

COMITATO AEROSPAZIALE NAZIONALE PER I CONTROLLI NON DISTRUTTIVI
ITALIAN AEROSPACE NON DESTRUCTIVE TESTING BOARD



ITANDTB 08

**Syllabus per personale addetto ai Controlli Non Distruttivi di Livello 3 in ambito
aerospaziale**
(Syllabus for NDT Level 3 personnel in the aerospace)

Responsabile Amministrativo <i>(Administrative Manager)</i>	Responsabile Normazione <i>(Standardization Manager)</i>	Responsabile Tecnico <i>(Technical Manager)</i>	Presidente <i>(Chairman)</i>
Massimiliano Nerattini	Giacomo Maione	Ciro Incarnato	Fabrizio Montagnoli

STATO DELLE REVISIONI

Data 20 febbraio 2026		Emissione ITANDTB 08	
Revisione	Numero del paragrafo e della pagina revisionata	Descrizione sintetica delle modifiche	
//	Prima Emissione	Sostituisce documento ITA-NG-002-A Adeguamento alla nuova ricodifica della documentazione del Board	

INDICE GENERALE

INDICE GENERALE	3
1.0 INTRODUZIONE (<i>INTRODUCTION</i>)	5
2.0 RIFERIMENTI (<i>REFERENCES</i>).....	5
3.0 PT - SYLLABUS PER LIVELLO 3 LIQUIDI PENETRANTI	6
(<i>PT - LEVEL 3 PENETRANT TESTING SYLLABUS</i>).....	6
4.0 MT - SYLLABUS PER LIVELLO 3 PARTICELLE MAGNETICHE	9
(<i>MT - LEVEL 3 MAGNETIC PARTICLE TESTING SYLLABUS</i>).....	9
5.0 ET - SYLLABUS PER LIVELLO 3 CORRENTI INDOTTE	13
(<i>ET - LEVEL 3 EDDY CURRENT SYLLABUS</i>).....	13
6.0 UT - SYLLABUS PER LIVELLO 3 ULTRASUONI.....	16
(<i>UT - LEVEL 3 ULTRASONIC TESTING SYLLABUS</i>).....	16
7.0 RT FILM - SYLLABUS RADIOGRAFIA FILM PER LIVELLO 3	19
(<i>RT FILM - LEVEL 3 RADIOGRAPHY FILM TESTING SYLLABUS</i>)	19
8.0 RT NON FILM - SYLLABUS PER LIVELLO 3 CONTROLLO RADIOGRAFICO NON FILM	21
(<i>RT NON-FILM – LEVEL 3 RADIOGRAPHY NON-FILM TESTING SYLLABUS</i>)	21
9.0 IRT - SYLLABUS TERMOGRAFIA PER LIVELLO 3.....	28
(<i>IRT - LEVEL 3 TERMOGRAPHY TESTING SYLLABUS</i>)	28
10.0 ST - SYLLABUS SHEAROGRAFIA PER LIVELLO 3	31
(<i>ST - LEVEL 3 SHEAROGRAPHY SYLLABUS</i>)	31
11.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – NORMATIVA/MATERIALI E PROCESSI DI FABBRICAZIONE.....	32
(<i>BA - LEVEL 3 BASIC EXAMINATION-STANDARD/MATERIALS & MANUFACTURING PROCESSES</i>)....	32
12.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO PT.....	33
(<i>BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – PT METHOD</i>)	33
13.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO MT	33
(<i>BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – MT METHOD</i>).....	33
14.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO ET.....	34
(<i>BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – ET METHOD</i>)	34
15.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO UT	34
(<i>BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – UT METHOD</i>).....	34

16.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO RT FILM	35
<i>(BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – RT FILM METHOD)</i>	35
17.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO RT NON-FILM.....	36
<i>(BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – RT NON-FILM METHOD)</i>	36
18.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO IRT	37
<i>(BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – IRT METHOD)</i>	37
19.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO ST.....	37
<i>(BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – ST METHOD)</i>	37

1.0 INTRODUZIONE (INTRODUCTION)

Questo documento è la raccolta dei syllabus di tutti i metodi CND adottati da ITANDTB per la preparazione all'esame di qualifica per Livello 3 in accordo a EN4179/NAS410 (par. 6.1.2 Training outlines).

Ogni commissione tecnica ITANDTB cura ed aggiorna il contenuto dei syllabus.

Ogni syllabus è approvato dalla rispettiva commissione tecnica.

This document is a collection of syllabi for all NDT methods adopted by ITANDTB to prepare the Level 3 qualification exam according to EN4179/NAS410 (par. 6.1.2 Training outlines).

Each ITANDTB method committee compile and update syllabus content.

Each syllabus is approved by the proper technical committee.

2.0 RIFERIMENTI (REFERENCES)

3.0 PT - SYLLABUS PER LIVELLO 3 LIQUIDI PENETRANTI (PT - LEVEL 3 PENETRANT TESTING SYLLABUS)	
<p>1.0 TEORIA DI BASE: FENOMENI E PRINCIPI FISICI, CHIMICO-FISICI E FISIOLGICI CORRELATI CON IL PROCESSO CON LIQUIDI PENETRANTI</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tensione superficiale e forza coesiva, energia di superficie e forza adesiva, Potere bagnante ed angolo di contatto, Capillarità ▪ Viscosità e sua dipendenza dalla temperatura ▪ Densità ▪ Concetti di solubilità, polarità elettrica di una molecola. Oli, grassi, impronte, ▪ solventi, detergenti, emulsionanti ▪ La luce e le altre radiazioni elettromagnetiche, frequenza, lunghezza d'onda, spettro elettromagnetico (il visibile, gli UV-B, gli UV-A e la luce nera) ▪ Le grandezze fotometriche, il lumen, il lux e l'illuminamento ▪ Le grandezze radiometriche, i W/m2 (W/cm2) e la densità di flusso radiante ▪ La formazione del colore ▪ Cenni sul fenomeno della fluorescenza; la fluorescenza dei penetranti, degli emulsionanti e del bulbo oculare ▪ Effetto su colore e fluorescenza da parte di acidi, ossidanti, luce solare e luce U.V. ▪ L'occhio umano, i coni e la visione a colori e distinta, i bastoncelli e la visione crepuscolare, la visione fotopica e la visione scotopica, la visione mesopica l'adattamento al buio e l'abbagliamento 	<p>1.0 BASIC THEORY: PHYSICAL, PHYSICAL-CHEMICAL, AND PHYSIOLOGICAL PHENOMENA AND PRINCIPLES RELATED TO THE LIQUID PENETRANT PROCESS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Surface tension and cohesive force, surface energy and adhesive force, wetting power and contact angle, capillary action ▪ Viscosity and its temperature dependence ▪ Density ▪ Concepts of solubility, electrical polarity of a molecule. Oils, greases, fingerprints, ▪ Solvents, detergents, emulsifiers ▪ Light and other electromagnetic radiation: frequency, wavelength, electromagnetic spectrum (visible, UV-B, UV-A, and black light) ▪ Photometric quantities: lumen, lux, and illuminance ▪ Radiometric quantities: W/m2 (W/cm2) and radiant flux density ▪ Color formation ▪ Notes on the phenomenon of fluorescence; the fluorescence of penetrants, emulsifiers, and the eyeball ▪ Effects of acids, oxidants, sunlight, and UV light on color and fluorescence ▪ The human eye: cones and color and distinct vision, rods and twilight vision, photopic vision and scotopic vision, mesopic vision, dark adaptation, and glare
<p>2.0 MATERIALI E FORME DEI PRODOTTI</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contaminanti e prodotti per la fase di preparazione (detergenti, solventi) ▪ I penetranti e la capillarità per entrare e fuoriuscire dalla discontinuità e per espandersi ▪ I penetranti ed il tempo di penetrazione (viscosità e temperatura) ▪ I penetranti e la loro visibilità (Penetranti visibili a contrasto di colore e Fluorescenti) ▪ I penetranti ed i metodi di asportazione dell'eccesso (i 4 metodi di rimozione) ▪ I penetranti ed i livelli di sensibilità ▪ I penetranti a base acqua ▪ I penetranti e l'acqua (la tolleranza all'acqua, densità dei penetranti non miscibili con acqua) ▪ Penetranti e prodotti per usi speciali ▪ Emulsificatori Idrofilici e Lipofilici (caratteristiche) ▪ Gli sviluppatori, l'elevata superficie, l'effetto sulla capillarità del penetrante e l'ingrandimento della indicazione ▪ Gli sviluppatori a secco, in solvente ed acquosi, la loro rimozione ed il rischio corrosione ▪ Compatibilità di detergenti, solventi e Prodotti per liquidi penetranti con il materiale della parte (Sensibilizzazione alla tensocorrosione; solfuri con leghe di nichel, alogenuri con titanio e sue leghe) ▪ La classificazione dei prodotti secondo SAE-AMS-2644 e la sua relativa QPL 	<p>2.0 MATERIALS AND PRODUCT FORMS</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Contaminants and products for the preparation phase (detergents, solvents) ▪ Penetrants and capillary action to enter and exit the discontinuity and to expand ▪ Penetrants and penetration time (viscosity and temperature) ▪ Penetrants and their visibility (Visible Color-Contrasting Penetrants and Fluorescents) ▪ Penetrants and methods for removing excess (the 4 removal methods) ▪ Penetrants and sensitivity levels ▪ Water-based penetrants ▪ Penetrants and water (water tolerance, density of penetrants that are immiscible with water) ▪ Penetrants and products for special uses ▪ Hydrophilic and Lipophilic Emulsifiers (characteristics) ▪ Developers, high surface area, effect on the Penetrant capillarity and magnification of the indication ▪ Dry, solvent, and aqueous developers, their removal, and corrosion risk ▪ Compatibility of detergents, solvents, and penetrant products with the part material (sensitization to stress corrosion cracking; sulfides with nickel alloys, halides with titanium and its alloys) ▪ Product classification according to SAE-AMS-2644 and its related QPL
<p>3.0 METODI E TECNICHE</p>	<p>3.0 METHODS AND TECHNIQUES</p>
<p>3.1 SCELTA TRA I DIVERSI METODI CND; VANTAGGI E LIMITI DEL PROCESSO CON LIQ. PENETRANTI</p>	<p>3.1 CHOICE BETWEEN DIFFERENT NDT METHODS; ADVANTAGES AND LIMITATIONS OF THE LIQUID PENETRANT PROCESS</p>
<p>3.2 METODI</p>	<p>3.2 METHODS</p>
<p>3.2.1 Vantaggi e svantaggi di ciascun metodo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metodo A ▪ Metodo B (solo accenno) ▪ Metodo C ▪ Metodo D 	<p>3.2.1 Advantages and Disadvantages of Each Method</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Method A ▪ Method B (only a brief summary) ▪ Method C ▪ Method D
<p>3.2.2 I requisiti minimi di una procedura di ispezione ed importanza degli appropriati parametri e fasi di processo</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Metodo, prodotti e procedura per parti con superfici ad alta rugosità, fusioni e saldature (lavabilità e sensibilità) ▪ Metodo, prodotti e procedura per parti con superfici lisce e riflettenti, macchinati, cromature e nichelature (riflessione della luce U.V. e sensibilità) ▪ Metodo, prodotti e procedura per parti esercite, per rilevazione cricche da fatica, da tensocorrosione ▪ Metodo, prodotti e procedura per parti installate e controlli in campo ▪ Problemi di sensibilità per l'ispezione di parti precedentemente ispezionate con prodotti ▪ di livello di sensibilità inferiore 	<p>3.2.2 Minimum requirements for an inspection procedure and the importance of appropriate parameters and process steps</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Method, products, and procedure for parts with highly rough surfaces, castings, and welds (washability and sensitivity) ▪ Method, products, and procedure for parts with smooth and reflective surfaces, machined parts, chrome- and nickel-plating (UV light reflection and sensitivity) ▪ Method, products, and procedure for serviced parts, for the detection of fatigue and stress corrosion cracks ▪ Method, products, and procedure for installed parts and field inspections ▪ Sensitivity issues for the inspection of parts previously inspected with products ▪ of a lower sensitivity level
<p>3.3 LE 5 FASI FONDAMENTALI DEL METODO ED I RELATIVI PRINCIPI</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La prima fase: preparazione della parte ▪ Contaminazione chimica, meccanica ▪ Conseguenze della contaminazione sull'efficienza del Processo di preparazione e sui risultati del Processo di Controllo ▪ Il decapaggio di forgiati, fusioni e delle parti dopo sabbiatura ed altri trattamenti che ▪ ricalcano la superficie ▪ La seconda fase: applicazione del penetrante e contatto ▪ Metodi per l'applicazione (spruzzo, immersione, pennello) ▪ Fasi di applicazione e contatto (tempi di applicazione, drenaggio, riscaldamento, ecc.) ed effetti sulla sensibilità ▪ La terza fase: rimozione dell'eccesso di penetrante ▪ Metodi di rimozione dell'eccesso (penetrante solubile in acqua, in solventi, post-emulsionabile) ▪ Modalità di applicazione del mezzo di rimozione (spruzzo, immersione, schiuma, ecc.) 	<p>3.3 THE 5 FUNDAMENTAL PHASES OF THE METHOD AND THEIR PRINCIPLES</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ The first phase: preparation of the part ▪ Chemical and mechanical contamination ▪ Consequences of contamination on the efficiency of the preparation process and the results of the control process ▪ Pickling of forgings, castings, and parts after sandblasting and other treatments that ▪ affect the surface ▪ The second phase: application of the penetrant and contact ▪ Application methods (spray, dip, brush) ▪ Application and contact phases (application times, drainage, heating, etc.) and effects on sensitivity ▪ The third phase: removal of excess penetrant ▪ Methods for removing excess penetrant (water-soluble penetrant, solvent-soluble penetrant, post-emulsifiable penetrant) ▪ Methods of applying the removal agent (spray, dip, foam, etc.)

