



**GRUPPO  
ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA**

## **REGOLAMENTO PER LA QUALIFICAZIONE DELLE FIGURE PROFESSIONALI:**

- ❖ TECNICO METALLOGRAFO**
- ❖ ANALISTA METALLOGRAFO**
- ❖ DIAGNOSTA DI DIFETTI METALLURGICI**

Documento n° CER\_QAS 060 R

**INDICE**

- 1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE**
- 2 RIFERIMENTI**
- 3 DEFINIZIONI**
- 4 REQUISITI PER LA QUALIFICAZIONE**
- 5 CORSI**
- 6 ESAME**
- 7 VERBALE E RELAZIONE FINALE**
- 8 RIPETIZIONE DELL'ESAME**
- 9 DIPLOMA**
- 10 RISERVATEZZA**
- 11 DOCUMENTAZIONE**
- 12 CONDIZIONI CONTRATTUALI**

**ALLEGATI**

- A** Programma didattico per Tecnico Metallografo
- B** Programma didattico per Analista Metallografo
- C** Programma didattico per Diagnosta di difetti metallurgici

---

## 1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Il presente Regolamento definisce le modalità di qualificazione, rilasciata da IIS CERT, delle seguenti figure professionali:

- a) Tecnico Metallografo,
- b) Analista Metallografo,
- c) Diagnosta di difetti metallurgici.

L'applicazione del Regolamento è sottoposta alla sorveglianza del Comitato per la Salvaguardia dell'Imparzialità di IIS CERT, nel quale sono rappresentate le componenti interessate alla certificazione.

*Nota 1 Le condizioni generali di contratto relative alle attività oggetto del presente regolamento sono indicate nel documento CER\_QAS 017 R (vedere § 2).*

*Nota 2 L'EFW prevede la qualificazione di figure professionali nel campo della metallografia attraverso la linea guida EWF-627 (vedere § 2); IIS CERT ha stabilito nel regolamento CER\_QAS 022 R (vedere § 2) e nella scheda di certificazione ivi richiamata i requisiti per accedere a tale qualificazione; vengono qui specificate le seguenti corrispondenze:*

- *la figura professionale di Tecnico Metallografo definita nel presente regolamento include il livello Basic definito nella scheda di certificazione CER\_QAS 047 S (vedere § 2);*
- *la figura professionale di Analista Metallografo definita nel presente regolamento include il livello Comprehensive definito nella scheda di certificazione CER\_QAS 047 S.*

---

## 2 RIFERIMENTI

CER_QAS 002 R	Regolamento per l'uso del marchio IIS CERT
CER_QAS 011 P	Gestione di nomine e incarichi a certificare
CER_QAS 017 R	Regolamento per la certificazione di sistemi, personale, prodotto – Condizioni generali di contratto
CER_QAS 022 R	Regolamento la qualificazione e la certificazione delle figure professionali EWF/IIW
CER_QAS 047 S	Scheda requisiti per la qualificazione a: - Metallographic Examination Personnel
UNI CEI EN ISO/IEC 17024	Valutazione della conformità – Requisiti generali per organismi che eseguono la certificazione di persone
UNI EN ISO 9000	Sistemi di gestione per la qualità – Fondamenti e vocabolario
EWF-627-07	EWF Special Course – Personnel with the responsibility for Macroscopic and Microscopic Metallographic Examination of Structural Materials and their Joint Prepared/Produced by Welding and Allied Techniques

*I documenti sopra citati sono applicabili nell'ultima edizione e/o revisione valida.*

---

## 3 DEFINIZIONI

Per la terminologia valgono in generale le definizioni riportate nella norma UNI EN ISO 9000, integrate dalle seguenti.

**Tecnico Metallografo:** persona che possiede la comprovata capacità di preparare i campioni macro e micrografici di vari metalli e di eseguire le prove metallografiche definite dalle norme vigenti e dalle specificazioni o procedure interne aziendali (per esempio, la determinazione della grossezza del grano, della profondità di cementazione, del grado inclusionale, ecc.), con stesura del rapporto di prova.

**Analista Metallografo:** persona che, oltre alla comprovata capacità del Tecnico Metallografo, possiede anche approfondite conoscenze di metallurgia e metallografia delle leghe ferrose e/o non ferrose, tali da consentire la corretta ed autonoma interpretazione macro e microstrutturale e la capacità di formulare giudizi sulla conformità dei prodotti in rapporti di esame metallografico.

**Diagnosta di difetti metallurgici:** persona che, oltre alla comprovata capacità dell'analista Metallografo, possiede comprovate conoscenze metallurgiche, metallografiche e tecnologiche e comprovata capacità di osservazione ed analisi dei danneggiamenti, delle fratture o dei difetti metallurgici di varia natura ed origine ai fini della loro diagnosi e di consigliare soluzioni e rimedi per eliminare le cause o ridurre la probabilità di tali eventi.

---

## 4 REQUISITI PER LA QUALIFICAZIONE

### 4.1 Tecnico Metallografo

I richiedenti, per accedere alle qualificazioni, devono dimostrare di:

- possedere una educazione tecnica professionale nell'ambito della meccanica, oppure una educazione professionale in altro ambito e 2 anni di esperienza lavorativa nella materia oggetto del corso;
- aver frequentato un apposito corso di metallografia presso una Scuola riconosciuta da IIS CERT (vedere anche § 5);
- aver sostenuto e superato l'esame teorico-pratico di qualificazione (vedere § 6).

### 4.2 Analista Metallografo

I richiedenti, per accedere alle qualificazioni, devono dimostrare di:

- possedere una educazione tecnica secondaria nell'ambito della meccanica, oppure una educazione secondaria in altro ambito e 3 anni di esperienza lavorativa nella materia oggetto del corso, oppure una educazione tecnica professionale di almeno 2 anni e 3 anni di esperienza lavorativa nella materia oggetto del corso;
- aver frequentato un apposito corso di metallografia presso una Scuola riconosciuta da IIS CERT (vedere anche § 5);
- aver sostenuto e superato l'esame teorico-pratico di qualificazione (vedere § 6).

