestramento
Livello 1 e livello 2
Livello 3
Esperienza industriale nelle PND
Livello 1 e livello 2
Livello 3
Requisiti visivi
Esame di qualificazione
Contenuto dell'esame e valutazione per i livelli 1 e 2
Esame generale
Esame specifico
Esame pratico
Valutazione
Contenuto dell'esame e valutazione per il livello 3
Esame di base
Esame di metodo
Valutazione

Svolgimento degli esami
Certificazione
Rinnovo
Ricertificazione
ASNT RECOMMENDED PRACTICE SNT-TC-1A: QUALIFICAZIONE E CERTIFICAZIONE DEL PERSONALE ADDETTO ALLE PROVE NON DISTRUTTIVE
ESEMPI D'APPLICAZIONE
ISPEZIONE BASATA SUL RISCHIO (RBI) DI IMPIANTI PETROLCHIMICI E DI VIADOTTI
Metodologie d'analisi del rischio degli impianti
Metodo qualitativo
Metodo quantitativo
Metodo semiquantitativo
Definizione di piani di manutenzione programmata di viadotti
ISPEZIONE IN SERVIZIO DI SERBATOI DI STOCCAGGIO PER PRODOTTI PETROLIFERI
Metodo d'ispezione visiva dei serbatoi in esercizio
Esame visivo da esterno
Esame visivo completo (da interno e da esterno)
Tipiche imperfezioni o difetti rilevabili con l'esame visivo
Danneggiamenti del fondo
Danneggiamenti del mantello
Danneggiamenti del tetto
Danneggiamenti di altri componenti
ISPEZIONE IN SERVIZIO DI VIADOTTI METALLICI
Finalità dell'ispezione in servizio
Impostazione dell'ispezione in servizio
Controlli previsti durante l'ispezione in servizio
Scopo e procedure d'esame visivo
Tipi di danneggiamenti rilevabili con l'esame visivo in servizio
Danneggiamento da corrosione
Danneggiamento da fatica
Danneggiamenti sui giunti bullonati
Deformazioni locali
Danneggiamenti degli organi d'appoggio
Danneggiamenti delle strutture d'attacco degli stralli
Situazioni di danneggiamento locale e non sistematico
ESAME VISIVO NELL'INDUSTRIA AUTOMOBILISTICA
Diagnosi dei difetti
Ispezione dei getti
Ispezione delle saldature
Valutazione estetica
Anomalia estetica gravissima
Difetti di cataforesi
Anomalia estetica grave
Anomalia estetica significativa
Fasi e conclusione del controllo visivo
Endoscopia
Analisi d'immagine con metodo neuronale
BIBLIOGRAFIA

## *Capitolo Terzo*

## MACROGRAFIA

DEFINIZIONI
INFORMAZIONI PRELIMINARI E PIANIFICAZIONE DELLE PROVE
PREPARAZIONE DELLE PROVETTE MACROGRAFICHE
SCELTA E POSIZIONE DELLA SEZIONE DA STUDIARE
PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE PIANA E LEVIGATA
Taglio e spianatura
Levigatura
ATTACCO DELLA SUPERFICIE
1. Reattivo iodico
2. Reattivo acido solforico
3. Reattivo di Heyn
4. Reattivo acido cloridrico 1:1
5. Reattivo di Fry

Impronta di Baumann
Errori di preparazione
RISULTATI DELL'ATTACCO MACROGRAFICO
INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI
DEFINIZIONI
Acciai e ghise
Ferro puddellato
Ferro a pacchetti o ferro damascato
Spugna di ferro o ferro preridotto
Ferro elettrolitico
Ferroleghe
CENNI SULLA FABBRICAZIONE DEI PRODOTTI SIDERURGICI
Ghisa d'alto forno (Pig Iron) e ghise
Acciai
Ferro puddellato
Ferro a pacchetti e ferro damascato
Spugna di ferro
Ferro elettrolitico
Ferroleghe
CENNI SULLE PROPRIETÀ MECCANICHE E APPLICAZIONE DEI PRODOTTI SIDERURGICI
CONTROLLI ELEMENTARI
Aspetto della superficie
Aspetto della frattura
Prova alla lima
Scintille alla molatura
Prova alla calamita
Prova al martello
Emissione acustica
CONTROLLI E PROVE DEI PRODOTTI SIDERURGICI
Prove meccaniche
Analisi chimica
Esame metallografico
APPLICAZIONE DELLA MACROGRAFIA AI DIVERSI PRODOTTI SIDERURGICI
Imperfezioni macroscopiche degli acciai
Coni di ritiro
Segregazioni
Struttura dendritica
Soffiature
Fratture
Gocce fredde
Accettabilità delle imperfezioni
ESEMPI DI MACROGRAFIE E LORO INTERPRETAZIONE
Esame macrografico prima dell'attacco
Esame macrografico dopo attacco con reattivo iodico
Esami di tipo generale
Esami di sezioni trasversali
Esami di sezioni longitudinali
TECNICHE FOTOGRAFICHE PER LA MACROGRAFIA
Disposizione 1: illuminazione indiretta, diffusa
Disposizione 2: illuminazione diretta, inclinata, semplice.
Disposizione 3: illuminazione mista
Disposizione 4: illuminazione diretta, normale alla superficie da fotografare
Disposizione 5: illuminazione diretta, inclinata, doppia
Disposizione 6: illuminazione diretta, inclinata e orientata
Disposizione 7: illuminazione indiretta, periferica
Disposizione 8: fotografia di oggetti al banco ottico
SCOPO DEGLI ESAMI MACROGRAFICI
Definizione della natura e qualità del prodotto siderurgico
Ricerca dei difetti tipici del metallo
Caratteristiche di fabbricazione
Diagnosi dei difetti
Esempio n°1. Asse di un vagone usurato presso il raccordo, riparato con saldatura all'arco elettrico e rotto in servizio
Esempio n° 2. Alberi e rotaie rotte in esercizio
Esempio n° 3. Rotaia che si fessurò nel bulbo in esercizio
Esempio n° 4. Partita di alberi nuovi ordinati secondo un capitolato definito
Esempio n° 5. Dadi per bulloni i cui filetti si spannavano facilmente durante l'avvitamento
ALCUNE CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO DI UN METALLO
APPENDICE
CENNI SU ALCUNI FORNI E PROCESSI SIDERURGICI
Altoforno
Forno Martin-Siemens
Convertitore Bessemer
Convertitore Thomas
Forno Elettrico
Cubilotto
BIBLIOGRAFIA