<ul style="list-style-type: none"> ▪ La quarta fase: sviluppo ▪ Il tempo di formazione della indicazione ▪ L'auto-sviluppo ed i metodi di applicazione degli sviluppatori ▪ La quinta fase: rilevazione delle indicazioni. ▪ Tecnica di richiamo (Wipe-Off) e valutazione di indicazioni false, vere e rilevanti. ▪ Corretta valutazione delle indicazioni (rilevanti e non rilevanti), forma (lineare e non lineare) e dimensioni mediante utilizzo corretto dei comparatori o di altri strumenti approvati. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ The fourth phase: development ▪ The time required for the formation of the indication ▪ Self-development and application methods of the developers ▪ The fifth phase: detection of indications. ▪ Wipe-off technique and evaluation of false, true, and relevant indications. ▪ Correct evaluation of indications (relevant and irrelevant), shape (linear and nonlinear), and size through the proper use of comparators or other approved tools.
4.0 CALIBRAZIONE STRUMENTI E CONTROLLI PERIODICI DI PROCESSO	4.0 INSTRUMENT CALIBRATION AND PERIODIC PROCESS CHECKS
4.1 IMPORTANZA DEI CONTROLLI DI PROCESSO E LORO METODOLOGIE DI ESECUZIONE <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prove sul penetrante ▪ Prove sull'emulsionante ▪ Prove sullo sviluppatore ▪ Prove sull'impianto (temporizzatori, termometri e termostati, manometri, lampade ed oscuramento) ▪ Efficienza generale del processo mediante Standard con difetti noti (TAM146040, ETC) ▪ Standard di riferimento utilizzati per i controlli periodici 	4.1 IMPORTANCE OF PROCESS CONTROLS AND THEIR METHODS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Penetrant tests ▪ Emulsifier tests ▪ Developer tests ▪ Equipment tests (timers, thermometers and thermostats, pressure gauges, lamps, and dimming) ▪ Overall process efficiency using standards with known defects (TAM146040, etc.) ▪ Reference standards used for periodic checks
5.0 GENESI DEI DIFETTI ED INTERPRETAZIONE E VALUTAZIONE DELLE INDICAZIONI <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cenni di difettologia e tipiche discontinuità aperte in superficie ▪ Aspetto delle indicazioni fluorescenti e fattori che lo influenzano ▪ Indicazioni dei vari tipi di cricca (da fatica, da tensocorrosione, da rettifica, etc) ▪ Indicazioni delle discontinuità tipiche delle fusioni ▪ Indicazione delle discontinuità tipiche dei forgiati ▪ Indicazione delle discontinuità tipiche delle saldature ▪ Indicazione delle discontinuità tipiche di altri tipi di materiali e lavorazioni (piastre, lamiere, estrusi, materiali compositi, ecc.) 	5.0 DEFECT GENESIS AND INTERPRETATION AND EVALUATION OF INDICATIONS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Overview of defects and typical open surface discontinuities ▪ Appearance of fluorescent indications and factors that influence them ▪ Indications of various types of cracks (fatigue, stress-slip, grinding, etc.) ▪ Indications of typical discontinuities in castings ▪ Indications of typical discontinuities in forgings ▪ Indications of typical discontinuities in welds ▪ <input type="checkbox"/> Indications of typical discontinuities in other types of materials and processes (plates, sheets, extrusions, composite materials, etc.)
6.0 IMPIANTI ED ATTREZZATURE	6.0 SYSTEMS AND EQUIPMENT
6.1 IMPIANTI <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impianti di pre e post pulitura (Sgrassaggi in solvente; Lavaggi in soluzione acquosa) ▪ Impianti di applicazione del penetrante (immersione, spruzzo, spruzzo elettrostatico) ▪ Impianti di applicazione dell'emulsionante (immersione, spruzzo, schiuma) ▪ Forni di asciugatura ▪ Impianti di applicazione sviluppatore (immersione, spruzzo, aspiratore e ciclone) ▪ Cabina di ispezione 6.2 ATTREZZATURE AUSILIARIE E STRUMENTI <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lampade U.V.-A a vapori di mercurio e LED ed altri tipi di lampade ▪ Lampade a luce bianca ▪ Boroscopi ▪ Termometri e termostati ▪ Manometri ▪ Temporizzatori ▪ Radiometri ▪ Rifrattometri ▪ Comparatori fluorescenti e calibri metallici 6.3 APPARECCHIATURE PORTATILI PER CONTROLLI IN CAMPO	6.1 PLANTS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pre- and post-cleaning systems (solvent degreasing; aqueous cleaning) ▪ Penetrant application systems (immersion, spray, electrostatic spray) ▪ Emulsifier application systems (immersion, spray, foam) ▪ Drying ovens ▪ Developer application systems (immersion, spray, aspirator, and cyclone) ▪ Inspection booth 6.2 AUXILIARY EQUIPMENT AND INSTRUMENTS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mercury vapor and LED UV-A lamps and other types of lamps ▪ White light lamps ▪ Borescopes ▪ Thermometers and thermostats ▪ Manometers ▪ Timers ▪ Radiometers ▪ Refractometers ▪ Fluorescent comparators and metal calipers 6.3 PORTABLE EQUIPMENT FOR CHECKS IN FIELD
7.0 CODICI, STANDARDS E PROCEDURE INTERNAZIONALI	7.0 INTERNATIONAL CODES, STANDARDS, AND PROCEDURES
8.0 INSERIMENTO DELL'ISPEZIONE NEL CICLO DI FABBRICAZIONE <ul style="list-style-type: none"> ▪ Operazioni che devono precedere il processo con Liquidi penetranti ▪ Operazioni che devono seguire il processo con Liquidi penetranti 	8.0 INTEGRATION OF INSPECTION INTO THE MANUFACTURING CYCLE <ul style="list-style-type: none"> ▪ Operations that must precede the liquid penetrant process ▪ Operations that must follow the liquid penetrant process
9.0 APPROFONDIMENTI SULLA QUALIFICA DEL PROCESSO	9.0 INSIGHTS INTO PROCESS QUALIFICATION
10. APPROFONDIMENTI SU QUALIFICA E CERTIFICAZIONE DEL PERSONALE CND SECONDO EN4179 /NAS410	10. INSIGHTS INTO QUALIFICATION AND CERTIFICATION OF NDT PERSONNEL ACCORDING TO EN4179/NAS410
11. PANORAMICA SU POSSIBILI INNOVAZIONI TECNOLOGICHE	11. OVERVIEW OF POSSIBLE TECHNOLOGICAL INNOVATIONS
12. APPROFONDIMENTI SU ASPETTI DI SICUREZZA, DI ECOLOGIA E DI MANIPOLAZIONE DEI PARTICOLARI 12.1 PREVENZIONE DAGLI INFORTUNI <ul style="list-style-type: none"> ▪ Precauzioni e Rischi connessi all'uso dei Prodotti (Solventi, Penetranti, Emulsificatori e Polveri) ▪ Volatilità, Infiammabilità e punto di infiammabilità dei prodotti ▪ La luce ultravioletta (filtri) 12.2 PREDISPOSIZIONI ECOLOGICHE 12.3 PRECAUZIONI PER LA CORRETTA MANIPOLAZIONE DELLE PARTI <ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrosione ▪ Urti ▪ Marcature 	12. INSIGHTS INTO SAFETY, ECOLOGY, AND PARTS HANDLING 12.1 ACCIDENT PREVENTION <ul style="list-style-type: none"> ▪ Precautions and Risks Associated with the Use of Products (Solvents, Penetrants, Emulsifiers, and Powders) ▪ Volatility, Flammability, and Flash Point of Products ▪ Ultraviolet Light (Filters) 12.2 ECOLOGICAL PRECAUTIONS 12.3 PRECAUTIONS FOR THE CORRECT HANDLING OF PARTS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Corrosion ▪ Impacts ▪ Markings

BIBLIOGRAFIA - Bibliography

- 1) C.E. Betz; Principles of Penetrants, 1969; Magnaflux Corporation; Chicago, Illinois -USA-
- 2) Le Prove Non Distruttive, Vol. 2, Parte IV, 1984; Associazione Italiana di Metallurgia, P.le Moranti,2, Milano
- 3) S. De Martini, Corso Teorico-Pratico Liquidi Penetranti (Livello -I); Quaderni Didattici, Associazione Italiana Prove Non Distruttive, via Foresti, 5, Brescia,
- 4) Nondestructive Testing, Liquid Penetrant, Classroom Training Handbook, CT-6-2 4th Edition; General Dynamics, San Diego, California -USA-,
- 5) Nondestructive Testing Handbook, Volume 2, Liquid Penetrant Testing 3rd Edition; The American Society for Nondestructive Testing, Columbus, Ohio -USA-,
- 6) Metals Handbook, Volume 17, Nondestructive Evaluation and Quality Control, 1989; Liquid Penetrant Inspection pp 71-88; ASM International; Metals Park, OH 44073 -USA

SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications

- 1) ASTM E 1417, Standard Practice for Liquid Penetrant Testing
- 2) AMS 2647, Fluorescent Penetrant Inspection
- 3) ASTM E 3022, Standard Practice for Measurement of Emission Characteristics and Requirements for LED UV-A Lamps Used in Fluorescent Penetrant and Magnetic Particle Testing
- 4) ASTM D95, Standard Test Method for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation¹
- 5) ASTM E1135, Standard Test Method for Comparing the Brightness of Fluorescent Penetrants

4.0 MT - SYLLABUS PER LIVELLO 3 PARTICELLE MAGNETICHE (MT - LEVEL 3 MAGNETIC PARTICLE TESTING SYLLABUS)	
<p>1.0 INTRODUZIONE ALLA TERMINOLOGIA E ALLA STORIA DELLA PROVA CON PARTICELLE MAGNETICHE (MT)</p> <p>1.1 Scopo della prova con particelle magnetiche (MT)</p> <p>Storia Fondamenti della prova con particelle magnetiche Applicabilità e limitazioni del metodo Terminologia</p>	<p>1 INTRODUCTION TO TERMINOLOGY AND HISTORY OF MAGNETIC PARTICLE TESTING (MT)</p> <p>1.1 Purpose of magnetic particle testing (MT)</p> <p>History Magnetic Particle Testing Fundaments Applicability and limitations Terminology</p>
<p>2.0 MATERIALI E PRINCIPI FISICI DEL MAGNETISMO</p> <p>2.1 Fenomeni fisici di base</p> <p>Corrente di magnetizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corrente alternata • Corrente continua • Corrente rettificata a mezza onda • Corrente rettificata ad onda completa (monofase) • Corrente rettificata a onda piena trifase • Unità <p>Campo magnetico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caratterizzazione • Misure • Campo magnetico (H) • Induzione magnetica (B) • Flusso magnetico e densità di flusso • Designazione delle leghe 	<p>2.0 MATERIALS AND PHYSICAL PRINCIPLES OF THE MAGNETISM</p> <p>2.1 Basic physical phenomena</p> <p>Magnetizing Current</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alternating Current • Direct Current • Half Wave Rectified Current • Full Wave Rectified Current (Single Phase) • Three Phase Full Wave Rectified Current • Units <p>Magnetic field</p> <ul style="list-style-type: none"> • Characterization • Measurements • Magnetic field (H) • Magnetic induction (B) • Magnetic Flux and Flux Density • Designation of alloys
<p>2.2 Proprietà dei materiali</p> <p>Materiali non magnetici Materiali magnetici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Influenza della temperatura sulle proprietà magnetiche <p>Materiali diamagnetici Materiali paramagnetici Materiali ferromagnetici Principali leghe ferromagnetiche Leghe particolari</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semi Austenitico • Martensitico • Ferritico 	<p>2.2 Properties of materials</p> <p>Non-magnetic materials Magnetic materials</p> <ul style="list-style-type: none"> • Influence of temperature on the magnetic properties <p>Diamagnetic Materials Paramagnetic Materials Ferromagnetic Materials Principal ferromagnetic alloys Particular alloys</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semi Austenitic • Martensitic • Ferritic
<p>2.3 Magnetizzazione del materiale ferromagnetico</p> <p>Magnetizzazione diretta Magnetizzazione indiretta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magneti permanenti • Conduttori centrali • Coli e solenoidi <p>Materiali magnetici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Campo magnetico (H) • Induzione magnetica (B) • Permeabilità magnetica relativa, μ_r • Forza coercitiva • Rimanenza • Campo di applicazione • Punto di Curie • Curva della prima magnetizzazione • Ciclo di isteresi e punti notevoli • Proprietà magnetiche dell'acciaio 	<p>2.3 Magnetization of Ferromagnetic Material</p> <p>Direct Magnetization Indirect Magnetization</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permanent Magnets • Central Conductors • Coils and Solenoids <p>Magnetic materials</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnetic field (H) • Magnetic induction (B) • Relative magnetic permeability, μ_r • Coercive force • retentivity • Field of application • Curie point • Curve of the first magnetization • Hysteresis cycle and remarkable points • Magnetic properties of steel
<p>2.4 Caratteristiche della prova con particelle magnetiche</p> <p>Influenza della geometria nel rilevare una discontinuità con la prova magnetica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profondità • Spessore • Orientamento 	<p>2.4 Characteristics of magnetic particle testing</p> <p>Influence of the geometry in detecting a magnetic discontinuity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Depth • Thickness • Orientation
<ul style="list-style-type: none"> • 2.5 Forza del campo magnetico e sua distribuzione • Magnetizzazione circolare • Magnetizzazione longitudinale • Bobine a basso fattore di riempimento • Torsione del cavo o bobine ad alto fattore di riempimento • Bobine intermedie del fattore di riempimento • Calcolo del rapporto lunghezza-diametro tra parte cava o cilindrica • Corrente alternata • Corrente continua • Cilindri solidi e cavi • Conduttore centrale che trasporta corrente continua • Distribuzione del campo per conduttori di corrente alternata 	<p>2.5 Field Strength and Distribution</p> <p>Circular Magnetization Longitudinal Magnetization</p> <ul style="list-style-type: none"> • Low Fill-Factor Coils • Cable Warp or High Fill-Factor Coils • Intermediate Fill-Factor Coils • Calculating the Length – to Diameter Ratio for Hollow or Cylindrical Part • Alternating Current • Direct Current • Solid and Hollow Cylinders • Central Conductor Carrying Direct Current • Field Distribution for Alternating Current Conductors

<p>3.0 CONOSCENZA DEL PRODOTTO E RELATIVA CAPACITÀ DEL METODO E DELLE TECNICHE DERIVATE</p> <p>3.1 Materiali per la prova con particelle magnetiche</p> <p>Materiali di ispezione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Particelle magnetiche • Particelle secche • Particelle umide • Paste • Concentrazione <p>Caratterizzazione e controllo delle particelle magnetiche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grandezza • Forma • Densità • Visibilità del contrasto • Permeabilità magnetica e retetività <p>Caratteristiche e controllo delle sospensioni di petrolio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viscosità • Infiammabilità • Odore • Colore • Fluorescenza • Costituenti reattivi • Contaminazione <p>Caratteristiche e controllo delle sospensioni acquose</p>	<p>3.0 PRODUCT KNOWLEDGE AND RELATED CAPABILITY OF THE METHOD AND DERIVED TECHNIQUES</p> <p>3.1 Magnetic Particle testing Materials</p> <p>Inspection Materials</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnetic Particles • Dry Particles • Wet Particles • Pastes • Concentration <p>Characteristics and Control of Magnetic Particles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Size • Shape • Density • Contrast Visibility • Magnetic Permeability and Retentivity <p>Characteristics and Control of Petroleum Suspensions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viscosity • Flammability • Odor • Color • Fluorescence • Reactive Constituents • Contamination <p>Characteristics and Control of Water Suspensions</p>
<p>3.2 Processo</p> <p>Condizioni di prova Preparazione delle parti Condizioni visivi per la prova metodo a secco, materiali e le tecniche metodo umido, Il materiale e le tecniche Applicazione delle particelle magnetiche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Magnetizzazione Residua • Magnetizzazione Continua <p>Selezione della tecnica Fattori che influenzano la rilevazione delle indicazioni</p>	<p>3.2 Processing</p> <p>Test conditions Preparation of parts Viewing conditions The Dry Method, Materials and Techniques The Wet Method Material and Techniques Application of medium</p> <ul style="list-style-type: none"> • Residual Magnetization • Continues Magnetization <p>Technique selection Factors affecting indications</p>
<p>4.0 ATTREZZATURE</p> <p>4.1 Apparecchiature di magnetizzazione</p> <p>Gioghi elettromagnetici Bobine Puntali Bancali Magnetici</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unità multidirezionali • Unità automatiche <p>Morsetti Cavi Avvolti Sorgenti luminose UV-A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lampada LED UV-A • Lampada UV-A a media e alta pressione <p>Luce visibile Luce ambientale Luce estranea Fattori umani</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adattamento all'ambiente oscurato • Transizione da condizioni di illuminazione luminose/oscurate • Ruolo dell'adattamento per l'ambiente oscurato <p>Condizioni di illuminazione</p>	<p>4.0 EQUIPMENT</p> <p>4.1 Magnetizing equipment</p> <p>Electromagnetic Yokes Coils Prods Magnetic benches</p> <ul style="list-style-type: none"> • Multidirectional Units • Automatic Units <p>Clamps Cable wraps UV-A Light sources</p> <ul style="list-style-type: none"> • UV-A LED Lamp • UV-A Medium and Hight pressure lamp <p>Visible Light Ambient Light Extraneous Light Human factors</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptation to darkened environment • Transition from bright/darkened lighting conditions • Role of adaptation for darkened environment <p>Conditions of illumination</p>
<p>4.2 Direzione, misurazione e regolazione del Campo magnetico</p> <p>Direzione e intensità Misurazione del campo magnetico esterno</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicatori di campo • Pie Gages • Shims • Sonda Hall (Gauss Meter) <p>Supporti di rilevamento Particelle</p>	<p>4.2 Magnetic Field Direction, Measurement and adjustment</p> <p>Direction an Intensity External Magnetic Field Measurement</p> <ul style="list-style-type: none"> • Field indicators • Pie Gages • Shims • Hall probe (Gauss Meter) <p>Detection media Particles</p>

<p>5 TEST</p> <p>5.1 Parametri</p> <p>Preparazione delle parti e influenza della qualità superficiale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparazione delle superfici <p>Smagnetizzazione Pulizia, lavorazione Magnetizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Attrezzatura • Tipo di corrente • Tempo di applicazione <p>Controllo delle condizioni di magnetizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valori dei parametri di magnetizzazione • Tecnica continua o multidirezionale • Tecnica di permanenza • Uso di indicatori di flusso e magnetometri <p>Tecnica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso corretto • Selezione • Intensità del campo magnetico • Orientamento <p>Pianificazione del test</p> <ul style="list-style-type: none"> • Griglie • Copertura <p>Rilevamento del mezzo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso corretto • Selezione corretta • Mezzo bagnato • Mezzo secco • Vernice a contrasto <p>Condizioni di visualizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adattamenti all'ambiente oscurato • Pulizia <p>Osservazione e indicazioni</p>	<p>5 TESTING</p> <p>5.1 Parameters</p> <p>Preparation of the parts and influence of the surface quality</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface preparation <p>Demagnetization Cleaning, machining Magnetization</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipment • Current type • Time of application <p>Control of magnetization conditions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Values of the magnetizing parameters • Continuous or simultaneous technique • Remanence technique • Use of flux indicators and magnetometers <p>Technique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correct use • Selection • Magnetic field strength • Orientation <p>Planning of the test</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grids • Coverage <p>Detecting medium</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correct use • Correct selection • Wet medium • Dry medium • Contrast paint <p>Viewing conditions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptations to darkened environment • Cleanliness <p>Observation and indications</p>
<p>5.2 Indicazione e interpretazioni</p> <p>Panoramica</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparazione impropria della superficie • Magnetizzazione eccessiva • Scrittura magnetica • Variazioni di permeabilità • Campi residui ed esterni • Cambiamenti metallurgici • Indicazione pertinente e non pertinente <p>Discontinuità</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discontinuità superficiali • Discontinuità susurface • Effetti delle discontinuità sulla sierovivibilità • Registrazione delle discontinuità • Interpretazione e valutazione delle indicazioni del test <p>Classificazione delle indicazioni</p> <ul style="list-style-type: none"> • Saldatura • Colata • Fucinatura • Tubi Fe 	<p>5.2 Indication and Interpretations</p> <p>Overview</p> <ul style="list-style-type: none"> • Improper Surface Preparation • Excessive Magnetization • Magnetic Writing • Permeability Variations • Residual and External Fields • Metallurgical Changes • Relevant and Non-Relevant Indication <p>Discontinuities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Surface Discontinuities • Subsurface Discontinuities • Effects of Discontinuities on Serviceability • Recording of discontinuities • Interpretation and Evaluation of test Indications <p>Classification of indications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welding • Casting • Forging • Fe tubes
<p>5.3 Probabilità di rilevamento</p> <p>Rilevabilità contro probabilità di rilevamento Probabilità di rilevamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Affidabilità • Fattori umani che influiscono sull'affidabilità • Riproducibilità 	<p>5.3 Probability of Detection</p> <p>Detectability Versus Probability of Detection Probability of Detection</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reliability • Human Factors that affect Reliability • Reproducibility
<p>5.4 Trattamento dei componenti</p> <p>Campo residuo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condizione che richiedono la smagnetizzazione • Livello di magnetismo residuo ammesso • Influenza sull'uso successivo del materiale <p>Smagnetizzazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principi di base • Unità per la smagnetizzazione e il loro funzionamento • Influenza del campo magnetico terrestre • Valore minimo del magnetico <p>Principi di smagnetizzazione del Campo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frequenza <ul style="list-style-type: none"> • Effetto pelle <p>Pulizia dei componenti</p>	<p>5.4 Treatment of components</p> <p>Residual field</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condition requiring demagnetization • Level of residual • Influence on later use of material <p>Demagnetization</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic principles • Demagnetization Units for Operation • Influence of terrestrial magnetic field • Minimal value of the magnetic field of demagnetization principles <p>field of demagnetization principles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frequency • Effect of skin <p>Cleaning of components</p>
<p>5.4 Rapporto di prova</p> <p>Nozioni di base sulla valutazione Rapporto di prova</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controllo del rapporto di prova secondo procedura scritta <p>Segnalazione di imperfezioni Valutazione della qualità dell'indicazione Conservazione delle indicazioni</p>	<p>5.4 Test report</p> <p>Basics of evaluation Test report</p> <ul style="list-style-type: none"> • Check test report in accordance with written procedure <p>Report of imperfections Evaluation of the indication quality Preservation of indications</p>