### 4.3 Diagnosta di difetti metallurgici

I richiedenti, per accedere alla qualificazione, devono dimostrare di:

- possedere un diploma di scuola secondaria superiore;
- possedere almeno 3 anni di esperienza di laboratorio nei controlli distruttivi o non distruttivi di prodotti metallici;
- aver frequentato il corso e superato l'esame finale di Analista Metallografo presso una Scuola riconosciuta da IIS CERT (vedere anche § 5) oppure possedere sufficienti conoscenze di metallografia dimostrabili con presentazione del curriculum vitae o sostenendo un colloquio preliminare di ammissione;
- aver sostenuto e superato l'esame teorico-pratico di qualificazione (vedere § 6).

### 4.4 Domanda di qualificazione

Per la qualificazione, il richiedente deve inviare ad IIS CERT la domanda, redatta nell'apposito modulo, con i seguenti allegati:

- copia, conforme all'originale, del titolo di studio posseduto;

- attestato di frequenza al corso previsto emesso da un Ente di Formazione approvato da IIS CERT.

---

## 5 CORSI

I corsi possono essere effettuati solo presso una Scuola di Metallografia riconosciuta da IIS CERT.

I corsi di metallografia devono avere le seguenti durate minime:

- Tecnico Metallografo: 64 ore,
- Analista Metallografo: 124 ore,
- Diagnosta di difetti metallurgici: 108 ore.

Negli Allegati A, B e C sono riportati i programmi didattici dei tre corsi con le durate di riferimento.

---

## 6 ESAME

Una Commissione di esame (nel seguito denominata solo Commissione), appositamente nominata da IIS CERT, esamina il candidato, attraverso una prova teorica ed un esame pratico, secondo quanto descritto ai punti successivi.

La Commissione è formata da almeno due membri esperti nel campo della metallografia, di cui uno rappresentante di IIS CERT, il quale assume la funzione di Presidente della Commissione stessa, ed uno rappresentante della Scuola di Metallografia, il quale tuttavia non deve aver svolto, come eventuale docente, oltre il 25% della durata del corso previsto.

I membri della Commissione devono possedere i seguenti requisiti:

- diploma di scuola media superiore;
- 10 anni di esperienza nel settore delle costruzioni metalliche;
- 10 anni di esperienza nel settore delle prove metallografiche.

I membri della Commissione sono approvati da IIS CERT secondo la procedura CER\_QAS 011 P (vedere § 2) e quindi inseriti nell'apposito software gestionale.

### 6.1 Tecnico Metallografo

#### 6.1.1 Prova teorica

Il Tecnico Metallografo deve superare una prova scritta che consiste nel rispondere ad un questionario di quindici domande con risposte preconfezionate e ad una domanda aperta.

La prova scritta è superata con esito positivo se il candidato risponde correttamente ad almeno il 70% del questionario e svolge adeguatamente il tema della domanda aperta.

#### 6.1.2 Prova pratica

L'esame pratico per il Tecnico Metallografo consiste in:

- una prova pratica d'esame macrografico, eseguita in presenza di un esaminatore che riferirà alla Commissione, con preparazione della provetta conformemente ad una norma o specifica tecnica di riferimento e scelta a caso (preferibilmente diversa da allievo ad allievo) tra quelle delle esercitazioni pratiche previste nel corso di metallografia frequentato;

- la stesura del corrispondente rapporto di prova, conformemente alla norma o specifica di riferimento;
- una prova pratica d'esame micrografico, eseguita in presenza di un esaminatore che riferirà alla Commissione, con preparazione della provetta conformemente ad una norma o specifica tecnica di riferimento e scelta a caso (preferibilmente diversa da allievo ad allievo) tra quelle delle esercitazioni pratiche previste nel corso di metallografia frequentato;
- la stesura del corrispondente rapporto di prova, conformemente alla norma o specifica di riferimento.

L'esito dell'esame è stabilito in modo insindacabile dall'esaminatore e dalla Commissione, che terranno conto di abilità del candidato e correttezza e presentazione dei risultati.

## 6.2 Analista Metallografo

### 6.2.1 Prova teorica

L'Analista Metallografo deve superare:

- una prova scritta, che consiste nel rispondere ad un questionario di trenta domande con risposte multiple preconfezionate e a due domande aperte;

La prova scritta è superata con esito positivo se il candidato risponde correttamente ad almeno il 70% del questionario e svolge adeguatamente il tema di almeno tre delle quattro domande aperte.

L'esame orale è superato con esito positivo se il candidato interpreta correttamente almeno tre delle quattro immagini macro/micro sottoposte dall'esaminatore.

In entrambi i casi, l'adeguatezza delle risposte alle domande aperte e delle interpretazioni macro e microstrutturali è giudicata in modo insindacabile dall'esaminatore e dalla Commissione.

### 6.2.2 Prova pratica

L'esame pratico per l'Analista Metallografo consiste in:

- un esame di interpretazione metallografica, consistente nell'interpretare correttamente tre immagini di strutture macrografiche e tre immagini di strutture micrografiche, presentate dall'esaminatore e tratte da atlanti metallografici o pubblicazioni analoghe, inerenti le materie trattate durante il corso;
- due prove pratiche d'esame macrografico, con preparazione delle provette conformemente a norme o specifiche tecniche di riferimento e scelte a caso (preferibilmente diverse da allievo ad allievo) tra quelle delle esercitazioni pratiche previste nel corso di metallografia frequentato, svolte in presenza di un esaminatore, che riferisce alla Commissione (la preparazione può essere ridotta ad una sola provetta se consente la valutazione di almeno due caratteristiche macrostrutturali);
- la stesura dei corrispondenti rapporti di prova macrografica, conformemente alla norma o specifica di riferimento, riducibili ad uno nel caso di preparazione di un'unica provetta;
- due prove pratiche d'esame micrografico, con preparazione delle provette conformemente a norme o specifiche tecniche di riferimento e scelte a caso (preferibilmente diverse da allievo ad allievo) tra quelle delle esercitazioni pratiche previste nel corso di metallografia frequentato (valutazione delle inclusioni o grossezza del grano, misurazione di strati superficiali, interpretazione strutturale), svolte in presenza di un esaminatore, che riferisce alla Commissione (la preparazione può essere ridotta ad una sola provetta se consente la valutazione di almeno due caratteristiche microstrutturali);

- la stesura dei corrispondenti rapporti di prova micrografica, conformemente alla norma o specifica di riferimento, riducibili ad uno nel caso di preparazione di un'unica provetta;
- la stesura di una procedura relativa alla preparazione di uno dei quattro campioni precedenti.

L'esito dell'esame è stabilito in modo insindacabile dall'esaminatore e dalla Commissione, che terranno conto di abilità del candidato e correttezza e presentazione dei risultati.

### 6.3 Diagnosta di difetti metallurgici

#### 6.3.1 Prova teorica

Il Diagnosta di difetti metallurgici deve superare:

- una prova scritta, che consiste nel rispondere ad un questionario con risposte multiple preconfezionate e a domande aperte;
- un esame orale.

La prova scritta prevede la risposta a:

- un questionario di 90 domande (5 per ognuno dei 18 macro argomenti del programma), con quattro risposte predefinite di cui una sola corretta o più completa delle altre;
- due domande aperte.

La prova scritta è superata con esito positivo se il candidato risponde correttamente ad almeno l'80% delle domande del questionario e svolge adeguatamente il tema di entrambe le domande aperte.

L'adeguatezza delle risposte alle domande aperte è stabilita in modo insindacabile dalla Commissione.

La prova orale consiste nel sottoporre al candidato un caso di danneggiamento, frattura o difetto di un componente o struttura metallica, completo di informazioni su progetto, materiali usati e condizioni d'esercizio (ove note), con immagini macro e/o micrografiche del danno o difetto: egli dovrà quindi interpretare i dati, discuterli davanti alla Commissione e formulare l'ipotesi più probabile delle cause del danneggiamento o del difetto sottoposto, formulando uno o più suggerimenti per porvi rimedio o per eliminare le cause.

L'esito dell'esame orale è considerato positivo se il candidato:

- formulerà un'ipotesi delle cause del danno giudicata ragionevole ad insindacabile giudizio della Commissione;
- proporrà uno o più suggerimenti per porre rimedio o per eliminare le cause del danno diagnosticato, giudicati ragionevoli ad insindacabile giudizio della Commissione.

La Commissione valuterà la competenza del candidato anche sulla base dello sviluppo logico del ragionamento nell'interpretazione dei dati e nella formulazione dell'ipotesi del danno e dei relativi rimedi proposti.

#### 6.3.2 Prova pratica

Per il Diagnosta di difetti metallurgici non è prevista una prova pratica.

---

## 7 VERBALE E RELAZIONE FINALE

Al termine delle prove viene compilato un verbale firmato da tutti i membri della Commissione d'esame; in tale verbale devono essere riportati:

- i nominativi dei candidati esaminati;

- la durata dell'esame;
- i risultati della valutazione delle prove singole ed il giudizio finale.

L'esito dell'esame è comunicato verbalmente, in forma riservata, dal Presidente della Commissione d'esame.

---

## 8 RIPETIZIONE DELL'ESAME

Il candidato respinto all'esame deve ripetere l'esame solo per la (le) parte (parti) non superata (superate).

L'esame, per ciascuna parte non superata, può essere ripetuto non prima di due settimane e non oltre 15 mesi rispetto alla data della prova iniziale.

In caso di un secondo esito negativo, un terzo esame può essere sostenuto non prima di 1 mese e non oltre 15 mesi rispetto alla data della seconda prova.

Dopo il terzo insuccesso in una qualunque delle parti, il candidato deve frequentare nuovamente il corso.

La quota di iscrizione versata in occasione della prima prova d'esame comprende anche le due (eventuali) successive ripetizioni della prova, ma non della terza ripetizione né quella di reinscrizione del corso di formazione, le cui quote dovranno essere nuovamente versate agli aventi diritto.

---

## 9 DIPLOMA

Al candidato che ha superato le prove di qualificazione previste viene rilasciato il Diploma, numerato e firmato, non oltre 4 settimane dalla data dell'esame.

In caso di furto, smarrimento o distruzione, facendone richiesta e dietro rimborso delle spese, il titolare può ottenere un duplicato riportante lo stesso numero dell'originale.

---

## 10 RISERVATEZZA

Gli atti (documentazione, lettere, verbali) relativi alle attività di qualificazione, a partire dalla presentazione della domanda, sono considerati riservati e quindi l'accesso ad essi è limitato alle persone coinvolte in questa attività.

Il personale, i collaboratori di IIS CERT e i membri della Commissione, che durante l'espletamento delle proprie funzioni vengono a conoscenza dei contenuti di questi documenti, sono tenuti al segreto professionale.

---

## 11 DOCUMENTAZIONE

La documentazione di qualificazione è archiviata dall'Area CFP di IIS CERT.

---

## 12 CONDIZIONI CONTRATTUALI

Per le condizioni contrattuali si applica quanto indicato nel documento CER\_QAS 017 R (vedere § 2).