<p>6.0 CONTROLLI DI PROCESSO E DELLE APPARECCHIATURE</p> <p>6.1 Controllo e verifica delle funzioni delle apparecchiature</p> <p>Sistema elettrico e controlli</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo di impulso • Controllo Amperometri • Prova dell'Interruzione Rapida della corrente • Controllo del timer durata dell'impulso • Altri controlli della macchina <p>Controllo delle prestazioni di Sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controllo della concentrazione delle particelle umide • Controllo della contaminazione delle particelle umide • Controllo di contaminazione del veicolo (vettore) • Controllo dell'interruzione del pelo di acqua <p>Intensità e integrità della luce</p> <ul style="list-style-type: none"> • Misurazione della luce UV-A • Misurazione della luce visibile • Misurazione della luce ambientale 	<p>6.0 PROCESS AND EQUIPMENT CONTROLS</p> <p>6.1 Control and Verification of Equipment Functions</p> <p>Electrical System and Controls</p> <ul style="list-style-type: none"> • Short Test • Ammeter Check • Quick Break Test • Shot Timer Check • Other Machine Check <p>System Performance Check</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wet Particle Concentration Check • Wet Particle Contamination Check • Vehicle (Carrier) Contamination Check • Water Break Check <p>Light Intensity and Integrity</p> <ul style="list-style-type: none"> • Measurement of UV-A Light • Measurement of Visible Light • Measurement of Ambient Light
<p>7.0 ASPETTI QUALITATIVI</p> <p>7.1 Personale qualificato</p> <p>NAS410/EN4179 Altri sistemi di qualificazione e certificazione NDT</p> <p>7.2 Documentazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formato e ambito delle procedure di lavoro • Qualificazione delle procedure NDT • Autorizzazioni (istruzioni NDT, procedure e personale) • Sviluppo di istruzioni scritte • Funzionamento corretto delle istruzioni scritte • Tracciabilità dei documenti • Affidabilità delle misurazioni 	<p>7.0 QUALITY ASPECTS</p> <p>7.1 Personnel qualification</p> <p>NAS410/EN4179 Other NDT qualification and certification systems</p> <p>7.2 Documentation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Format and scope of working procedures • Qualification of NDT procedures • Authorizations (NDT instruction, procedures and personnel) • Developing written instruction • Working correctly to written instruction • Traceability of documents • Reliability of measurements
<p>BIBLIOGRAFIA - Bibliography</p> <p>1) ASM "Non-destructive Inspection and Quality Control" Metals handbook vol.11. 2) ASNT "NDT HANDBOOK MPI" vol.6. 3) AIPND "Quaderni didattici controllo con particelle magnetiche" per livelli II e III [G. Gaetani, G. Magistrali, G. Torrida]. 4) AIM "Le Prove Non Distruttive". 5) C.E. Betz "principles of Magnetic Particle Testing". 6) ASNT Level III Study "Guide Magnetic Particle Testing Method". 7) AIPnD – Metodo Magnetoscopico – Testo Pratico per Operatori di Livello I e II [A. Arelli; C. Brunetti 8) AIPnD - Quaderni Didattici - Corso di Specializzazione sui Controlli Non Distruttivi con Particelle Magnetiche (Fisica dell'esame magnetoscopico, Apparecchiature per controlli magnetoscopici - Livello II e III) 9) AIPnD - Corso di Specializzazione sui Controlli non Distruttivi con Liquidi Penetranti Livello II e III [G. Gaetani; G. Torrida] 10) Prove non Distruttive - Metodo Magnetoscopico. Corso per livello II [G. Gaetani, G. Magistrali, G. Torrida]. 11) AIM (Comitato tecnico del Centro di Studio AIM per le prove non distruttive) - Le prove non distruttive presentate dall'AIM, Parte 4. 12) Introduction to Non-Destructive Testing: A Training Guide, Chapter 7 [P. E. Mix, John Wiley & Son]. 13) AGARD-AG-201 Volume 1 - Non-Destructive Inspection Practices Chapter 3.1.1 [North Atlantic Treaty Organization]. 14) Gilardoni - Defectologia o Controllo Non Distruttivi CND - Parte III [A. Gilardoni, C Gilardoni, AP. Gilardoni] . 15) Technical Manual NAVAIR TO 33B-1-1, Chapter 3 - Magnetic Particle Inspection Method</p> <p>SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications</p> <p>1) ASTM E1444 Standard Practice for Magnetic Particle Testing for Aerospace 2) ASTM E709 Guide for Magnetic Particle Testing 3) ASTM E2297 Guide for Use of UV-A and Visible Light Sources and Meters used in the Liquid Penetrant and Magnetic Particle Methods 4) ASTM E3022 Practice for Measurement of Emission Characteristics and Requirements for LED UV-A Lamps Used in Fluorescent Penetrant and Magnetic Particle Testing 5) ASTM E3024/E3024M Practice for Magnetic Particle Testing for General Industry 6) AMS 2175 Castings, Classification, and Inspection of 7) AMS 2641 Magnetic Particle Inspection Vehicle 8) AMS 3044 Magnetic Particles, Fluorescent, Wet Method, Dry Powder 9) AMS 3045 Magnetic Particles, Fluorescent, Wet Method, Oil Vehicle, Ready-To-Use 10) AMS 3046 Magnetic Particles, Fluorescent, Wet Method, Oil Vehicle, Aerosol Packaged5 11) AMS 5355 Investment Castings 12) AS 4792 Water Conditioning Agents for Aqueous Magnetic Particle Inspection 13) AS 5282 Tool Steel Ring Standard for Magnetic Particle Inspection 14) AS 5371 Reference Standards Notched Shims for Magnetic Particle Inspection 15) A-A-59230 Fluid, Magnetic Particle Inspection, Suspension 16) MIL-STD-1949 Military Standard: Inspection, Magnetic Particle 17) ISO 10228-1 Prove non distruttive dei fucinati di acciaio 18) ISO 4986 Steel and iron castings — Magnetic particle testing 19) AWD D17.1 Fusion Welding for Aerospace Applications 20) ISO 23278 Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo con particelle magnetiche - Livelli di accettabilità</p>	

5.0 ET - SYLLABUS PER LIVELLO 3 CORRENTI INDOTTE (ET - LEVEL 3 EDDY CURRENT SYLLABUS)	
1.0 PRINCIPI FISICI E TEORICI	1.0 PHYSICAL AND THEORETICAL PRINCIPLES
1.1 OPERAZIONI FISICHE E MATEMATICHE	1.1 PHYSICAL AND MATHEMATICAL OPERATIONS
<ul style="list-style-type: none"> • Grandezze scalari e grandezze vettoriali • Operazioni tra grandezze scalari e grandezze vettoriali • Regola mano destra • Numeri complessi e loro rappresentazione geometrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Scalar and vector quantities • Operations between scalar and vector quantities • Right hand rule • Complex numbers and their geometric representation
1.2 ELETTRICITÀ	1.2 ELECTRICITY
<ul style="list-style-type: none"> • Carica elettrica • Corrente elettrica • Forza elettromotrice (FEM) • Legge di Ohm • Resistenza • Resistività • Conduttività e sue unità di misura (mhos/m, siemens/m, IACS%) • Valori di conduttività per alcuni metalli • Corrente elettrica continua • Corrente elettrica alternata <ul style="list-style-type: none"> • Ampiezza • Frequenza • Periodo • Fase • Rappresentazione vettoriale • Corrente elettrica raddrizzata • Unità SI e CGS 	<ul style="list-style-type: none"> • Electric charge • Electric current • Electromotive force (FEM) • Ohm's law • Resistance • Resistivity • Conductivity and its units of measurement (mhos/m, siemens/m, IACS%) • Conductivity values for some metals • Continuous electric current • Alternating electric current <ul style="list-style-type: none"> • Amplitude • Frequency • Period • Phase • Vector representation • Rectified electric current • SI and CGS units
1.3 MAGNETISMO	1.3 MAGNETISM
<ul style="list-style-type: none"> • Campo magnetico • Linee di forza • Forza del campo magnetico • Flusso magnetico ed induzione magnetica • Domini magnetici • Permeabilità magnetica assoluta e relativa • Riluttanza • Materiali diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici • Il ferro, le sue forme allotropiche e la sua permeabilità al variare della temperatura <ul style="list-style-type: none"> • Isteresi magnetica • Forza magnetomotrice • Unità SI e CGS 	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetic field • Lines of force • Strength of the magnetic field • Magnetic flux and magnetic induction • Magnetic domains • Absolute and relative magnetic permeability • Reluctance • Diamagnetic, paramagnetic and ferromagnetic materials • Iron, its allotropic forms, and its permeability as the temperature varies • Magnetic hysteresis • Magnetomotive force • SI and CGS units
1.4 ELETTROMAGNETISMO	1.4 ELECTROMAGNETISM
<ul style="list-style-type: none"> • Cenni storici sulla induzione elettromagnetica (esperienze di Arago, Ørsted, Faraday) • Campo magnetico creato da una corrente • Legge di Biot-Savart • Campo magnetico generato da corrente circolante in spire, bobine, solenoidi • Fenomeno dell'induzione elettromagnetica • Legge di Faraday • Correnti indotte • Legge di Lenz • Distribuzione delle correnti indotte nei materiali conduttivi • Densità e profondità di penetrazione (effetto pelle) • Induttanza • Calcolo dell'induttanza di una bobina • Mutua induzione • Esempi di sfruttamento industriale della induzione elettromagnetica (generatori e trasformatori di corrente alternata) • Unità SI e CGS 	<ul style="list-style-type: none"> • Historical notes on electromagnetic induction (experiences of Arago, Ørsted, Faraday) • Magnetic field created by a current • Biot-Savart law • Magnetic field generated by current circulating in coils, coils, solenoids • Phenomenon of electromagnetic induction • Faraday's law • Eddy current • Lenz's law • Distribution of eddy current in conductive materials • Density and depth of penetration (skin effect) • Inductance • Calculation of the inductance of a coil • Mutual induction • Examples of industrial exploitation of electromagnetic induction (alternating current generators and transformers) • SI and CGS units
1.5 DIAGRAMMI PIANO D'IMPEDENZA	1.5 IMPEDANCE PLAN DIAGRAMS
<ul style="list-style-type: none"> • Reattanza induttiva X_L • Reattanza capacitiva X_C • Impedenza Z e sua rappresentazione vettoriale • Relazione corrente alternata e tensione in un circuito puramente resistivo (circuito R), • Relazione corrente alternata e tensione in un circuito puramente induttivo (circuito L) • Relazione corrente alternata e tensione in un circuito resistivo-induttivo (circuito RL) • Frequenza di risonanza • Rappresentazione vettoriale dell'impedenza (piano complesso) <ul style="list-style-type: none"> • Ampiezza e fase • I diagrammi $\delta/\sigma/\mu$ <ul style="list-style-type: none"> • Influenza della conduttività • Influenza della frequenza • Influenza della permeabilità • Influenza della distanza di accoppiamento (lift-off) • Influenza dello spessore • Influenza di un rivestimento non conduttivo su materiale conduttivo <ul style="list-style-type: none"> • Influenza di un rivestimento conduttivo su materiale conduttivo • Influenza di un difetto superficiale 	<ul style="list-style-type: none"> • Inductive reactor X_L • X_C capacitive reactor • Impedance Z and its vector representation • Relation of alternating current and voltage in a purely resistive circuit (circuit R), • Relation of alternating current and voltage in a purely inductive circuit (circuit L) • Relation of alternating current and voltage in a resistive-inductive circuit (RL circuit) • Resonant frequency • Vector representation of impedance (complex plane) <ul style="list-style-type: none"> • Amplitude and phase • The $\delta/\sigma/\mu$ diagrams <ul style="list-style-type: none"> • Influence of conductivity • Influence of frequency • Influence of permeability • Influence of the coupling distance (lift-off) • Influence of thickness • Influence of a non-conductive coating on conductive material • Influence of a conductive coating on conductive material • Influence of a superficial defect

<ul style="list-style-type: none"> • Influenza di un difetto interno (fase e variazione della fase in funzione della profondità) • Piano d'impedenza normalizzato • Frequenza limite (o caratteristica) • Frequenza normalizzata 	<ul style="list-style-type: none"> • Influence of an internal defect (phase and phase variation as a function of depth) • Normalized impedance plan • Limit frequency (or characteristic) • Normalized frequency
<p>2.0 APPARATI</p>	<p>2.0 EQUIPMENT</p>
<p>2.1 SONDE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Progettazione delle sonde (meccanica ed elettrica) • Calcolo della reattanza di una sonda • Fattore di merito della bobina • Configurazione bobine <ul style="list-style-type: none"> • Sonde di superficie • Sonde avvolgenti • Sonde per interni • Sonde rotanti • Sonde a scorrimento (sliding probe) • Sonde tangenziali • Operatività bobine <ul style="list-style-type: none"> • Sonde assolute • Sonde differenziali • Sonde ad effetto Hall • Sonde a riflessione • Sensori magnetooptici • Sonde array <ul style="list-style-type: none"> • Configurazione (materiale, forma e rigidità) • Configurazione (numero sonde e loro disposizione) • Risoluzione • Funzione delle singole sonde: trasmissione e/o ricezione • Connessione elementi • Superficie di scansione • Cross-talk • Elementi non funzionanti (dead element) • Configurazione a ponte e a riflessione (driver/pickup) • Sonde con nucleo ferromagnetico interno ed a tazza • Schermatura e suo effetto su sensibilità e penetrazione delle correnti indotte • Connessione sonda strumento 	<p>2.1 PROBES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probe design (mechanical and electrical) • Calculation of the reactance of a probe • Coil merit factor • Coil configuration <ul style="list-style-type: none"> • Surface probes • Encircling probes • Internal probes • Rotating probes • Sliding probes • Tangential probes • Coils operation <ul style="list-style-type: none"> • Absolute probes • Differential probes • Hall effect probes • Reflection probes • Magneto-optic sensors • Array probes <ul style="list-style-type: none"> • Configuration (material, shape, and stiffness) • Configuration (number of probes and their arrangement) • Resolution • Function of the single probes: transmission and/or reception • Connecting elements • Scan surface • Cross-talk • Non-functional elements (dead element) • Bridge and reflection configuration (driver/pickup) • Probes with internal ferromagnetic core and cup • Shielding and its effect on sensitivity and penetration of induced currents • Instrument probe connection
<p>2.2 STRUMENTI</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strumenti analogici, digitali • Principi di funzionamento (emissione, ricezione e modulazione segnale) • Selezione frequenza • Filtro passa-basso (LP), passa-alto (HP), passa-banda (BP) e loro selezione • Filtro mediano e sua selezione • Selezione fase • Rapporto segnale/rumore • Guadagno X/Y • Guadagno preamplificatore • Soglie di allarme • Compensazione • Ponte di Wheatstone • Strumenti a frequenza singola e multifrequenza • Strumento Eddy Current Array <ul style="list-style-type: none"> • Multiplexing • Canali acquisizione segnale • Encoder 	<p>2.2 INSTRUMENTS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analogue, digital instruments • Principles of operation (signal emission, reception, and modulation) • Frequency selection • Low pass (LP), high pass (HP), band pass (BP) filter and their selection • Median filter and its selection • Phase selection • Signal to noise ratio • X/Y gain • Preamplifier gain • Alarm thresholds • Compensation • Wheatstone bridge • Single-frequency and multi-frequency instruments • Eddy Current Array instrument <ul style="list-style-type: none"> • Multiplexing • Signal acquisition channels • Encoder
<p>2.3 STANDARD DI RIFERIMENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Progettazione • Produzione • Conservazione • Differenze con difetti reali 	<p>2.3 REFERENCE STANDARDS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Design • Production • Storage • Differences with real defects
<p>3.0 APPLICAZIONI</p>	<p>3.0 APPLICATIONS</p>
<p>3.1 MISURE CON CORRENTI INDOTTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Misura conducibilità • Rilevazione ed identificazione materiale • Misura spessore materiale conduttivo • Misure spessori rivestimenti conduttivi e non-conduttivi su materiale conduttivo • Influenza della temperatura • Influenza della velocità d'ispezione • Ispezioni manuali • Ispezioni automatiche • Rilevamento cricche <ul style="list-style-type: none"> • POD (Probability of detection) • Grandezza difetto rilevabile • Rilevamento e misura corrosione • Applicazioni per sonde assolute e differenziali • Applicazioni con sonde scorrevoli • Applicazioni con sonde array • Influenze esterne durante l'ispezione con correnti indotte <ul style="list-style-type: none"> • Forma della parte da testare 	<p>3.1 MEASUREMENTS BY EDDY CURRENT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductivity measurement • Material detection and identification • Measurement of conductive material thickness • Measurement of thickness of conductive and non-conductive coatings on conductive material • Influence of temperature • Influence of the inspection speed • Manual inspections • Automatic inspections • Crack detection <ul style="list-style-type: none"> • POD (Probability of detection) • Detectable defect size • Detection and measurement of corrosion • Applications for absolute and differential probes • Applications with sliding probes • Applications with array probes • External influences during the inspection with eddy current <ul style="list-style-type: none"> • Shape of the part to be tested • Effect of conductive/ferromagnetic materials in the proximity of the area to be inspected