## ALL. A Programma didattico per Tecnico Metallografo foglio 1 / 1

<b>MACROGRAFIA</b>	<b>durata (h)</b>
Scopo e campo d'applicazione della macrografia. Identificazione e cura della manipolazione dei campioni. Tecniche elementari d'esame visivo. Tecniche di prelievo e strumentazione per la preparazione dei campioni macrografici (macchine utensili, troncatrici, rettifiche, levigatrici, ecc.).	4
Esercitazioni pratiche di preparazione, identificazione dei campioni.	4
Attacco macrografico: tecniche e reattivi d'attacco. Esame a basso ingrandimento (esame ad occhio nudo o con lenti d'ingrandimento). Il microscopio stereoscopico. Preparazione della documentazione fotografica e descrizione delle osservazioni macrografiche.	4
Esercitazioni pratiche di prove macrografiche. Attacco macrografico e messa in evidenza di macrostrutture (dendritismo, bande, fibratura, zone indurite, bruciature da rettifica, ecc.).	4
UNI ISO 4968: Acciaio. Esame macrografico mediante impronta allo zolfo (metodo Baumann).	4
<b>Totale parziale (ore)</b>	<b>20</b>

<b>MICROGRAFIA</b>	<b>durata (h)</b>
Scopo e campo d'applicazione della micrografia. Strumenti e materiali per la preparazione delle provette micrografiche (troncatori, levigatrici, polimentatrici, carte, panni, tecnologie alternative). Il microscopio ottico. Il microduremetro.	4
Esercitazioni pratiche. Troncatori, levigatrici, polimentatrici, carte, panni. Il microscopio ottico: regolazioni, messa a fuoco, utilizzo dei dispositivi accessori. Osservazioni al microscopio ottico metallografico.	4
Teoria dell'abrasione e della polimentazione meccanica delle provette micrografiche. Preparazione meccanica ed identificazione delle provette. Polimentazione elettrolitica. Attacco micrografico: tecniche e reattivi d'attacco.	4
Esercitazioni pratiche. Preparazione dei campioni micrografici fino alla polimentazione meccanica ed elettrolitica. Attacco micrografico ed osservazioni al microscopio.	8
Preparazione dei campioni per replica. UNI 6327: Esame microscopico dei materiali metallici. Metodo di esame mediante replica con vernici o con film. UNI 9993: Giunti saldati. Repliche in opera per l'esame microscopio.	1
Esercitazioni pratiche. Preparazione ed esame di una replica metallografica.	3
Esami micrografici. UNI EN ISO 6507: Durezza Vickers e Microdurezza. UNI 4839: Misura profondità decarburazione. UNI 4847: Misura spessori strati induriti.	2
Esercitazioni pratiche d'esami micrografici. UNI EN ISO 6507: Misure di Microdurezza. UNI 4839: Misurazione profondità di decarburazione superficiale. UNI 4847: Misura spessori strati induriti.	6
Esami micrografici. UNI 3244 e ASTM E45: Valutazione delle inclusioni.	1
UNI 3244 e ASTM E45 Valutazione delle inclusioni.	3
Esami micrografici. UNI 3245 e ASTM E112: Valutazione grano austenitico o ferritico (diretto e McQuai Ehn).	1
UNI 3245 e ASTM E112: Valutazione del grano austenitico o ferritico (esame diretto e McQuaid Ehn).	3
Esami micrografici. UNI EN ISO 945: Classificazione grafite. ASTM 562: Determinazione frazione volumetrica e conteggio manuale delle fasi.	1
UNI EN ISO 945: Classificazione della grafite nelle ghise. ASTM 562: Determinazione del volume e conteggio manuale delle fasi.	3
<b>Totale parziale (ore)</b>	<b>44</b>