<ul style="list-style-type: none"> • Effetto di materiali conduttivi/ferromagnetici in prossimità dell'area da ispezionare • Valutazione pratica della estensione del campo elettromagnetico della bobina • Effetto bordo • Effetto lift-off e fattore di riempimento • Saturazione magnetica per l'ispezione di materiali ferromagnetici 	<ul style="list-style-type: none"> • Practical evaluation of the extension of the electromagnetic field of the coil • Edge effect • Lift-off effect and fill factor • Magnetic saturation for the inspection of ferromagnetic materials
<p>3.2 LE TECNICHE DI ISPEZIONE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisi d'impedenza <ul style="list-style-type: none"> • Analisi di ampiezza e fase • Tecnica del punto-vettore • Tecnica dell'ellisse • Tecnica della base dei tempi lineare • Tecnica multifrequenza • Tecnica Eddy Current Array <ul style="list-style-type: none"> • Velocità d'ispezione • Velocità acquisizione dati • C-scan • Colori di scala • Analisi del segnale • Rumore e smussamento dati • Interpolazione • Curva di calibrazione 	<p>3.2 INSPECTION TECHNIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impedance analysis <ul style="list-style-type: none"> • Amplitude and phase analysis • Point-vector technique • Ellipse technique • Linear time base technique • Multi-frequency technique • Eddy Current Array technique <ul style="list-style-type: none"> • Inspection speed • Data acquisition speed • C-scan • Scale colors • Signal analysis • Noise and data smoothing • Interpolation • Calibration curve
<p>4.0 CALIBRAZIONE E CONTROLLO DI PROCESSO</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 15548-1, -2, -3 • ISO 20339 	<p>4.0 CALIBRATION AND PROCESS CONTROL</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 15548-1, -2, -3 • ISO 20339
<p>5.0 INTERPRETAZIONE E VALUTAZIONE</p>	<p>5.0 INTERPRETATION AND EVALUATION</p>
<p>6.0 CODICI, STANDARDS E PROCEDURE</p>	<p>6.0 CODES, STANDARDS AND PROCEDURES</p>
<p>7.0 FASE DI ISPEZIONE NEL CICLO DI FABBRICAZIONE</p>	<p>7.0 INSPECTION STEP IN THE WORKING CYCLE</p>
<p>8.0 APPROFONDIMENTI SULLA QUALIFICA DEL PROCESSO</p> <ul style="list-style-type: none"> • EN4179 • NAS 410 • Altre norme (SNT-TC-1A e ISO9712) 	<p>8.0 SOME DETAILS ON PROCESS QUALIFICATION</p> <ul style="list-style-type: none"> • EN4179 • NAS 410 • Other standards (SNT-TC-1A and ISO9712)
<p>9.0 APPROFONDIMENTI SULL'ATTIVITA' DI AUDIT</p>	<p>9.0 SOME DETAILS ON AUDIT ACTIVITIES</p>
<p>10.0 PANORAMICA SU POSSIBILI INNOVAZIONI TECNOLOGICHE</p>	<p>10.0 OVERVIEW OF POSSIBLE TECHNOLOGICAL INNOVATIONS</p>
<p>11.0 ALTRE TECNICHE ELETTROMAGNETICHE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remote field testing <ul style="list-style-type: none"> • Curva di calibrazione • Effetto della velocità della sonda • Effetto dei supporti tubo • Differenze tra sonde RFT e NFT (Near Field Testing) • Eddy Current Testing versus Remote Field Testing • Magnetic flux leakage testing <ul style="list-style-type: none"> • Magnetic Flux Leakage versus Remote Field Testing • Alternating Current versus Direct Current Magnetization • Alternating Current Field Measurement • Pulsed Eddy Current • Magneto optic testing 	<p>11.0 OTHER ELECTROMAGNETIC TECHNIQUES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Remote field testing <ul style="list-style-type: none"> • Calibration curve • Effect of the speed of the probe • Effect of pipe supports • Differences between RFT and NFT (Near Field Testing) probes • Eddy Current Testing versus Remote Field Testing • Magnetic flux leakage testing <ul style="list-style-type: none"> • Magnetic Flux Leakage versus Remote Field Testing • Alternating Current versus Direct Current Magnetization • Alternating Current Field Measurement • Pulsed Eddy Current • Magneto optic testing
<p>BIBLIOGRAFIA – Bibliography</p> <p>1) Nondestructive Testing Handbook, Volume 5 Electromagnetic Testing Third Edition; The American Society for Nondestructive Testing, Columbus, Ohio -USA-,</p> <p>2) ASNT Level III Study Guide, Electromagnetic testing Method, Third Edition; The American Society for Nondestructive Testing, Columbus, Ohio -USA-,</p> <p>3) METODO DELLE CORRENTI INDOTTE (Corso per livelli II e III) di G. Magistrali edizione anno 2006 Quaderni Didattici, Associazione Italiana Prove Non Distruttive, via Foresti, 5, Brescia</p> <p>4) Eddy Current Array Technology Book 1st Edition - Eclipse Scientific Products</p> <p>SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications</p> <p>1) ASTM E426, Standard Practice for Electromagnetic (Eddy Current) Examination of Seamless and Welded Tubular Products, Titanium, Austenitic Stainless Steel and Similar Alloys</p> <p>2) ASTM E3052, Standard Practice for Examination of Carbon Steel Welds Using An Eddy Current Array</p> <p>3) ASTM E690, Standard Practice for In Situ Electromagnetic (Eddy Current) Examination of Nonmagnetic Heat Exchanger Tubes</p> <p>4) ISO 15549</p> <p>5) ASTM E571, Standard Practice for Electromagnetic (Eddy-Current) Examination of Nickel and Nickel Alloy Tubular Products</p> <p>6) ASTM E376, Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy Current (Electromagnetic) Testing Methods</p> <p>7) ASTM E215, Standard Practice for Standardizing Equipment and Electromagnetic Examination of Seamless Aluminium-Alloy Tube</p> <p>8) NASA PRC-6509, Process Specification for Eddy Current Inspection</p> <p>9) ARP4402 REV.A, Eddy Current Inspection of Open Fastener Holes in Aluminium Aircraft Structure</p> <p>10) ITA-ST/ISP/ET-001A, (fornita su richiesta del candidato)</p> <p>11) ITA-ST/ISP/ET-002A, (fornita su richiesta del candidato)</p>	

**6.0 UT - SYLLABUS PER LIVELLO 3 ULTRASUONI
(UT - LEVEL 3 ULTRASONIC TESTING SYLLABUS)**

1. Teoria di base e principi del controllo

- Conoscenze di base di struttura della materia e teoria dell'elasticità.
- Onde acustiche:
 - natura;
 - forma d'onda e sue armoniche;
 - Principio di Huygens, spettro, analisi di Fourier, larghezza di banda e fattore di qualità;
 - modi di vibrazione (onde longitudinali, di taglio, guidate, di superficie, di creep);
 - propagazione e velocità delle onde;
 - impedenza acustica, velocità e lunghezza d'onda rispetto alla frequenza nei comuni materiali aerospaziali;
 - caratteristiche e rappresentazioni dell'onda nei domini spaziale, temporale e di frequenza.
- Fenomeni acustici:
 - pressione, ampiezza, intensità e misure in decibel;
 - impedenza;
 - trasmissione, riflessione e legge di Snell, diffusione, sfasamento, bilancio energetico;
 - rifrazione, diffrazione, effetto Doppler.
- Perturbazioni delle onde ultrasonore in base ai materiali e alle condizioni della superficie:
 - attenuazione per diffusione;
 - assorbimento;
 - interferenza e rugosità superficiale;
 - filtraggio di frequenza;
 - conversioni di modo, relativi parametri caratteristici, angoli critici.
- Trasduttori:
 - applicazione dei modi di vibrazione e legge di Snell;
 - generazione e rilevamento di ultrasuoni;
 - effetti piezoelettrico diretto e inverso (o effetto Lippmann), magnetoresistività, trasduttori e tipi di eccitazione;
 - materiali e fabbricazione trasduttori;
 - relazione spessore - velocità - frequenza;
 - tipi di trasduttori (trasduttori a fascio diritto, a fascio angolato, focalizzati, a contatto, a doppio elemento, a immersione, phased array; sonde EMAT, ad accoppiamento d'aria);
 - linee di ritardo e wedge;
 - campi vicino e lontano;
 - progettazione e selezione di trasduttori.
- Rumore e rapporto segnale/rumore (SNR) nelle varie fasi del processo di ispezione.
- Sistemi e strumenti ad ultrasuoni:
 - sottosistema di trasmissione (pulsatore, elettronica di trasmissione, DAC, filtri, Timer-PRF, amplificazione);
 - sottosistema ricevitore (ricevitore elettronico, TCG, amplificazione, filtri, convertitore analogico/digitale);
 - sistemi di trasduttori (single/array, trasmissione/riflessione);
 - sistemi di scansione;
 - pre/post-processor;
 - CPU del sistema UT;
 - monitor e computer;
 - apparecchiature speciali (bond testers e display con piano di impedenza, Pitch-Catch, impedenza meccanica, test di risonanza, misurazione dello spessore con ultrasuoni);
 - accoppianti;
 - funzioni di controllo degli strumenti.
- Vantaggi/svantaggi e capacità generali del metodo UT, rispetto ad altri metodi NDT

1. Basic theory and test principles

- *Basic knowledge of structure of the matter and theory of elasticity.*
- *Acoustic waves:*
 - *nature;*
 - *waveform and its harmonics;*
 - *Huygens' Principle, spectrum, Fourier analysis, bandwidth, and quality factor;*
 - *wave modes (longitudinal, shear, guided, surface, creep waves);*
 - *wave propagation and wave velocities;*
 - *acoustic impedance, velocity, and wavelength vs. frequency in common aerospace materials;*
 - *wave features and representations in the spatial, temporal, and frequency domains.*
- *Acoustic phenomena:*
 - *pressure, amplitude, intensity, and measurements in decibels;*
 - *impedance;*
 - *transmission, reflection and Snell's law, scattering, phase displacement, energy balance;*
 - *refraction, diffraction, Doppler effect.*
- *Ultrasonic wave perturbations depending on the materials and surface conditions:*
 - *scattering attenuation;*
 - *absorption;*
 - *interference and surface roughness;*
 - *frequency filtering;*
 - *mode conversions, related characterizing parameters, critical angles.*
- *Transducers:*
 - *application of vibration modes and Snell's law;*
 - *generation and detection of ultrasounds;*
 - *direct and indirect (Lippmann) piezoelectric effects, magneto-resistivity, transducers and types of excitation;*
 - *materials and manufacturing of transducers;*
 - *thickness - velocity - frequency relationship;*
 - *transducer types (straight beam, angle beam, focused, contact, dual-element, immersion, phased array transducers; EMAT, air-coupling probes);*
 - *delay lines and wedges;*
 - *near and far fields;*
 - *design and selection of transducers.*
- *Noise and signal to noise ratio (SNR) in the various phases of the inspection process.*
- *Ultrasounds systems and instruments:*
 - *transmission sub-system (pulser, transmission electronics, DAC, filters, Timer-PRF, amplification);*
 - *receiver sub-system (electronic receiver, TCG, amplification, filters, analog/digital converter);*
 - *transducer systems (single/array, transmission/pulse-echo);*
 - *scanning systems;*
 - *pre-/post-processors;*
 - *UT system CPU;*
 - *monitors and computers;*
 - *special equipment (bond testers and impedance plane display, Pitch-Catch, mechanical impedance, resonance test, ultrasonic thickness measurement);*
 - *couplants;*
 - *instrument control functions.*
- *Advantages/disadvantages, and general capability of UT method, as compared with other NDT methods.*

2. Prodotti e materiali; formazione e caratterizzazione delle discontinuità

- Ispezione UT in base a materiali, processi e relative discontinuità:
 - compositi;
 - schiume;
 - strutture a nido d'ape;
 - carbonio-carbonio;
 - fusioni;
 - forgiati;
 - parti macchinate;

2. Product forms and materials; discontinuity formation and characterization

- *UT inspection according to materials, processes, and related discontinuities:*
 - *composites;*
 - *foams;*
 - *honeycomb structures;*
 - *carbon-carbon;*
 - *castings;*
 - *forgings;*
 - *machined parts;*

<ul style="list-style-type: none"> - parti in lamiera; - strutture con giunzioni meccaniche; - saldature; - parti incollate; - rivestimenti; - danni da servizio. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>sheet metal parts;</i> - <i>fastened structures;</i> - <i>weldments;</i> - <i>bonded parts;</i> - <i>coatings;</i> - <i>in-services damages.</i>
<p>3. Utilizzo e standardizzazione strumentazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scansione e rappresentazioni ultrasonore: <ul style="list-style-type: none"> - scansione manuale e automatica; - rappresentazioni dei dati nel tempo (TOF), ampiezza e frequenza; - rappresentazioni comuni (A-, B-, C- e S-scan con sonde convenzionali e phased-array); - altre rappresentazioni (TD-scan, onda continua, onda pulsata, color e spectral Doppler, display M-mode, Harmonic, Elasticity/Strain Imaging). • Tecniche UT e relative potenzialità: <ul style="list-style-type: none"> - peculiarità dell'ispezione di compositi, metalli, saldature e incollaggi; - particolarità delle superfici piane e raggiate; - trasmissione; - riflessione, fascio rettilineo, fascio angolato; - ispezione a contatto, immersione e colonna d'acqua (bubbler, squirter); - ispezioni phased array (saldature, compositi, altri casi); - Time of Flight Diffraction (TOFD); - Laser UT; - altre tecniche (doppia trasmissione, echi multipli, risonanza per misura di spessori sottili). • Applicazioni dell'SNR in funzione delle tecniche ultrasonore per la caratterizzazione dell'ispezione e delle caratteristiche delle discontinuità. • Vantaggi/svantaggi e limitazioni di ciascuna tecnica CND. 	<p>3. Equipment operation, and standardization</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ultrasounds scanning and representations:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>hand and automatic scanning;</i> - <i>data representations in time (TOF), amplitude and frequency;</i> - <i>common representations (A-, B-, C-, and S-scan with conventional and phased-array probes);</i> - <i>other representations (TD-scan, continuous Wave, Pulse Wave, color and spectral Doppler, Display M-mode, Harmonic, Elasticity/Strain Imaging).</i> • <i>UT techniques and related capabilities:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>peculiarities of composite, metal, weldments, and bonded inspection;</i> - <i>peculiarities of flat and radius areas;</i> - <i>through-transmission;</i> - <i>pulse-echo, straight beam, angle beam;</i> - <i>contact, immersion, and water column (bubblers, squirter) inspection;</i> - <i>phased array-based inspections (welds, composites, other cases);</i> - <i>Time of Flight Diffraction (TOFD);</i> - <i>Laser UT;</i> - <i>other techniques (double through transmission, multiple echoes, resonance for thin thickness gauge).</i> • <i>Applications of SNR as a function of ultrasonic techniques for characterizing inspection and discontinuity features.</i> • <i>Advantages/disadvantages, and limitations of each NDT technique.</i>
<p>4. Controlli di processo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlli di qualità/manutenzione e calibrazione • Standardizzazione e confronto con gli standard di riferimento. • Tipi di blocchi standard e loro utilizzo. • Standard speciali come repliche di parti. • Difetti artificialmente simulati e indotti negli standard. 	<p>4. Process controls</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Quality/maintenance checks and calibration.</i> • <i>Standardization and comparison with reference standards.</i> • <i>Types of standard blocks and their use.</i> • <i>Special standards as replicas of parts.</i> • <i>Artificially simulated and induced defects in standards.</i>
<p>5. Interpretazione e valutazione</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicazioni e loro interpretazione. • Indicazioni false e non rilevanti. • Indicazioni rilevanti e loro valutazione. • Tecniche di dimensionamento delle discontinuità. • Valutazione e criteri di accettabilità. 	<p>5. Interpretation and Evaluation</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Indications and their interpretation.</i> • <i>False and Non relevant indications.</i> • <i>Relevant indications and their evaluation.</i> • <i>Discontinuity sizing techniques.</i> • <i>Evaluation and acceptance criteria.</i>
<p>6. Fasi e parametri di processo NDT applicabili</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requisiti minimi per il processo NDT: <ul style="list-style-type: none"> - Scopo; - Riferimenti; - Certificazione del personale; - Attrezzature e materiali; - Standardizzazione; - Preparazione delle parti; - Sequenza di prova; - Interpretazione e valutazione; - Registrazione; - Operazioni finali; - Sicurezza impianti. 	<p>6. Applicable NDT processing steps and parameters</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Minimum requirements for the NDT process:</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Scope;</i> - <i>References;</i> - <i>Personnel certification;</i> - <i>Equipment and material;</i> - <i>Standardization;</i> - <i>Part preparation;</i> - <i>Test sequence;</i> - <i>Interpretation and evaluation;</i> - <i>Recording;</i> - <i>Final operation;</i> - <i>Equipment safety.</i>