## ALL. B Programma didattico per Analista Metallografo

foglio 1 / 2

METALLURGIA E METALLOGRAFIA INTERPRETATIVA	durata (h)
<b>Cenni di fisica dello stato solido</b>	
L'atomo. Lo stato metallico. I cristalli metallici. Le trasformazioni allotropiche. Le caratteristiche meccaniche dei cristalli. Le dislocazioni. L'autodiffusione. Le leghe.	2
Analisi termica. Diagramma di stato di due componenti completamente solubili allo stato liquido e completamente solubili allo stato solido. Microstrutture ottenibili a fine solidificazione e raffreddamento.	2
Diagramma di stato di due componenti completamente solubili allo stato liquido e totalmente insolubili che allo stato solido. Microstrutture ottenibili a fine solidificazione e raffreddamento.	2
Diagramma di stato di due componenti completamente solubili allo stato liquido e parzialmente solubili allo stato solido. Microstrutture ottenibili a fine solidificazione e raffreddamento.	2
Diagramma di stato con peritettico. Microstrutture ottenibili a fine solidificazione e raffreddamento.	1
Il diagramma Ferro-Cementite e il diagramma Ferro-Grafite. Microstrutture ottenibili a fine solidificazione e raffreddamento.	3
<b>Trasformazioni di non equilibrio</b>	
La solidificazione. Il fenomeno della solidificazione. Sottoraffreddamento, nucleazione ed accrescimento. La cristallizzazione dendritica. La microsegregazione e la struttura a bande. La macrosegregazione. Inclusioni non metalliche.	2
Macro e microstrutture dei metalli grezzi di solidificazione. Microstruttura delle inclusioni non metalliche.	2
Leghe ferrose. Cinetica di trasformazione dell'austenite. Cinetica di trasformazione dell'austenite. Influenza della velocità di raffreddamento. Variazioni microstrutturali col variare della velocità di raffreddamento. Microstrutture ottenibili (ferrite, perlite lamellare, troostite, bainite superiore e inferiore, martensite tetragonale).	5
Leghe non ferrose. Cinetica di raffreddamento (tempra di solubilizzazione) e fenomeni d'invecchiamento.	3
Tempra e temprabilità degli acciai. Tecniche di tempra e fenomeni commessi. Definizione di temprabilità. Influenza dei mezzi di spegnimento. Diametro e durezza critica. Metodi valutazione della temprabilità. Prova Jominy. Microstrutture di una provetta Jominy. Strutture d'evoluzione della martensite tetragonale (martensite cubica, sorbite e perlite globulare).	4
<b>Aspetti metallografici dei prodotti metallici – Pani, lingotti, getti, fucinati, stampati, laminati e prodotti saldati.</b>	
Leghe ferrose. Fabbricazione della ghisa (altoforno e cubilotto) Fabbricazione e colata dell'acciaio (Convertitore, forno elettrico, colata in lingotto e continua). Pani, getti e lingotti. Macro e microstrutture dei prodotti ferrosi grezzi.	2
Leghe non ferrose. Fabbricazione di pani e getti di leghe non ferrose. Macro e microstrutture dei prodotti non ferrosi grezzi.	2
Prodotti metallici deformati a caldo e a freddo. Fucinatura, stampaggio e laminazione. Macro e microstrutture dei metalli deformati a caldo e a freddo.	4
Saldatura e saldabilità degli acciai. Termologia della saldatura e saldabilità metallurgica degli acciai. Macro e microstrutture dei giunti saldati.	4
<b>Aspetti metallografici dei prodotti metallici trattati termicamente</b>	
Leghe ferrose. Acciai. Ricottura di lavorabilità o subcritica. Ricottura completa. Ricotture globulari: ricottura globulare subcritica; ricottura di globulizzazione pendolare. Ricottura di distensione. Ricottura di cristallizzazione. Riassetamento. Ricristallizzazione. Ricottura di omogeneizzazione. Microstrutture ottenibili dopo i rispettivi trattamenti termici.	2
Normalizzazione. Tempra diretta. Tempra interrotta o scalare. Rinvenimento di distensione. Rinvenimento d'addolcimento.	2
Ricotture isoterme: ricottura isoterma globulare; ricottura isoterma normale. Ricottura "bianco e nero". Patentamento. Tempra bainitica. Microstrutture ottenibili dopo i rispettivi trattamenti termici.	2
Indurimento superficiale. Tempra ad induzione. Fiammatura. Tempra Laser. Misurazioni metallografiche per il controllo dei prodotti induriti superficialmente (gradienti di durezza, profondità d'indurimento e microstrutture).	2
<b>Trattamenti termochimici</b>	
La carbocementazione. Teoria del processo. Potenziale di carbonio. Indice di Gunnarson. Assorbimento e diffusione del carbonio. Assorbimento del carbonio nella cementazione gassosa. Diagrammi d'equilibrio per la cementazione gassosa. Diffusione del carbonio. Il processo di carbocementazione gassosa. Cicli di carbocementazione. Tempra. Sottoraffreddamento. Rinvenimento di distensione. Trattamenti di finitura. Caratteristiche microstrutturali degli acciai carbocementati. Microstruttura degli strati carbocementati. Ipercementazione. Decarburazione. Ossidazione. Microcricche. Microstruttura del nucleo.	4
Carbonitrurazione, nitrurazione, altre cementazioni. Teoria e pratica del processo di carbonitrurazione. Atmosfera carbonitrurante. Protezioni antinitrocarburenti e trattamenti di finitura. Carbonitrurazione sotto A1. Microstrutture degli strati carbonitrurati.	4
Nitrurazione e nitrocarburatione. Nitrurazione gassosa convenzionale. Parametri che influenzano il processo. Composizione chimica dell'acciaio. Trattamenti preliminari. Grado di dissociazione dell'ammoniaca. Temperatura di nitrurazione. Durata del trattamento di nitrurazione. Protezioni antinitruranti. Pratica del processo di nitrurazione gassosa. Forni per la nitrurazione gassosa. Microstruttura degli strati nitrurati. Anomalie della nitrurazione e loro cause. Variazioni dimensionali e deformazioni. Insufficiente profondità o durezza. Colorazione dei pezzi. Scheggiature. Eccessiva coltre bianca. Eccessiva variazione del grado di dissociazione. Nitrurazione in bagni di sali. Composizione del bagno. Temperatura del bagno. Durata del trattamento. Forni per la nitrurazione salina. Microstruttura degli strati nitrurati in bagno di sali.	4
<b>Totale parziale (ore)</b>	<b>60</b>

**ALL. B Programma didattico per Analista Metallografo**

foglio 2 / 2

<b>MACROGRAFIA</b>	<b>durata (h)</b>
Scopo e campo d'applicazione della macrografia. Identificazione e cura della manipolazione dei campioni. Tecniche elementari d'esame visivo. Tecniche di prelievo e strumentazione per la preparazione dei campioni macrografici (macchine utensili, troncatrici, rettifiche, levigatrici, ecc.).	4
Esercitazioni pratiche di preparazione, identificazione dei campioni.	4
Attacco macrografico: tecniche e reattivi d'attacco. Esame a basso ingrandimento (esame ad occhio nudo o con lenti d'ingrandimento). Il microscopio stereoscopico. Preparazione della documentazione fotografica e descrizione delle osservazioni macrografiche.	4
Esercitazioni pratiche di prove macrografiche. Attacco macrografico e messa in evidenza di macrostrutture (dendritismo, bande, fibratura, zone indurite, bruciature da rettifica, ecc.).	4
UNI ISO 4968: Acciaio. Esame macrografico mediante impronta allo zolfo (metodo Baumann).	4
<b>Totale parziale (ore)</b>	<b>20</b>

<b>MICROGRAFIA</b>	<b>durata (h)</b>
Scopo e campo d'applicazione della micrografia. Strumenti e materiali per la preparazione delle provette micrografiche (troncatori, levigatrici, polimentatrici, carte, panni, tecnologie alternative). Il microscopio ottico. Il microdurometro.	4
Esercitazioni pratiche. Troncatori, levigatrici, polimentatrici, carte, panni. Il microscopio ottico: regolazioni, messa a fuoco, utilizzo dei dispositivi accessori. Osservazioni al microscopio ottico metallografico.	4
Teoria dell'abrasione e della polimentazione meccanica delle provette micrografiche. Preparazione meccanica ed identificazione delle provette. Polimentazione elettrolitica. Attacco micrografico: tecniche e reattivi d'attacco.	4
Esercitazioni pratiche. Preparazione dei campioni micrografici fino alla polimentazione meccanica ed elettrolitica. Attacco micrografico ed osservazioni al microscopio.	8
Preparazione dei campioni per replica. UNI 6327: Esame microscopico dei materiali metallici. Metodo di esame mediante replica con vernici o con film. UNI 9993: Giunti saldati. Repliche in opera per l'esame microscopio.	1
Esercitazioni pratiche. Preparazione ed esame di una replica metallografica.	3
Esami micrografici. UNI EN ISO 6507: Durezza Vickers e Microdurezza. UNI 4839: Misura profondità decarburazione. UNI 4847: Misura spessori strati induriti.	2
Esercitazioni pratiche d'esami micrografici. UNI EN ISO 6507: Misure di Microdurezza. UNI 4839: Misurazione profondità di decarburazione superficiale. UNI 4847: Misura spessori strati induriti.	6
Esami micrografici. UNI 3244 e ASTM E45: Valutazione delle inclusioni.	1
UNI 3244 e ASTM E45 Valutazione delle inclusioni.	3
Esami micrografici. UNI 3245 e ASTM E112: Valutazione grano austenitico o ferritico (diretto e McQuai Ehn).	1
UNI 3245 e ASTM E112: Valutazione del grano austenitico o ferritico (esame diretto e McQuaid Ehn).	3
Esami micrografici. UNI EN ISO 945: Classificazione grafite. ASTM 562: Determinazione frazione volumetrica e conteggio manuale delle fasi.	1
UNI EN ISO 945: Classificazione della grafite nelle ghise. ASTM 562: Determinazione del volume e conteggio manuale delle fasi.	3
<b>Totale parziale (ore)</b>	<b>44</b>

## ALL. C Programma didattico per Diagnosta di difetti metallurgici

foglio 1 / 3

	Argomenti	durata (h)
<b>1</b>	<b>Failure Analysis</b>	
1.1	<b>Principi generali per la diagnosi dei cedimenti in servizio di componenti metallici.</b>	8
	Procedure generali per la diagnosi dei difetti. Fasi della diagnosi di difetti. Raccolta delle informazioni e dei saggi. Registrazione della storia dei componenti. Documentazione fotografica. Scelta dei saggi. Condizioni d'esercizio anomale. Esami preliminari. esame visivo. Studio della frattura. Prove non distruttive. Esame magnetoscopico. Esame con liquidi penetranti. Esame con correnti indotte. Esami con ultrasuoni. Radiografia. Analisi tensionale. Prove meccaniche. Prova di durezza. Prova di trazione. Prova di resilienza. Protezione delle superfici di frattura. Precauzioni per il prelievo e la conservazione. Pulizia delle superfici in laboratorio. Preparazione delle sezioni. Rotture secondarie. Esame macroscopico delle superfici di frattura. Esame microscopico delle superfici di frattura. Esami metallografici. Esami micrografici. Classificazione delle fratture. Fratture duttili. Caratteristiche della frattura duttile. Fratture fragili. Frattura transgranulare o clivaggio. Frattura intergranulare. Frattura di fatica. Frattura di tenoscorrosione. Infragilimento da metalli liquidi. Infragilimento da idrogeno. Frattura per scorrimento a caldo. Difetti complessi. Analisi chimica. Tecniche analitiche. Gravimetria. Volumetria. Colorimetria e Spettrofotometria d'assorbimento molecolare visibile (VIS) od ultravioletto (UV). Spettrofotometria d'assorbimento molecolare all'infrarosso (IR). Spettrofotometria d'assorbimento atomico (AAS). Spettrometria d'emissione al plasma (ICP). Spettrografia d'emissione o quantometria (ES). Spettrografia di fluorescenza ai raggi x (FRX). Diffrazione ai raggi x (DRX). Analisi delle superfici e dei depositi. Meccanica della frattura applicata alla diagnosi di difetto. Prove di simulazione. Formulazione delle conclusioni. Scrittura della relazione finale. Diagnosi di difetto in campo	
1.2	<b>Genesi e classificazione dei Cedimenti in servizio di componenti metallici.</b>	16
	Le possibili cause di cedimento in servizio per i componenti fabbricati con materiali metallici. Cedimenti per sovraccarico, per eccessiva deformazione elastica, per instabilità elastica, per comportamento fragile, per fatica, per corrosione, per scorrimento viscoso, per usura. Condizioni di carico, sovraccarico, urto, ecc. Sollecitazioni monoassiali, biassiali e triassiali. Deformazioni temporanee o elastiche. Deformazioni permanenti o plastiche. Classificazione delle fratture. Caratteristiche macroscopiche delle fratture. Caratteristiche microscopiche delle fratture. Fratture duttili e dimples. Fratture fragili per clivaggio intergranulari. Fratture di fatica e striature. Fratture di tenoscorrosione e meccanismi d'innesco e propagazione. Fratture per scorrimento viscoso. Richiami di meccanica della frattura. Velocità di propagazione delle fratture.	
1.3	<b>Cedimenti per fatica. Genesi dei cedimenti per fatica. Aspetti macro e micrografici della frattura per fatica.</b>	12
	Richiami storici. Genesi delle rotture a fatica. Primo stadio: Innesco. Secondo stadio: propagazione. Terzo stadio: rottura finale o di schianto. Caratteristiche microscopiche della frattura di fatica. Striature. Caratteristiche macroscopiche della frattura di fatica. Mancanza di deformazione. Linee d'arresto (beach marks). Dentellature (ratchet marks). Similitudini tra striature e linee d'arresto. Differenze tra striature e linee d'arresto. Relazione tra sollecitazione e resistenza alla fatica. Curva di Wöhler e limite di fatica subcorticali. Fatica sotto carichi di compressione. Fatica termica. Corrosione fatica. Fatica per contatto. Pitting superficiale e subcorticale. Scheggiatura (Spalling).	
1.4	<b>Danneggiamento da usura. Teoria e pratica metallografia.</b>	8
	Definizione dell'usura. Classificazione dei tipi d'usura. Usura abrasiva, usura adesiva, usura da sfregamento (fretting), usura per fatica, usura per erosione, usura corrosiva. Analisi dei meccanismi di danneggiamento per usura.	
1.5	<b>Danneggiamento da corrosione in ambiente umido. Teoria della corrosione. Danneggiamento da impiego a temperatura elevata (ossidazione o reazioni dirette metallo gas).</b>	16
	Definizione di corrosione. Fattori che influenzano la corrosione. Fattori esterni: pH, inibitori o attivatori, concentrazione salina, temperatura, moto dell'elettrolita, correnti impresse o vaganti. Fattori interni: stabilità chimica del metallo (immunità, passività, attività), effetto della struttura, effetto delle sollecitazioni e tensioni interne, effetto dello stato superficiale. Guida alla diagnosi corrosionistica industriale: corrosione uniforme, corrosione localizzata puntiforme (pitting), dealligazione, corrosione intergranulare, corrosione sotto tensione con formazione di cricche (tenoscorrosione), corrosione fatica. Corrosione dell'acciaio nel calcestruzzo. Principali cause della corrosione degli impianti idrosanitari. La reazione di ossidazione. I meccanismi di crescita dello strato ossidato. Influenza della composizione chimica dell'acciaio sulla temperatura di formazione della scaglia. Effetto della temperatura e della composizione dell'atmosfera.	
1.6	<b>Danneggiamento da impiego a temperatura elevata (scorrimento viscoso a caldo).</b>	4
	Introduzione al danneggiamento dei metalli impiegati a temperatura elevata. Scorrimento viscoso (creep). Fatica ad elevata temperatura. Fatica termica. Instabilità metallurgica. Transizione frattura duttile frattura fragile. Ricristallizzazione. Invecchiamento e iperinvecchiamento. Infragilimento ad alta temperatura e precipitazione di fasi fragilizzanti: danneggiamento da idrogeno e da fasi secondarie. Precipitazione o reazioni di carburi: sensibilizzazione, reazioni dei carburi. Danneggiamento indotto dall'ambiente: ossidazione, corrosione e corrosione erosione, carburazione e decarburazione, contatto con metalli liquidi. Prevenzione del danneggiamento ad alta temperatura. Esempi di danneggiamento di metalli usati ad alta temperatura.	