Bibliografia - Bibliography

- 1) Quaderni Didattici AIPND: Metodo ultrasonico corso per livelli 2 e 3 di Magistrali e Marra
- 2) ASNT Industry Handbook – Aerospace NDT – ASNT
- 3) Nondestructive Testing Handbook, Volume 7, Ultrasonic Testing; ASNT, Columbus, Ohio –USA
- 4) ASNT Level III Study Guide Ultrasonic Method by Matthew J. Golis

SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications

- 1) SAE AMS-STD-2154: Inspection, Ultrasonic, Wrought Metals, Process for
- 2) SAE AMS2630: Inspection, Ultrasonic Product Over 0.5 Inch (12.7 mm) Thick
- 3) ASTM B594: Standard Practice for Ultrasonic Inspection of Aluminum-Alloy Wrought Products
- 4) ASTM E317: Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Testing Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments
- 5) ASTM E2491: Evaluating Performance Characteristics of Phased-Array Ultrasonic Testing Instruments and Systems
- 6) ASTM E1065: Evaluating Characteristics of Ultrasonic Search Units
- 7) ITA-STD-UT-01: Ispezione ultrasonora di parti in composito e incollate / Ultrasonic inspection of composite and bonded parts (fornita su richiesta da parte del candidato)

7.0 RT FILM - SYLLABUS RADIOGRAFIA FILM PER LIVELLO 3 (RT FILM - LEVEL 3 RADIOGRAPHY FILM TESTING SYLLABUS)	
1.0 PRINCIPI FISICI E TEORICI	1.0 BASIC PHYSICS AND THEORY
1.1 NATURA E PROPRIETA' DELLE RADIAZIONI PENETRANTI <ul style="list-style-type: none"> Tipo di sorgenti di radiazioni elettromagnetiche Spettro elettromagnetico Legge quadrato della distanza 	1.1 NATURE OF PENETRATING RADIATION <ul style="list-style-type: none"> Electromagnetic radiation source Electromagnetic spectrum Inverse square law consideration
1.2 INTERAZIONE TRA LA RADIAZIONE PENETRANTE E LA MATERIA <ul style="list-style-type: none"> Coefficiente di attenuazione, assorbimento e scattering 	1.2 INTERACTION BETWEEN PENETRATING RADIATION AND MATTER <ul style="list-style-type: none"> Attenuation coefficient, absorption and scattering
1.3 RADIOGRAFIA <ul style="list-style-type: none"> Immagini mediante film 	1.3 RADIOGRAPHY <ul style="list-style-type: none"> Imaging by film
1.4 MISURA DELLE RADIAZIONI	1.4 RADIOMETRY
2.0 APPARATI E MATERIALI	2.0 EQUIPMENT AND MATERIALS
2.1 SORGENTI GENERATE ELETTRICAMENTE <ul style="list-style-type: none"> Sorgenti radiografiche (sistemi integrati generatori tubi, sorgenti di elettroni, metodo di accelerazione degli elettroni, materiali e caratteristiche del target, considerazioni sulla costruzione delle apparecchiature) 	2.1 ELECTRICALLY GENERATED SOURCES <ul style="list-style-type: none"> X-ray sources (generators and tubes as an integrated system, sources of electrons, electron accelerating methods, target materials and characteristics, equipment design considerations)
2.2 SORGENTI DI RADIAZIONI PARTICELLARI	2.2 PARTICULATE RADIATION SOURCES
2.3 RILEVATORI DI RADIAZIONE <ul style="list-style-type: none"> Formazione dell'immagine (principi e proprietà del film, fluoroscopia, sistemi TV ed ottici, altri dispositivi senza film) Dispositivi senza formazione d'immagine (rivelatore allo stato solido, rivelatore a camera di ionizzazione, strumentazione, dispositivi di misura e controllo processo, rilevatori di radiazioni) 	2.3 RADIATION DETECTORS <ul style="list-style-type: none"> Imaging (film principles properties fluoroscopy, TV and optical systems, other nonfilm devices) Non-imaging devices (solid state detectors, gaseous ionization detectors, instrumentation, gaging and control processes, radiation detectors)
2.4 GAMMA <ul style="list-style-type: none"> Apparecchiature per l'esposizione Cambia sorgenti Maneggiamento sorgenti a distanza Collimatori Caratteristiche specifiche (periodo di dimezzamento, livelli d'energia, spessore emivalente, spessore decivalente) 	2.4 GAMMA <ul style="list-style-type: none"> Exposure devices Source changers Remote handling equipment Collimators Specific characteristics (half lives, energy levels, half value layers, tenth value layers)
3.0 TECNICHE	3.0 TECHNIQUES
3.1 TECNICHE RADIOGRAFICHE <ul style="list-style-type: none"> Assorbitori e filtri Tecniche multfilm Ingrandimento e proiezione Stereoradiografia Metodo della triangolazione Autoradiografia Radiografia flash Radiografia in movimento Fluoroscopia Radiografia mediante emissione di elettroni Microradiografia Radiografia neutronica Tomografia Controllo degli effetti della diffrazione Esposizione su tubazioni saldate (a contatto, ellittiche, panoramiche) Misuratori di radiazioni Formazione in Tempo Reale dell'immagine Tecniche di analisi dell'immagine Relazioni tra Immagine-Oggetto Microfuoco 	3.2 RADIOGRAPHIC TECHNIQUES <ul style="list-style-type: none"> Blocking and filtering Multifilm techniques Enlargement and projection Stereoradiography Triangulation methods Autoradiography Flash radiography In-motion radiography Fluoroscopy Electron emission radiography Microradiography Neutron radiography Laminography (tomography) Control of diffraction effects Pipe welding exposures (contact, elliptical, panoramic) Gaging Real time imaging Image analysis techniques Image-object relationship Microfocus
4.0 CALIBRAZIONE E CONTROLLO DI PROCESSO	4.0 CALIBRATION AND NDT PROCESS CONTROL
4.1 CONSIDERAZIONI SULLA FORMAZIONE DELL'IMMAGINE <ul style="list-style-type: none"> Sensibilità Contrasto e definizione Fattori geometrici Schermi intensificatori Radiazione diffusa Fattori legati alla sorgente Mezzi detectivi Curve d'esposizione 	4.1 IMAGING CONSIDERATIONS <ul style="list-style-type: none"> Sensitivity Contrast and definition Geometric factors Intensifying screens Scattered radiation Source factors Detection media Exposures curves
4.2 PROCESSO SVILUPPO FILM <ul style="list-style-type: none"> Procedure camera oscura Attrezzature e chimici per camera oscura Processo sviluppo film Controllo di processo mediante striscia PMC 	4.2 FILM PROCESSING <ul style="list-style-type: none"> Darkroom procedures Darkroom equipment and chemicals Film processing PMC strips use
4.3 VISIONE DELLE RADIOGRAFIE <ul style="list-style-type: none"> Requisiti dei negatoscopi Illuminamento di fondo Ausilio mezzi ottici 	4.3 VIEWING OF RADIOGRAPHS <ul style="list-style-type: none"> Illuminator requirements Background lighting Optical aids

4.4 VERIFICA QUALITÀ RADIOGRAFICA	4.4 JUDGING RADIOGRAPHIC QUALITY
<ul style="list-style-type: none"> Densità Contrasto Definizione False indicazioni IQI Cause e correzioni di radiografie insoddisfacenti 	<ul style="list-style-type: none"> Density Contrast Definition Artifacts IQI's Causes and correction of unsatisfactory radiographs
4.5 CALCOLI ESPOSITIVI	4.5 EXPOSURE CALCULATIONS
5.0 INTERPRETAZIONE E VALUTAZIONE	5.0 INTERPRETATION AND EVALUATION
5.1 CONSIDERAZIONI SUI MATERIALI	5.1 MATERIAL CONSIDERATIONS
<ul style="list-style-type: none"> Processi di fabbricazione dei materiali e loro effetti sull'utilizzo del particolare e sui risultati dei test Discontinuità, loro cause ed effetti Immagine radiografica delle discontinuità Indicazioni non rilevanti False indicazioni sui film 	<ul style="list-style-type: none"> Materials processing as it affects use of item and test results Discontinuities, their causes and effects Radiographic appearance of discontinuities Nonrelevant indications Film artifacts
6.0 CODICI, STANDARDS E PROCEDURE	6.0 CODES, STANDARDS AND PROCEDURES
<ul style="list-style-type: none"> Specifiche, procedure, istruzioni, schede, codici e standard di accettabilità 	<ul style="list-style-type: none"> Specifications, procedures, instructions, sheets, codes and quality standards
7.0 INSERIMENTO DELL'ISPEZIONE NEL CICLO DI FABBRICAZIONE	7.0 NDT INSPECTION SEQUENCING IN MANUFACTURING CYCLE
8.0 APPROFONDIMENTI SULLA QUALIFICA DEL PROCESSO	8.0 REVIEW ON NDT PROCESS QUALIFICATION
9.0 APPROFONDIMENTI SULLA QUALIFICA DEL PERSONALE	9.0 REVIEW ON NDT PERSONNEL QUALIFICATION
<ul style="list-style-type: none"> EN4179 NAS 410 	<ul style="list-style-type: none"> EN4179 NAS 410
9.0 APPROFONDIMENTI SULL'ATTIVITA' DI AUDIT	10.0 REVIEW ON AUDITING
10.0 PANORAMICA SU POSSIBILI INNOVAZIONI TECNOLOGICHE	11.0 OVERVIEW ON POSSIBLE TECHNOLOGICAL INNOVATION
12.0 APPROFONDIMENTI SU ASPETTI DI SICUREZZA, DI ECOLOGIA E DI MANEGGIO DEI PARTICOLARI	12.0 REVIEW ON ASPECTS CONCERNING SAFETY, ECOLOGY AND PART HANDLING
12.1 RISCHI DOVUTI ALL'ESPOSIZIONE	12.1 EXPOSURE HAZARDS
<ul style="list-style-type: none"> Dosi ammissibili per i lavoratori 	<ul style="list-style-type: none"> Occupational dose limits
12.2 METODI PER IL CONTROLLO DELL'ESPOSIZIONE ALLE RADIAZIONI	12.2 METHODS OF CONTROLLING RADIATION EXPOSURE
<ul style="list-style-type: none"> Tempo Distanza (legge dell'inverso del quadrato delle distanze) Schermature (spessore di dimezzamento- emivalente, spessore di decimazione- decivalente) 	<ul style="list-style-type: none"> Time Distance (inverse square law) Shielding (half-value layers, tenth-value layers)
12.2 PROCEDURE OPERATIVE E DI EMERGENZA	12.3 OPERATIONAL AND EMERGENCY PROCEDURES
12.4 PIASTRINE DOSIMETRICHE	12.4 DOSIMETRY AND FILM BADGES
12.5 VERIFICA DELLA SIGILLATURA DELLE SORGENTI GAMMA	12.5 GAMMA LEAK TESTING
12.6 NORMATIVE PER IL TRASPORTO DELLE SORGENTI RADIOATTIVE	12.6 RADIOACTIVE TRANSPORTATION REGULATIONS
BIBLIOGRAFIA - Bibliography 1) INFN - 2014-01 Opuscolo Informativo sulle radiazioni ionizzanti 2) G. Magistrali, Radiografia Industriale (livelli II-III), 3) Nondestructive Testing Handbook, Volume 3 Radiographic & Radiation Testing 2 nd Edition; The American Society for Nondestructive Testing, Columbus, Ohio – USA.	
SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications 1) ASTM E155 Standard Reference Radiographs for Inspection of Aluminum and Magnesium Castings 2) ASTM E747 Standard Practice for Design, Manufacture and Material Grouping Classification of Wire Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology 3) ASTM E1025 Standard Practice for Design, Manufacture, and Material Grouping Classification of Hole-Type Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiography 4) ASTM E1165 Standard Test Method for Measurement of Focal Spots of Industrial X-Ray Tubes by Pinhole Imaging 5) ASTM E1742 Standard Practice for Radiographic Examination 6) ASTM E2104 Standard Practice for Radiographic Examination of Advanced Aero and Turbine Materials and Components 7) AMS 2175A Castings, Classification and Inspection of 8) AWS D17.1 Specification for Fusion Welding for Aerospace Applications	

8.0 RT NON FILM - SYLLABUS PER LIVELLO 3 CONTROLLO RADIOGRAFICO NON FILM (RT NON-FILM – LEVEL 3 RADIOGRAPHY NON-FILM TESTING SYLLABUS)	
<p>1.0 Introduzione al controllo radiografico (RT)</p> <p>1.1 Storia 1.2 Scopo dell'esame radiografico: applicazione e limitazioni 1.3 Terminologia</p>	<p>1.0 Introduction to radiographic testing (RT)</p> <p>1.1 History 1.2 Purpose of radiographic testing – application and limitations 1.3 Terminology</p>
<p>2.0 Principi fisici del metodo e conoscenze associate</p> <p>2.1 Generale 2.1.1 Particelle elementari 2.1.2 Struttura nucleare 2.1.3 Struttura dell'atomo</p> <p>2.2 Spettro elettromagnetico 2.2.1 Radiazione elettromagnetica 2.2.2 Energia 2.2.3 Lunghezza d'onda 2.2.4 Fotoni</p> <p>2.3 Sorgenti radiogene e proprietà– principi generali 2.3.1 raggi-X e generazione 2.3.2 raggi γ e generazione; isotopi radioattivi di origine naturale o artificiale; 2.3.3 neutroni</p>	<p>2.0 Physical principles of the method and associated knowledge</p> <p>2.1 General 2.1.1 Elementary particles 2.1.2 Nuclear structure 2.1.3 Atom structure</p> <p>2.2 Electromagnetic spectrum 2.2.1 Electromagnetic radiation 2.2.2 Energy 2.2.3 Wavelength 2.2.4 Photons</p> <p>2.3 Source of radiation and its properties – general principles 2.3.1 x-ray and its generation 2.3.2 gamma rays and its generation; natural and artificial radioactive isotopes 2.3.3 neutrons</p>
<p>3.0 Sorgenti Radiogene</p> <p>3.1 Radiazione a raggi X – Sorgenti radiogene 3.1.1 Principi fisici <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conservazione dell'energia ✓ Radiazione di frenamento (Bremsstrahlung) ✓ Caratteristiche dei raggi X ✓ Emissione termo-ionica ✓ Assorbimento </p> <p>3.1.2 Sorgenti standard <ul style="list-style-type: none"> ✓ Costruzione e funzionamento dei tubi a raggi X <ul style="list-style-type: none"> - involucro esterno - catodo - focalizzazione del fascio - anodo - macchia focale - raffreddamento </p> <p>3.1.3 Tipologie di sorgente e criteri di selezione <ul style="list-style-type: none"> - statica vs mobile - unipolare vs bipolare - aperta vs chiusa - direzionale vs panoramica - mini vs micro fuoco </p> <p>3.1.4 Sorgenti speciali – Sorgenti ad alta energia 3.1.5 Parametri – Unità di Misura <ul style="list-style-type: none"> - kV - mA - Dimensione della macchia focale - Tempo </p> <p>3.2 Sorgenti gamma – Sorgenti ad isotopi 3.2.1 Produzione artificiale di isotopi <ul style="list-style-type: none"> - Decadimento radioattivo - Emissione di particelle - Emissione di particelle beta - Cattura di elettroni o emissione di positroni - Emissione di raggi gamma - Fissione spontanea </p> <p>3.2.2 Source holder and capsula: <ul style="list-style-type: none"> - Manipolazione ed esposizione - Configurazioni speciali - Collimazione </p> <p>3.2.3 Parametri <ul style="list-style-type: none"> - Tipologia di isotopi e selezione - Spettro - Energia - Attività - Dimensioni della sorgente - tempo di dimezzamento - spessore emivalente </p>	<p>3.0 Radiation sources</p> <p>3.1 X-ray radiation – Electronic sources 3.1.1 Physical principles <ul style="list-style-type: none"> ✓ Conservation of energy ✓ Bremsstrahlung Radiation </p> <p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Characteristic X-ray ✓ Thermionic emission ✓ Absorption </p> <p>3.1.2 Standard sources: <ul style="list-style-type: none"> ✓ construction and function of x-ray tubes: <ul style="list-style-type: none"> - envelope - cathode - beam focus - anode - target - cooling </p> <p>3.1.3 Type of sources and selection criteria <ul style="list-style-type: none"> - stationary vs mobile - unipolar vs bipolar - open vs closed - directional vs panoramic - mini vs micro focus </p> <p>3.1.4 Special sources – high energy sources 3.1.5 Parameters – central unit: <ul style="list-style-type: none"> - kV - mA - spot size - time </p> <p>3.2 gamma sources – isotopes sources 3.2.1 Artificial produces radioisotopes: <ul style="list-style-type: none"> - Disintegration - Emission of particles - Emission of Beta particle - Electron capture or positron emission - Emission of Gamma ray - Spontaneous fission </p> <p>3.2.2 Source holder and capsula: <ul style="list-style-type: none"> - handling and projection - special design - collimation </p> <p>3.2.3 Parameters: <ul style="list-style-type: none"> - isotope type and selection - spectrum - energy - activity - source size - half life - half value layer </p>