**ALL. C Programma didattico per Diagnosta di difetti metallurgici**

foglio 2 / 3

1.7	<b>Danneggiamento in servizio dei fucinati e stampati metallici</b>	4
	Introduzione. Fabbricazione dei fucinati e stampati. Comportamento del metallo durante la fucinatura e lo stampaggio. Difetti dei fucinati e loro origine. Difetti provenienti da lingotti: segregazioni, conii da ritiro, fiocchi, inclusioni non metalliche. Difetti da fucinatura e stampaggio: struttura a bande e tessitura, strappi, rigature e doppiature, solchi, discontinuità interne. Cause dei difetti nei fucinati e stampati: difetti di progettazione; errata scelta di materiali; difetti nei materiali; difetti di fucinatura e stampaggio; difetti delle operazioni che seguono la fucinatura e stampaggio; avarie dovute a condizioni d'esercizio.	
1.8	<b>Danneggiamento in servizio di getti di ghisa e d'acciaio.</b>	4
	Introduzione. Errori della composizione chimica e delle caratteristiche meccaniche. Difetti tipici della fonderia. Difetti superficiali: riprese di colata e saldature; Lacerazioni o cricche a caldo; cricche a freddo; cavità superficiali contenenti sabbia; soffiature affioranti; porosità affioranti; punte di spillo; bolle e vesciche; erosioni; sacconi e sfoglie; falsi sacconi o scatole; getto incompleto e gocce fredde; schiacciamenti o cedimenti delle forme e delle anime; Cadute di terra; difetti d'aderenza; aspetto grossolano della superficie; penetrazione; vetrificazione; forzamenti; bave; cedimenti; spostamenti; fuga di metallo dalle forme. Difetti interni: porosità da ritiro; porosità da gas; inclusioni. Difetti attribuibili ad altre cause. Microstruttura, composizione chimica, trattamenti termici; concentrazione di sforzi; condizioni d'esercizio.	
1.9	<b>Danneggiamento in servizio di giunti saldati e brasati.</b>	4
	Introduzione. Cricche. Zona fusa (ZF). Solidificazione; Criccabilità a caldo in ZF. Fattori che influenzano la criccabilità. Zona termicamente alterata (ZTA). Materiali che non presentano trasformazione allotropica. Materiali che presentano trasformazione allotropica. Zone prossime alla zona fusa (sottocordone): liquazione. Cricche nella zona termicamente alterata. Effetti dell'idrogeno. Effetti dell'idrogeno in zona fusa. Fiocchi. Microcricche da idrogeno. Effetti dell'idrogeno nella zona termicamente alterata. Cricche a freddo in zona fusa. Precauzioni per evitare la formazione di cricche a freddo. Strappi lamellari. Influenza della metodologia di saldatura. Caratteristiche del materiale base. Mancanza di penetrazione o di fusione. Incollature. Inclusioni. Porosità. Difetti esterni o di profilo. Eccesso di sovrametallo. Riempimento incompleto del giunto. Cordone d'angolo troppo convesso. Incisioni marginali. Irregolarità superficiale. Slivellamento dei lembi. Spruzzi e sputi. Colpi d'arco. Difetti di brasatura: Cricche, Scolorimento, Distorsioni, Inclusione di flusso, Unione intermittente, Mancanza di riempimento.	
1.10	<b>Danneggiamento in servizio di utensili e stampi.</b>	4
	Introduzione. Caratteristiche degli utensili e degli stampi. Principali cause dei difetti: progetto; trattamenti termici; lavorazioni meccaniche e di finitura; elettroerosione; saldatura. Danneggiamento degli utensili per lavorazioni a caldo; Danneggiamento dei cilindri di laminazione; Danneggiamento degli utensili da taglio.	
1.11	<b>Danneggiamento in servizio di alberi e cuscinetti.</b>	4
	Parte prima: fratture degli alberi di trasmissione. Natura e cause delle principali fratture degli alberi. Procedura generale della diagnosi di difetto. Sui tipi di sollecitazioni che sono applicate agli alberi. Le fratture per fatica di alberi. Fratture per usura e fatica da contatto. Fratture duttili e fragili. Le deformazioni in esercizio. Fratture legate alla corrosione. Cenni sui fattori d'intensificazione degli sforzi. Fattori metallurgici o di processo (processi di costruzione o finitura degli alberi). Fattori puramente metallurgici. Rotture prodotte da errori dei trattamenti superficiali. Rotture prodotte da errori delle saldature di riparazione Parte seconda: rotture dei cuscinetti. Rotture dei cuscinetti radenti. Generalità e classificazione dei cuscinetti radenti. Materiali per cuscinetti radenti. Lubrificazione a film fluido. Carico sopportabile. Rugosità superficiale. Contaminazioni ed incisioni. Lubrificanti. Particelle inquinanti. Procedura per le diagnosi di difetto specifiche. Rotture dei cuscinetti radenti. Rotture dei cuscinetti volventi. Generalità sui cuscinetti volventi. Materiali per cuscinetti volventi. Tipi di rotture dei cuscinetti volventi.	
1.12	<b>Danneggiamento in servizio di ingranaggi.</b>	4
	Contatto dei denti degli ingranaggi. Carichi applicati. Influenza del film di lubrificante. Cause del danneggiamento degli ingranaggi. Fatica a flessione e giochi. Danneggiamento ad urto. Condizioni superficiali. Altre cause. Classificazione dei danneggiamenti degli ingranaggi. Usura, fatica superficiale, scorrimento plastico, rotture. Usura: lubrificazione e usura, usura normale, usura moderata e distruttiva, cause dell'usura distruttiva, rigature, usura da interferenza tra ingranaggi, usura abrasiva, usura e corrosione, sfaldature, bruciature. Fatica superficiale: meccanismi, pitting, spalling, danneggiamento da deformazione plastica, rullatura e pallinatura, deformazioni plastiche e pitting, cricche e pitting, frantumazione dello strato superficiale. Fratture: rotture per fatica, posizioni delle fratture dei denti, fratture di fatica da sovraccarichi, fratture da sovraccarico e da eccessiva usura. Progettazione per evitare rotture. Difetti dovuti alla fabbricazione. Cricche da rettifica e da tempra	
1.13	<b>Danneggiamento in servizio di sistemi meccanici di fissaggio</b>	4
	Tipi di sistemi meccanici di fissaggio. Componenti filettati, rivetti, blindature, spine. Origini dei difetti. Cause del danneggiamento. Fatica di componenti filettati, concentrazione di sforzi, Resistenza del materiale. Danneggiamento da sfregamento (fretting). Corrosione da fessura, galvanica e sotto tensione. Effetto delle sollecitazioni di compressione, Effetto delle impurezze. Danneggiamento da idrogeno. Protezione contro la corrosione: zincatura, cadmiatura, rivestimento con alluminio. Componenti filettati ad alta temperatura. Rivetti: taglio del gambo, Danneggiamento della superficie di supporto. Blindature. Spine meccaniche semipermanenti, spine elastiche, ecc. Procedura per l'esame del danneggiamento dei sistemi di fissaggio.	