<p>4.0 Principi fisici del metodo e competenze associate</p> <p>4.1 Attenuazione della radiazione – assorbimento della radiazione</p> <p>4.1.1 Meccanismi generali di interazione radiazione materia – tipologie di assorbimento</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diffusione Coerente (Rayleigh) ✓ Effetto Compton ✓ Effetto fotoelettrico ✓ Produzione di coppie <p>4.1.2 Coefficiente di attenuazione</p> <p>Spessore emivalente (HVL), spessore decivalente (TVL), Legge di attenuazione</p> <p>4.1.3 Legge dell'inverso dei quadrati</p> <p>4.1.4 Radiazione diffusa e fattore di crescita</p> <p>4.1.5 Indurimento della radiazione</p> <p>4.1.6 Filtraggio e collimazione</p> <p>4.2 Qualità dell'immagine</p> <p>4.2.1 Contrasto, Rumore</p> <p>4.2.2 sensibilità al contrasto (CS)</p> <p>4.2.3 rapporto segnale rumore (SNR)</p> <p>4.2.4 Rapporto Contrasto Rumore (CNR)</p> <p>4.2.5 Penombra totale</p> <p>4.2.6 Risoluzione Spaziale di Base</p> <p>4.2.7 Dimensione del pixel</p> <p>4.2.8 SNR Normalizzato (SNR_N)</p> <p>4.3 Ottimizzazione della qualità di immagine</p> <p>4.3.1 Principio di compensazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Contrasto vs SNR ✓ Risoluzione Spaziale di Base vs SNR ✓ Compensazione dei bad pixel vs SNR <p>4.3.2 Effetti della radiazione diffusa</p> <p>4.3.3 Protezione dalla radiazione diffusa</p> <p>4.3.4 Valori di tensione massimi/ottimali</p>	<p>4.0 Physical principles of the method and associated knowledge</p> <p>4.1 Attenuation of radiation – radiation absorption</p> <p>4.1.1 General mechanism of interaction between radiation and material – categories of absorption:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coherent scattering (Rayleigh) ✓ Compton effect ✓ photoelectric effect ✓ pair production <p>4.1.2 Attenuation coefficient</p> <p>Half value layer (HVL), Tenth value layer (spessore decivalente) (TVL), attenuation law</p> <p>4.1.3 Inverse square law</p> <p>4.1.4 Scatter radiation and build up factor</p> <p>4.1.5 Hardening of radiation</p> <p>4.1.6 Filtering and collimation</p> <p>4.2 Image quality</p> <p>4.2.1 Contrast, noise</p> <p>4.2.2 Contrast sensitivity (CS)</p> <p>4.2.3 Signal to noise ratio (SNR)</p> <p>4.2.4 Contrast to noise ratio (CNR)</p> <p>4.2.5 Total unsharpness</p> <p>4.2.6 Basic spatial resolution</p> <p>4.2.7 Pixel size</p> <p>4.2.8 Normalized SNR (SNR_N)</p> <p>4.3 Optimization of image quality</p> <p>4.3.1 Compensation principles:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ contrast vs SNR ✓ basic spatial resolution vs SNR ✓ Bad pixel correction vs SNR <p>4.3.2 Scatter influence</p> <p>4.3.3 Scatter protection</p> <p>4.3.4 Maximum/optimum X-ray voltage</p>
---	---

<p>5.0 Radiografia computerizzata processo (CR)</p> <p>5.1 Sistema immagine CR</p> <p>5.1.1 Acquisizione dell'immagine</p> <p>5.1.2 Elaborazione dell'immagine</p> <p>5.1.3 Visualizzazione dell'immagine, archiviazione</p> <p>5.2 Fondamenti fisici della formazione dell'immagine CR</p> <p>5.2.1 Natura dei fosfori di immagazzinamento fotostimolabili (PSPs)</p> <p>5.2.2 Formazione dell'Immagine latente e luminescenza fotostimolabile (PSL)</p> <p>5.2.3 Caratteristiche della luminescenza fotostimolabile (PSL)</p> <p>5.3 Tecnologia CR</p> <p>5.3.1 Plate di immagine ai fosfori:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Tipologia e struttura ✓ Manipolazione, Conservazione, Pulizia <p>5.3.2 Cassette</p> <p>5.3.3 Schermi</p> <p>5.3.4 Filtri</p> <p>5.3.5 Scanner CR:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Struttura e tipologia (tecnologia di scansione) ✓ Componenti dello Scanner <ul style="list-style-type: none"> - Laser - Modulo di trasporto - Tubo fotomoltiplicatore (PMT) - Convertitore analogico digitale (A/D) <p>5.6 Qualità</p> <p>5.6.1 Scelta e qualificazione dei sistemi CR</p> <p>5.6.2 Qualificazione e stabilità a lungo termine</p> <p>5.7 Esposizione</p> <p>5.7.1 Condizioni di esposizione</p> <p>5.7.2 Artefatti</p> <p>5.8 Limitazioni del sistema</p> <p>5.8.1 Aree di applicazione</p> <p>5.8.2 CR vs Radiografia su pellicola</p> <p>5.8.3 CR vs DDA/LDA</p>	<p>5.0 Computed radiography (CR) process</p> <p>5.1 CR Imaging system</p> <p>5.1.1 Image acquisition</p> <p>5.1.2 Image processing</p> <p>5.1.3 Image display, storage</p> <p>5.2 Basic Physical of CR image formation</p> <p>5.2.1 Nature of photostimulable storage phosphors (PSPs)</p> <p>5.2.2 Latent image formation and photostimulable luminescence (PSL)</p> <p>5.2.3 PSL characteristics</p> <p>5.3 CR technology</p> <p>5.3.1 Phosphor imaging plates:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Structure and types design ✓ Handling, Storage, Cleaning <p>5.3.2 Cassettes</p> <p>5.3.3 Screens</p> <p>5.3.4 filters</p> <p>5.3.5 CR scanner:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Structure and types (scanning technology) ✓ Scanner components <ul style="list-style-type: none"> - Laser - Translation stage - Photomultiplier (PMT) - A/D converter <p>5.6 Quality</p> <p>5.6.1 CR systems qualification and selection</p> <p>5.6.2 Qualification and long term stability</p> <p>5.7 Exposure</p> <p>5.7.1 Exposure conditions</p> <p>5.7.2 Artifacts</p> <p>5.8 System Limitation</p> <p>5.8.1 Application areas</p> <p>5.8.2 CR vs Film Radiography</p> <p>5.8.3 CR vs DDA/LDA</p>
---	---

<p>6.0 Radiografia digitale mediante rilevatori a matrice</p> <p>6.1 Tecnologia</p> <p>6.1.1 Rilevatori a matrice (DDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ architettura ✓ componenti principali <p>6.1.2 Rilevatori lineari (LDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ architettura ✓ componenti principali ✓ analogie/differenze rispetto i DDA <p>6.2 Conversione della radiazione</p> <p>6.2.1 Conversione diretta (fotoconduttore, a-Se)</p> <p>6.2.2 Conversione indiretta (scintillatore CsI, GOS) 6.2.3 Cattura del segnale convertito (CCD, CMOS, a-Si)</p> <p>6.3 Proprietà</p> <p>6.3.1 Segnale, rumore, SNR, SNRn rispetto alla dose</p> <p>6.3.2 Penombra e Risoluzione Spaziale di base del rilevatore</p> <p>6.3.3 Pixel pitch</p> <p>6.3.4 Efficienza del rilevatore</p> <p>6.3.5 Latenza del rilevatore (Lag) e isteresi (Burn In)</p> <p>6.3.6 Diffusione interna</p> <p>6.3.7 Pixel malfunzionanti (Bad Pixel)</p> <p>6.3.8 Sensibilità al contrasto ottenibile (CSa)</p> <p>6.3.9 Intervallo di spessori di materiale caratteristico (SMTR)</p> <p>6.4 Correzioni del rilevatore:</p> <p>6.4.1 Pixel malfunzionanti (Bad pixel), mappatura e correzione</p> <p>6.4.2 offset, gain</p> <p>6.5 Qualifica</p> <p>6.5.1 Valutazione delle prestazioni</p> <p>6.5.2 Stabilità a lungo termine</p> <p>6.6 Esposizione</p> <p>6.6.1 Condizioni di esposizione (ingrandimento, filtri, schermi)</p> <p>6.6.2 Artefatti (e.g. immagini fantasma, oggetti estranei alla correzione del rilevatore)</p> <p>6.7 Limiti della tecnica</p> <p>6.7.1 Aree di applicazione</p> <p>7.0 Attrezzature e Strumenti</p> <p>7.1 Indicatori Qualità Immagine</p> <p>7.1.1 Tipo a Filo</p> <p>7.1.2 Tipo a Foro (gradino o placchetta)</p> <p>7.1.3 Coppia di Fili</p>	<p>6.0 Flat panel digital radiography</p> <p>6.1 Technology</p> <p>6.1.1 Digital detector arrays (DDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ imaging chain architecture ✓ main components <p>6.1.2 Linear detector arrays (LDA):</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ architecture ✓ main components ✓ similarities/differences to DDA's <p>6.2 Radiation Conversion</p> <p>6.2.1 Direct conversion (photoconductors, a-Se)</p> <p>6.2.2 Indirect Conversion (scintillator, CsI, GOS)</p> <p>6.2.3 Capture of the converted signal (CCD, CMOS, a-Si)</p> <p>6.3 Properties</p> <p>6.3.1 Signal, noise, SNR and SNRn to a given dose</p> <p>6.3.2 Detector Basic spatial resolution and unsharpness</p> <p>6.3.3 Pixel pitch</p> <p>6.3.4 Detector efficiency</p> <p>6.3.5 Detector lag and burn-in</p> <p>6.3.6 Internal scatter</p> <p>6.3.7 Bad Pixel</p> <p>6.3.8 Achievable contrast sensitivity (CSa)</p> <p>6.3.9 Specific material Thickness range (SMTR)</p> <p>6.4 Detector adjustment:</p> <p>6.4.1 Bad pixel, mapping and correction</p> <p>6.4.2 offset, gain</p> <p>6.5 Qualification</p> <p>6.5.1. Performance evaluation</p> <p>6.5.2 Long term stability</p> <p>6.6 Exposure</p> <p>6.6.1 Exposure conditions (magnification, filters, shieldings)</p> <p>6.6.2 Artifacts (e.g. Ghosting, extraneous object during adjustment)</p> <p>6.7 System limitation</p> <p>6.7.1 Application areas</p> <p>7.0 Equipment and tools</p> <p>7.1 Image quality indicators</p> <p>7.1.1 Wire type</p> <p>7.1.2 Hole type (step and plaque)</p> <p>7.1.3 Duplex wire type</p>
--	--

<p>7.1.4, Contrastmetro 7.1.5 Coppie di linee convergenti, modello di prova JIMA 7.1.6 Indicatore della Coppia di Fili e funzione di trasferimento della modulazione (MTF) 7.1.7 Phantoms CR di Tipo I, Tipo II 7.1.8 Indicatore di Qualità Immagine Relativa 7.1.9 DDA phantoms: duplex plate phantom, five groove wedge 7.1.10 Indicatore di Qualità Rappresentativa (RQI)</p> <p>7.2 Monitor: 7.2.1 Principali Tipi e Caratteristiche 7.2.2 Controlli Periodici 7.2.3 SMPTE standard (immagine di riferimento SMPTE)</p> <p>7.3 Digitalizzatore delle Pellicole 7.3.1 Architettura dello scanner 7.3.2 Scelta del Sistema e classificazione 7.3.3 Archiviazione</p> <p>7.4 Data acquisition 7.4.1 Interfaccia A/D (Analogica/Digitale) 7.4.2 Immagine Digitale <ul style="list-style-type: none"> ✓ Struttura e quantizzazione delle immagini (bit e bytes) ✓ Formati Immagine: .raw, .jpeg, .png, .tiff, .dcm... ✓ Integrazione dell'immagine: <ul style="list-style-type: none"> - tempo di integrazione - numero dei frame - frequenza di acquisizione </p> <p>7.4.3 Archiviazione, conservazione e recupero delle immagini digitali.</p> <p>8.0 Valutazione 8.1 Nozioni di base sulla valutazione 8.1.1 Condizioni di visualizzazione: <ul style="list-style-type: none"> ✓ condizioni ambientali ✓ tempo di visualizzazione e adattamento dell'occhio ✓ condizioni di luce </p> <p>8.1.2 Verifica della qualità dell'immagine</p> <p>8.2 Elaborazione digitale delle immagini 8.2.1 Operazioni di base: <ul style="list-style-type: none"> ✓ elemento dell'immagine (pixel, voxel) ✓ livelli di grigio ✓ contrasto ✓ luminosità ✓ correzione curva gamma ✓ istogramma ✓ look up table (LUT) </p> <p>8.2.2 Operazioni di matrice, filtri di convoluzione (ad es. median, edge enhancement...) 8.2.3 Strumenti di misurazione: <ul style="list-style-type: none"> ✓ linee di profilo ✓ misurazione della lunghezza ✓ misurazione dell'area - regione di interesse (ROI) </p>	<p>7.1.4 Contrast gauge 7.1.5 Converging line pairs, JIMA test gauge</p> <p>7.1.6 Line pair gauges and modulation transfer function (MTF) 7.1.7 CR phantoms: Type I, Type II 7.1.8 Relative image quality indicator 7.1.9 DDA phantoms: duplex plate phantom, groove wedge 7.1.10 Representative quality indicator (RQI)</p> <p>7.2 Monitors: 7.2.1 Main types and characteristics 7.2.2 Periodical checks 7.2.3 SMPTE standard (immagine di riferimento SMPTE)</p> <p>7.3 Film digitization 7.3.1 Scanner design 7.3.2 System selection and classification 7.3.3 Archiving</p> <p>7.4 Data acquisition 7.4.1 A/D interface 7.4.2 Digital image <ul style="list-style-type: none"> ✓ Image structure and quantization (bit and bytes) ✓ Image formats: .raw, .jpeg, .png, .tiff, .dcm... ✓ Image integration: <ul style="list-style-type: none"> - frame time (tempo di integrazione) - frame number (numero dei frame) - frame rate (frequenza di acquisizione) </p> <p>7.4.3 Archival, retention and retrieval of digital images.</p> <p>8.0 Evaluation 8.1 Basic of evaluation 8.1.1 Viewing conditions: <ul style="list-style-type: none"> ✓ room condition ✓ viewing time and eye adaptation ✓ light conditions </p> <p>8.1.2 Verification of the image quality</p> <p>8.2 Digital image processing 8.2.1 Basic operations: <ul style="list-style-type: none"> ✓ picture element (pixel, voxel) ✓ grey value ✓ contrast ✓ brightness ✓ gamma correction ✓ histogram ✓ look up table (LUT) </p> <p>8.2.2 Matrix operations, convolution filters (i.e. median, edge enhancement...) 8.2.3 Measurement tools: <ul style="list-style-type: none"> ✓ line profile ✓ measurement of length ✓ measurement of area - region of interest (ROI) </p>
<p>9.0 Applicazione aerospaziale della radiografia 10.1 Approccio alla tecnica di ispezione 10.1.2 Controlli radiografici delle saldature 10.1.3 Controlli radiografici delle fusioni 10.1.4 Controllo radiografico dei compositi 10.1.5 Controllo radiografico delle parti in Additive Manufacturing</p>	<p>9.0 Aerospace application of radiography 10.1 Inspection technique approach 10.1.2 Radiographic controls of welds 10.1.3 Radiographic controls of casting 10.1.4 Radiographic control of composite 10.1.5 Radiographic control of metal additive parts</p>
<p>10.0 Tomografia Computerizzata 10.1 Principi fondamentali 10.1.1 Fasi principali del processo CT: <ul style="list-style-type: none"> ✓ acquisizione ✓ ricostruzione ✓ visualizzazione ✓ analisi </p> <p>10.1.2 Vantaggi e limiti della TC (2D vs 3D) 10.1.3 Strumenti di calibrazione (MTF e stabilità dimensionale) 10.1.4 Artefatti</p> <p>10.2 Hardware specifico della CT 10.2.1 Cabinati/bunker 10.2.2 Manipolatori 10.2.3 Piatti girevoli 10.2.4 componenti a supporto e materiali di consumo. 10.2.5 Sorgenti (mini/meso/micro fuoco, aperto/chiuso, cone/fan beam, ecc.). 10.2.6 Rilevatori di immagine digitale (array/lineari, fissi/mobili, ecc.). 10.2.7 Monitor Display. 10.2.8 Posizionamento del componente e della sorgente (sistema anticollisione). 10.2.9 Stazione di lavoro e interfaccia utente (UI)</p> <p>10.3 Acquisizione dati</p>	<p>10.0 Computed Tomography 10.1 Basic principles 10.1.1 Main CT process steps: <ul style="list-style-type: none"> ✓ acquisition ✓ reconstruction ✓ visualization ✓ analysis </p> <p>10.1.2 Advantages and Limitations of CT (2D vs 3D) 10.1.3 Calibration tools (MTF and dimensional stability) 10.1.4 Artifacts</p> <p>10.2 Specific CT hardware 10.2.1 Enclosures (cabinati/bunker) 10.2.2 Manipulators 10.2.3 Turntables 10.2.4 Component support & mounting materials. 10.2.5 Tube heads (mini/meso/micro focus, open/closed, cone/fan beam, etc). 10.2.6 Detectors (array/linear, fixed/mobile, etc). 10.2.7 Video monitoring. 10.2.8 Component & tube head positioning (including collision avoidance). 10.2.9 Workstation & user interface (UI)</p> <p>10.3 Data Acquisition</p>

<p>10.3.1 Tipi di scansione (2D / 3D / Stack / Spirale / Mosaic / Multicomponente / ecc.) CT offset</p> <p>10.3.2 Sinogrammi</p> <p>10.3.3 Tomogrammi</p> <p>10.3.4 Volumi</p> <p>10.3.5 Attributi di qualità della scansione (ad esempio risoluzione, separazione dei livelli, numero di proiezioni, ecc.)</p> <p>10.3.6 Metodi di ricostruzione</p> <p>10.3.7 Calcolo e ottimizzazione delle impostazioni di scansione (ad es. kV, mA, tempo, potenza, ecc.)</p> <p>10.4 Trattamento dei dati</p> <p>10.4.1 Visualizzazioni</p> <p>10.4.2 Ottimizzazione e miglioramento dell'immagine</p> <p>10.4.3 Strumenti di valutazione del software:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Localizzazione e misurazione degli elementi (lineari e volumetrici) ✓ Determinazione della superficie ✓ Riconoscimento assistito/automatico dei difetti (ADR) <p>10.5 Interpretazione del volume</p> <p>10.5.1 Riconoscimento e correzione degli artefatti (es. mancanza di penetrazione, punto centrale di rotazione, artefatti anulari, effetto volume parziale, indurimento della radiazione), sottocampionamento, rumore, ecc.).</p> <p>10.5.2 Caratterizzazione e interpretazione delle indicazioni (discontinuità di fabbricazione) relativi al(i) materiale(i), metodo(i) di produzione e tipo(i) di parte(i)</p> <p>10.5.3 Caratterizzazione e interpretazione delle indicazioni dovute al servizio e relative ai materiali, ai metodi di produzione e ai tipi di parti.</p>	<p>10.3.1 Scan types (2D / 3D / Stack / Spiral / Mosaic / Multi-component / etc) offset CT</p> <p>10.3.2 Sinograms</p> <p>10.3.3 Tomograms</p> <p>10.3.4 Volumes</p> <p>10.3.5 Scan quality attributes (eg resolution, layer separation, number of projections, etc)</p> <p>10.3.6 Reconstruction methods</p> <p>10.3.7 Calculation & optimisation of scan settings (eg kV, mA, time, wattage, etc)</p> <p>10.4 Data Processing</p> <p>10.4.1 Visualisations</p> <p>10.4.2 Image optimisation and enhancement</p> <p>10.4.3 Software evaluation tools:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Feature location and measurement (linear & volumetric) ✓ Surface determination ✓ Assisted/Automatic Defect Recognition (ADR) <p>10.5 Volume interpretation</p> <p>10.5.1 Recognition and correction of artefacts (eg lack of penetration, centre-point of rotation, ring artefacts, partial volume effect, beam hardening (indurimento della radiazione), under-sampling, noise, etc).</p> <p>10.5.2 Characterization and interpretation of indications (manufacturing flaws) relevant to the material(s), production method(s) and part type(s)</p> <p>10.5.3 Characterization and interpretation of indications (in-service faults) relevant to the material(s), production method(s) and part type(s)</p>
<p>11.0 Sicurezza</p> <p>11.1 Glossario</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ALARA ✓ Attività ✓ Dose, Dose rate ✓ Esperto qualificato ✓ Esposizione ✓ Radiazioni ionizzanti ✓ Radioattività ✓ Sorgenti <p>11.2 Radiazioni ionizzanti</p> <p>11.2.1 Grandezze usate in radioprotezione</p> <p>11.2.2 Irradiazione esterna e irradiazione interna</p> <p>11.2.3 Effetti sull'uomo delle radiazioni ionizzanti: Danni deterministici e stocastici</p> <p>11.3 Radioprotezione</p> <p>11.3.1 Principi fondamentali della radioprotezione</p> <p>11.3.2 Classificazione delle aree</p> <p>11.3.3 Classificazione dei lavoratori</p> <p>11.3.4 Dosimetria individuale</p>	<p>11.0 Safety</p> <p>11.1 Glossary</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ALARA ✓ Activity ✓ Dose, Dose rate ✓ Qualified expert ✓ Exposure ✓ Ionizing radiation ✓ Radioactivity ✓ Sources <p>11.2 Ionizing Radiation</p> <p>11.2.1 Quantities used in radiation protection</p> <p>11.2.2 External irradiation and internal irradiation</p> <p>11.2.3 Effects of ionizing radiation on humans: Deterministic and stochastic damages</p> <p>11.3 Radiation protection</p> <p>11.3.1 Fundamental principles of radiation protection</p> <p>11.3.2 Classification of areas</p> <p>11.3.3 Classification of workers</p> <p>11.3.4 Individual dosimetry</p>

<p>BIBLIOGRAFIA - Bibliography</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) NONDESTRUCTIVE TESTING HANDBOOK Radiographic Testing ASNT 2) INFN - 2014-01 Opuscolo Informativo sulle radiazioni ionizzanti 3) ASTM E1316 - Standard Terminology for Nondestructive Examinations 4) ASTM E1000 - Standard Guide for Radioscopy 5) ASTM E2007 - Standard Guide for Computed Radiography 6) ASTM E2736 - Standard Guide for Digital Detector Array Radiography <p>SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) ASTM E2737 - Standard Practice for Digital Detector Array Performance Evaluation and Long-Term Stability 2) ASTM E2698 - Standard Practice for Radiographic Examination Using Digital Detector Arrays 3) ASTM E2597 - Standard Practice for Manufacturing Characterization of Digital Detector Arrays 4) ASTM E2699 - Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Digital X-ray (DX) Test Methods 5) ASTM E1936 - Standard Reference Radiograph for Evaluating the Performance of Radiographic Digitization Systems 6) ASTM E2445 - Standard Practice for Performance Evaluation and Long-Term Stability of Computed Radiography systems 7) ASTM E2446 - Standard Practice for Manufacturing Characterization of Computed Radiography Systems 8) ASTM E2033 - Standard Practice for Radiographic Examination Using Computed Radiography (Photostimulable Luminescence Method) 9) ASTM E2738 - Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Computed Radiography (CR) Test Methods 10) EN 14784-2 - Non-destructive testing - Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates. Part 2: General principles for testing of metallic materials using X-rays and gamma rays 11) ISO 16371-2 - Non-destructive testing. Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates. Part 2: General principles for testing of metallic materials using X-rays and gamma rays 12) ASTM E2002 - Standard practice for determining image Unsharpness and basic spatial resolution in radiography and radioscopy 13) ASTM E1647 - Standard practice for determining contrast sensitivity in Radiology 14) ASTM E746 - Standard Practice for Determining Relative Image Quality Response of Industrial Radiographic Imaging Systems 15) ASTM E747 - Standard Practice for Design, Manufacture and Material Grouping Classification of Wire Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiology 16) ASTM E1817 - Standard Practice for Controlling Quality of Radiological Examination by Using Representative Quality Indicators (RQIs) 17) ASTM E1025 - Standard Practice for Design, Manufacture, and Material Grouping Classification of Hole-Type Image Quality Indicators (IQI) Used for Radiography
--

- 18) ASTM E1165 - Standard Test Method for Measurement of Focal Spots of Industrial X-Ray Tubes by Pinhole Imaging
- 19) E2903-18 - Standard Test Method for Measurement of the Effective Focal Spot Size of Mini and Micro Focus X-ray Tubes
- 20) ASTM E 2339 - Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE)
- 21) ASTM E2869 - Standard Digital Reference Images for Magnesium Castings
- 22) ASTM E2669 - Standard Digital Reference Images for Titanium Castings
- 23) ASTM E2422 - Standard Digital Reference Images for Inspection of Aluminum Castings
- 24) ASTM E2660 - Standard Digital Reference Images for Investment Steel Castings for Aerospace Applications
- 25) AWS D17.1 – Specification for fusion welding for aerospace applications
- 26) AWS D20.1 - Specification for Additive Manufacturing (AM) of Metal Components Using Wire Directed Energy Deposition (DED)
- 27) AMS 2175 - Castings, Classification and Inspection
- 28) ISO 17636-2 - Non-destructive testing of welds. Radiographic testing Part 2: X- and gamma-ray techniques with digital detectors
- 29) ISO 14096-1 - Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitization systems — Part 1: Definitions, quantitative measurements of image quality parameters, standard reference film and qualitative control
- 30) ISO 14096-2 - Non-destructive testing — Qualification of radiographic film digitization systems — Part 2: Minimum requirements

9.0 IRT - SYLLABUS TERMOGRAFIA PER LIVELLO 3 (IRT - LEVEL 3 THERMOGRAPHY TESTING SYLLABUS)	
1.0 Teoria di base e principi di ispezione	1.0 Basic theory and test principles
1.1 IRT come Metodo CND	1.1 IRT as NDT Method
1.1.1 Le discipline fisico-chimiche di base 1.1.2 I contesti applicativi e le finalità del controllo 1.1.3 I vantaggi ed i limiti del Metodo 1.1.4 Misure ed unità di misura	1.1.1 The basic physicochemical disciplines 1.1.2 The application contexts and the purposes of the control 1.1.3 The advantages and limitations of the Method 1.1.4 Measurements and units of measurement
1.2 Fondamenti fisici	1.2 Physical foundations
1.2.1 Cariche elettriche, forza e campo di Coulomb, potenziale elettrico 1.2.2 L'atomo e il nucleo 1.2.3 Forza nucleare forte 1.2.4 La tavola periodica 1.2.5 Molecole e sostanze.	1.2.1 Electric charges, Coulomb force and field, electric potential 1.2.2 The atom and the nucleus 1.2.3 Strong nuclear force 1.2.4 The periodic table 1.2.5 Molecules and substances.
1.3 La radiazione elettromagnetica	1.3 The electromagnetic radiation
1.3.1 Natura ondulatoria; campo elettrico, campo di induzione magnetica e vettore d'onda; forma d'onda, periodo, frequenza, lunghezza d'onda, fase, ampiezza; dispersione da un prisma 1.3.2 Natura corpuscolare; fotoni; assorbimento ed emissione di fotoni; relazione di Planck energia vs. frequenza 1.3.3 Spettro elettromagnetico; esperimenti di Herschel 1.3.4 Spettro termometrico.	1.3.1 Wave nature; electric field, magnetic induction field, and wave vector; waveform, period, frequency, wavelength, phase, amplitude; dispersion from a prism 1.3.2 Particle nature; photons; absorption and emission of photons; energy vs. frequency Planck relationship 1.3.3 Electromagnetic spectrum; Herschel's experiments 1.3.4 Thermometric spectrum.
1.4 Principi di termodinamica e trasmissione del calore	1.4 Principles of thermodynamics and heat transmission
1.4.1 Definizione di termodinamica; calore e temperatura; sistemi termodinamici; variabili di stato; equilibrio termodinamico; trasformazioni termodinamiche; dilatazione termica 1.4.2 Stati della materia; trasformazioni di stato; capacità termica; calore specifico; energia interna; lavoro ed energia; entropia 1.4.3 Principi 0, 1, 2 e 3 della termodinamica 1.4.4 Conduzione; scambi di energia termica; trasmissione attraverso una lastra; isolanti e conduttori; conduzione nei solidi; conducibilità; diffusività; effusività 1.4.5 Convezione; legge sul raffreddamento di Newton; convezione forzata e naturale 1.4.6 Irraggiamento e sue caratteristiche; radiazione termica; radiazione e bande infrarosse; NIR, SWIR, MWIR, LWIR, FIR; leggi di Kirckhoff; coefficienti di riflessione, trasmissione e assorbimento; superfici riflettenti, trasparenti ed opache; corpo nero; legge di Planck; legge di Stefan-Boltzmann; emissività; legge di Wien 1.4.7 Mezzi interposti; atmosfera, altitudine e latitudine; legge di Lambert; esposizione e inclinazione; gradiente termico verticale e inversione termica; troposfera, stratosfera, mesosfera, termosfera, ionosfera, esosfera, magnetosfera; assorbimento e trasmissione atmosferica; scattering di Rayleigh.	1.4.1 Definition of thermodynamics; heat and temperature; thermodynamic systems; state variables; thermodynamic equilibrium; thermodynamic transformations; thermal expansion 1.4.2 States of matter; state transformations; thermal capacity; specific heat; internal energy; work and energy; entropy 1.4.3 Principles 0, 1, 2 and 3 of thermodynamics 1.4.4 Conduction; exchanges of thermal energy; transmission through a plate; insulators and conductors; conduction in solids; conductivity; diffusivity; effusivity 1.4.5 Convection; Newton's law of cooling; forced and natural convection 1.4.6 Irradiation and its characteristics; thermal radiation; radiation and infrared bands; NIR, SWIR, MWIR, LWIR, FIR; Kirckhoff's laws; reflection, transmission and absorption coefficients; reflective, transparent and opaque surfaces; black body; Planck law; Stefan-Boltzmann law; emissivity; Wien's law 1.4.7 Interposed media; atmosphere, altitude and latitude; Lambert's law; exposure and inclination; vertical thermal gradient and thermal inversion; troposphere, stratosphere, mesosphere, thermosphere, ionosphere, exosphere, magnetosphere; atmospheric absorption and transmission; Rayleigh scattering.
1.5 Elementi di ottica	1.5 Elements of optics
1.5.1 Ottica geometrica; immagini riflesse virtuali e reali; specchi concavi e convessi 1.5.2 Raggi parassiali; aberrazioni; legge dei punti coniugati 1.5.3 Rifrazione; legge di Snell-Cartesio 1.5.4 Campo visivo; lenti; profondità di campo; lunghezza focale; distanza di messa a fuoco; diaframma; cerchio di confusione e iperfocale; filtri.	1.5.1 Geometric optics; virtual and real reflected images; concave and convex mirrors 1.5.2 Paraxial rays; aberrations; law of conjugate points 1.5.3 Refraction; Snell-Descartes law 1.5.4 Field of view; lenses; depth of field; focal length; focus distance; diaphragm; circle of confusion and hyperfocal; filters.
1.6 Tecniche e relativi principi di ispezione	1.6 Inspection techniques and related principles
1.6.1 IRT passiva: riscaldamento solare e ambientale; riscaldamento intrinseco di apparati; vantaggi e limiti 1.6.2 IRT attiva: trasmissione e riflessione; stazionaria (continua, step; scan); pulsata (pulsata in fase, flash, modulata/lock-in); vantaggi e limiti.	1.6.1 Passive IRT: solar and environmental heating; intrinsic heating of equipment; advantages and limitations 1.6.2 Active IRT: transmission and reflection; stationary (continuous, step; scan); pulsed (phase-shifted, flash, modulated / lock-in); advantages and limitations.
1.7 Aspetti teorici, rappresentazioni e grandezze fisiche correlate delle tecniche ispettive	1.7 Theoretical aspects, representations and correlated physical quantities of the inspection techniques
1.7.1 Problemi diretti e inversi 1.7.2 Aspetti legati alla conducibilità, all'effusività ed alla diffusività termiche 1.7.3 Aspetti legati all'uniformità ed alla omogeneità termiche 1.7.4 Studio in termini di conducibilità relativa difetto-piastra di materiale 1.7.5 Contrasto termico standard 1.7.6 Variazioni di ampiezza e fase del segnale termografico 1.7.7 Mappe e sequenze termografiche; termogrammi di ampiezza, fase, frequenza, effusività 1.7.8 Lunghezza di diffusione termica 1.7.9 Grafici logaritmici temperatura-tempo e derivate prima e seconda 1.7.10 Profili radiometrici.	1.7.1 Direct and inverse problems 1.7.2 Aspects related to conductivity, effusiveness and thermal diffusivity 1.7.3 Aspects related to thermal uniformity and homogeneity 1.7.4 Study in terms of relative conductivity defect-plate of material 1.7.5 Standard thermal contrast 1.7.6 Amplitude and phase variations of the signal thermographic 1.7.7 Maps and thermographic sequences; amplitude, phase, frequency, thermograms, effusivity 1.7.8 Thermal diffusion length 1.7.9 Temperature-time logarithmic graphs and first and second derivatives 1.7.10 Radiometric profiles.
1.8 Tecniche di post-processing	1.8 Post-processing techniques
1.8.1 Tecniche standard (ricostruzione del segnale termografico con tecniche pulsata, a gradini e lock-in, riduzione del rumore, contrasti termici); 1.8.2 Tecniche non standard (Principal Component Thermography, Correlation Extraction Algorithm, 3D Normalization Algorithm, Multi-dimensional Ensemble Empirical Mode Decomposition, Gapped Smoothing Algorithm, Partial Least Squares Thermography, Coefficient Clustering Analysis).	1.8.1 Standard techniques (reconstruction of the thermographic signal with pulsed, step and lock techniques -in, noise reduction, thermal contrasts); 1.8.2 non-standard techniques (Principal Component Thermography, Correlation Extraction Algorithm, 3D Normalization Algorithm, Multi-dimensional Ensemble Empirical Mode Decomposition, Gapped Smoothing Algorithm, Partial Least Squares Thermography, Coefficient Clustering Analysis).
2.0 Forme e materiali del prodotto; formazione e caratterizzazione dei difetti	2.0 Product forms and materials; defect formation and characterization
2.1 Materiali e forme di prodotto ispezionabili: compositi	2.1 Inspectable materials and product forms: composites
2.1.1 Compositi: CMC, MMC; PMC con resine termoidurenti e termoplastiche, con fibre in carbonio e in vetro; fibre di boro e materiali aramidici, compositi con fibre discontinue ad orientamento unidirezionale e casuale; compositi con fibre continue ad orientamento unidirezionale (tape) e bidirezionale (fabric); preimpregnati 2.1.2 Laminati: formatura manuale e automatica; formazione in sacco; cicli di polimerizzazione e autoclave; filament winding; RTM; cobonding e cocuring; rifilatura e foratura; sandwich con anima a schiuma e a nido d'ape; riparazione dei compositi; sequenza costruttiva e fasi di CND 2.1.3 Incollaggio composito-composito.	2.1.1 Composites: CMC, MMC; PMC with thermosetting and thermoplastic resins, with carbon and glass fibers; boron fibers and aramid materials; composites with discontinuous fibers with unidirectional and random orientation; composites with continuous fibers with unidirectional (tape) and bidirectional (fabric) orientation; prepregs 2.1.2 Laminates: manual and automatic forming; bag layup; polymerization and autoclave cycles; filament winding; RTM; cobonding and cocuring; trimming and drilling; sandwich with foam and honeycomb core; composite repair; manufacturing sequence and NDT phases 2.1.3 Composite-composite bonding.