**ALL. C Programma didattico per Diagnosta di difetti metallurgici**

foglio 3 / 3

1.14	<b>Danneggiamento in servizio delle caldaie e scambiatori di calore</b>	4
	Danneggiamento delle caldaie e degli impianti collegati. Cause derivanti da difetti dei materiali. Fratture da surriscaldamento di sezioni spesse e sottili; effetto delle incrostazioni, cause del surriscaldamento. Fratture da infragilimento: danneggiamento da idrogeno, grafitizzazione. Danneggiamento da corrosione o ossidazione. Corrosione lato acqua, Corrosione dei componenti esposti al vapore. Corrosione dei condensatori e generatori d'acqua calda. Corrosione lato fumi: scoria da carbone e da oli combustibili. Corrosione a bassa temperatura. Danneggiamento da fatica. Fatica oligociclica. Fatica termica. Corrosione fatica. Erosione. Abrasione. Erosione da bolle di vapore, Cavitazione. Cricche da tensocorrosione. Danneggiamento da più cause nei componenti delle caldaie. Danneggiamenti degli scambiatori di calore. Condizioni d'esercizio. Resistenza alla corrosione. Cause del danneggiamento. Tecniche secondarie di fabbricazione. Effetto delle procedure d'ispezione. Danneggiamento da Corrosione. Corrosione da fessura, dealligazione, erosione-corrosione. Tensocorrosione. Corrosione fatica. Aspetto delle fratture. Correlazione tra sollecitazioni termiche e meccaniche. Effetto delle procedure di saldatura. Preparazione del giunto. Progettazione del giunto. Effetto della temperatura elevata	
1.15	<b>Danneggiamento in servizio di recipienti e tubazioni in pressione</b>	4
	Cause del danneggiamento degli equipaggiamenti in pressione (recipienti e tubazioni). Procedura per l'analisi del danneggiamento. Effetto delle discontinuità metallurgiche. Effetto della tecnica di fabbricazione. Trattamenti termici. Surriscaldamento. Effetto dell'eterogeneità del raffreddamento. Procedure d'ispezione. Danneggiamento correlato alle condizioni d'esercizio. Cricche da tensocorrosione da cloruri a caldo. Infragilimento da idrogeno. Fratture fragili. Fratture duttili. Scorrimento viscoso a caldo e rotture da sollecitazione meccanica. Danneggiamento da fatica.	
1.16	<b>Danneggiamento in servizio di componenti in lega d'alluminio</b>	4
	Introduzione. Difetti più comuni dei prodotti estrusi e laminati. Difetti dei materiali estrusi: Fiamme o bande; Arresto e ripresa d'estrusione; Cricche trasversali; Grippature; Incollature; Strappi d'estrusione; Rigature d'estrusione; Bollosità superficiali; Bollosità profonde; Segni di raddrizzatura; Ammaccature; Corrosioni. Difetti dei materiali laminati: Bollosità; Paglie; Impronte dei cilindri e incrostazioni; Punti neri; Fondo sporco; Rigature; Confricazioni; Strappi; Diffusione nella placcatura; Macchie di tempra; Ossidazione (macchie d'acqua). Difetti più comuni nei getti d'alluminio colati a pressione (pressofusi): La scheda dello stampo; I difetti più frequenti nella presso colata; Getti incompleti; Porosità; Bolle affioranti; Saldature; Cricche; Difetti di tenuta;	
1.17	<b>Danneggiamento in servizio di componenti in lega di rame</b>	4
<b>Totale (ore)</b>		<b>108</b>