2.2 Materiali e forme di prodotto ispezionabili: metalli e ricoprimenti	Inspectable materials and product forms: metals and coatings
2.2.1 Metalli: leghe di Al; titanio; acciai; lamierati e macchinati; saldature; ricoprimenti; incollaggi metallo-metallo; incollaggio metallo-composito.	2.2.1 Metals: Al alloys; titanium; steels; sheet metal and machined parts; welds; coatings; metal-metal and metal-composite bonding.
2.3 Finalità delle ispezioni IRT	2.3 Purpose of inspections
2.3.1 Rivelazione e caratterizzazione difetti: fabbricazione, assemblaggio, riparazione, servizio 2.3.2 Altre finalità: monitoraggio strutturale; misura di grandezze termofisiche; monitoraggio e qualificazione di macchine e apparati.	2.3.1 Defect detection and characterization: manufacturing, assembly, repair, service 2.3.2 Other purposes: structural monitoring; measurement of thermophysical quantities; monitoring and qualification of machines and equipment.
2.4 Anomalie rivelabili	2.4 Detectable flaws
2.4.1 Compositi: difetti superficiali (grinze, starvation, graffi, ondulazioni e increspature superficiali di resina, rottura di fibre, anomalie di resina, sfilacciate e sbavature su aree forate o macchinate, depressioni, mancanza o deterioramento dei film e materiali protettivi, fingerprint, sovrapposizioni di peel-ply); impatti; delaminazioni; vuoti, porosità, ingresso di liquidi, scollamenti, controllo riparazioni 2.4.2 Metalli: cricche; corrosione; scollamenti/distacchi metallo-metallo, film/ricoprimenti-metallo, composito-metallo.	2.4.1 Composites: surface defects (wrinkles, starvation, scratches, surface waviness and ripples of resin, fiber breakage, resin anomalies, fraying and squeezing on drilled or machined areas, depressions, lack or deterioration of protective films and materials, fingerprints, overlapping of peel-ply); impacts; delaminations; voids, porosity, ingress of liquids, disbondings, repair control 2.4.2 Metals: cracks; corrosion; metal-metal, film/coating-metal, composite-metal disbondings/separations.
3.0 Funzionamento delle apparecchiature e standardizzazione	3.0 Equipment operation, and standardization
3.1 Termocamere	3.1 IR cameras
3.1.1 Differenze tra SW, MW e LW 3.1.2 Rivelatori termici: bolometri; misura della temperatura, sensibilità e range di misura 3.1.3 Fotorivelatori: materiali semiconduttori del rivelatore; banda di valenza, gap e banda di conduzione; raffreddamento; sensori singoli, Focal Plane Array e Detector Quantum Well 3.1.4 Risoluzione spaziale; sensibilità; risoluzione; FOV; IFOV; MFOV; funzione di risposta alla fessura; funzione di risposta al foro; rapporto dimensione spot; NETD; uniformità spaziale; deriva termica; Frequenza dei fotogrammi.	3.1.1 Differences between SW, MW and LW 3.1.2 Thermal detectors: bolometers; measurement of temperature, sensitivity and measurement range 3.1.3 Photo detectors: semiconductor materials of the detector; valence band, gap and conduction band; cooling down; single sensors, Focal Plane Array and Detector Quantum Well 3.1.4 Spatial resolution; ensitivity; resolution; FOV; IFOV; MFOV; Slit Response Function; Hole Response function; Spot Size Ratio; NETD; Spatial uniformity; Thermal drift; Frame rate.
3.2 Sistemi di eccitazione	3.2 Excitation systems
3.2.1 Sistemi a radiazione ottica: lampade alogene, a infrarossi, allo xenon ed al cripton/xenon); profili stazionari, pulsati e modulati 3.2.2 Eccitatori per tecniche qualitative: flussi di aria fredda e calda; riscaldatori a resistenza; piastre a contatto 3.2.3 Altri sistemi: sollecitazioni acusto-ultrasuono (termografia stimolata ad ultrasuoni termosonica, vibrotermica e sonica; termografia non lineare stimolata ad ultrasuoni; radiazione EM per dielettrici (correnti parassite; microonde); corrente elettrica applicata a materiali embedded (modifica della resistenza elettrica; termografia a base di metalli, basata su nanotubi di carbonio e su leghe a memoria di forma).	3.2.1 Optical radiation systems: halogen, infrared, xenon and krypton / xenon lamps); stationary, pulsed and modulated profiles 3.2.2 Exciters for qualitative techniques: flows of cold and hot air; resistance heaters; contact plates 3.2.3 Other systems: acousto-ultrasonic stresses (thermosonic, vibrothermal and sonic ultrasound stimulated thermography; ultrasonic stimulated nonlinear thermography; EM radiation for dielectrics (eddy currents; microwaves); electric current applied to embedded materials (modification of resistance electrical; metal-based thermography, based on carbon nanotubes and shape memory alloys).
3.3 Standard e standardizzazione	3.3 Standards and standardization
3.3.1 Standard come replica delle parti: caratteristiche termofisiche, geometriche e dimensionali da replicare; caratteristiche dei difetti degli standard (simulati con inserti o fori a fondo piatto, indotti artificialmente e naturali) 3.3.2 Standard metallici ed in composito, per laminati, sandwich, incollati e ricoprimenti 3.3.3 Standard di sensibilità, di temperatura, per la stima dell'emissività e per la messa a fuoco 3.3.4 Processo di verifica della standardizzazione 3.3.5 Limiti dell'utilizzo di standard per UT.	3.3.1 Standard as a replica of the parts: thermophysical, geometric and dimensional characteristics to be replicated; characteristics of standard defects (simulated with inserts or flat bottom holes, artificially induced and natural) 3.3.2 Metallic and composite standards, for laminates, sandwiches, bonded parts and coatings 3.3.3 Sensitivity, temperature, for the estimation of emissivity and for focus standards 3.3.4 Standardization verification process 3.3.5 Limits of using UT standards.
4.0 Controlli di processo	4.0 Process controls
4.1 Controlli sulla termocamera	4.1 Thermocamera checks
4.1.1 Processo di formazione del segnale termografico; valutazione dei parametri radiativi atmosferici; curve di risposta; conversione analogico/digitale 4.1.2 Calibrazione del segnale termografico: corpi neri e loro calibrazione; tecniche di calibrazione in temperatura; variazioni con l'emissività, con le condizioni ambientali e con l'angolo; derivate termiche; NUC (Non-Uniformity Compensation); aspetti di non linearità; approccio di Sakuma-Hattori; misurazione della funzione di diffusione in un punto NETD; minima differenza di temperatura risolvibile 4.1.3 Valutazione degli elementi dell'array 4.1.4 Valutazioni di stabilità ed efficienza del raffreddamento 4.1.5 Controllo delle ottiche.	4.1.1 Process of forming the thermographic signal; evaluation of atmospheric radiative parameters; response curves; analog / digital conversion 4.1.2 Calibration of the thermographic signal: black bodies and their calibration; temperature calibration techniques; variations with emissivity, with environmental conditions and with the angle; thermal drifts; NUC (Non-Uniformity Compensation); aspects of non-linearity; Sakuma-Hattori approach; measurement of the diffusion function in one point NETD; minimum resolvable temperature difference 4.1.3 Evaluation of the array elements 4.1.4 Evaluation of cooling stability and efficiency 4.1.5 Control of optics.
4.2 Controlli sui sistemi di eccitazione per la termografia attiva	4.2 Controls of stimulation systems for active thermography
Controlli funzionali e controlli basati su misure – Controllo eccitazioni ottiche: verifica efficienza delle lampade; verifica durata e forma degli impulsi; verifica di ampiezze, frequenze e fasi dei sistemi di eccitazione modulati; verifiche dei sistemi basati su laser – Verifiche di altri sistemi di eccitazione: acustici, ultrasuoni, correnti indotte microonde, resistenze, coperte termiche; heat gun.	Functional checks and controls based on measurements - Optical excitation control: checking the efficiency of the lamps; verification of the duration and shape of the impulses; verification of amplitudes, frequencies and phases of modulated excitation systems; verification of laser-based systems - Verification of other excitation systems: acoustic, ultrasonic, microwave induced currents, resistances, thermal blankets; heat gun.
4.3 Altri controlli	4.3 Other Controls
4.3.1 Controlli degli standard di riferimento con difetti noti: integrità, caratteristiche dei materiali, controlli dimensionali 4.3.2 Controllo degli standard per la verifica dell'emissività e della messa a fuoco 4.3.3 Controllo sistemi di scansione e di alloggiamento di sensori, eccitatori e parti.	4.3.1 Checks of the reference standards with known defects: integrity, characteristics of the materials, dimensional checks 4.3.2 Check of standards for the verification of emissivity and focus 4.3.3 Check of scanning systems and housing of sensors, exciters and parts.
5.0 Fasi e parametri di processo applicabili	5.0 Applicable processing steps and parameters
5.1 Analisi degli elementi di una procedura termografica	5.1 Analysis of the elements of a thermographic procedure
5.1.1 Analisi preliminari: analisi del componente da ispezionare; condizioni ambientali (tipo ambiente, umidità e temperatura ambiente); condizioni del componente (accessibilità, condizioni della superficie) 5.1.2 Determinazione della tecnica di ispezione (caratteristiche della termocamera, del sistema di eccitazione, del software di visualizzazione e del post-processing); determinazione degli standard di riferimento 5.1.3 Determinazione delle fasi ispettive: controlli preliminari; preparazione della superficie; ispezione visiva; geometrie e distanze (scan plan, sovrapposizione delle scansioni); setup della termocamera; setup del sistema di eccitazione;	5.1.1 Preliminary analysis: analysis of the component to be inspected; environmental conditions (type of environment, humidity and ambient temperature); condition of the component (accessibility, surface conditions) 5.1.2 Determination of the inspection technique (characteristics of the thermal imaging camera and the excitation system, visualization and post-processing software); determination of the reference standards 5.1.3 Determination of the inspection phases: preliminary checks; surface preparation; visual inspection; geometries and distances (scan plan, superimposition of scans); thermal camera setup; setup of the excitation system;

frequenza di ispezione); eventuali ispezioni di approfondimento con altre tecniche IRT o altri metodi CND; reporting.	inspection frequency); any in-depth inspections with other IRT techniques or other NDT methods; reporting.
5.2 Fasi preliminari del processo ispettivo	5.2 Preliminary steps in the inspection process
5.2.1 Condizioni di applicabilità della calibrazione; stima dell'emissività; determinazione dell'IFOV necessario; condizioni di messa a fuoco ottica e termica; determinazione della LUT ottimale; determinazione dell'angolo ottimale di ispezione.	5.2.1 Conditions of applicability of the calibration; estimate of emissivity; determination of the necessary IFOV; conditions of optical and thermal focus; determination of the optimal LUT; determination of the optimal inspection angle.
5.3 Parametri di processo	5.3 Process parameters
5.3.1 Parametri termografici in funzione della tecnica (numero di termogrammi, frequenza di acquisizione, fase rispetto alla sollecitazione)	5.3.1 Thermographic parameters according to the technique (number of thermograms, acquisition frequency, phase with respect to the stress)
5.3.2 Parametri di eccitazione in funzione della tecnica (ampiezza e forma del segnale eccitante, durata, frequenza, condizioni di sicurezza)	5.3.2 Excitation parameters according to the technique (amplitude and shape of the exciting signal, duration, frequency, safety conditions)
5.3.3 Parametri di visualizzazione (sequenze e termogrammi singoli, LUT, profili, grafici logaritmici)	5.3.3 Display parameters (sequences and single thermograms, LUTs, profiles, logarithmic graphs)
5.3.4 Parametri di post-processing e di ricostruzione del segnale.	5.3.4 Post-processing and signal reconstruction parameters.
6.0 Interpretazione e valutazione	6.0 Interpretation and Evaluation
6.1 Criteri di interpretazione e valutazione del segnale	6.1 Criteria for interpretation and evaluation of the signal
6.1.1 Interpretazione: specificità della tecnica applicata; analisi qualitativa di termogrammi singoli e delle sequenze temporali in funzione delle caratteristiche termofisiche del materiale ispezionato e della tipologia delle anomalie aspettate; interpretazione basata su profili radiometrici, grafici logaritmici ed altre caratteristiche tipiche del segnale finale (post-processato) rappresentato	6.1.1 Interpretation: specificity of the applied technique; qualitative analysis of single thermograms and time sequences according to the thermophysical characteristics of the inspected material and the type of expected anomalies; interpretation based on radiometric profiles, logarithmic graphs and other typical characteristics of the signal represented
6.1.2 Valutazione: tecniche di misura per le dimensioni in pianta e della profondità dell'anomalia.	6.1.2 Evaluation: measurement techniques for the dimensions in plan and the depth of the anomaly.
6.2 Criteri di accettazione	6.2 Acceptance criteria
6.1.1 Concetti, condizioni e requisiti tipici su cui sono basati in generale i criteri di accettazione.	6.1.1 Typical concepts, conditions and requirements upon which acceptance criteria are generally based.

BIBLIOGRAFIA - Bibliography

- 1) ASNT – Nondestructive Testing Handbook, Third Edition: Volume 3, Infrared and Thermal Testing (IR)
- 2) ASNT Level III Study Guide: Infrared and Thermal Testing Method (IR)
- 3) Corso di fisica tecnica- Romagnoni, Peron-2000-2001, Cap. 13
- 4) F. Ciampa, P. Mahmoodi, F. Pinto, M. Meo, Recent Advances in Active Infrared Thermography for Non-Destructive Testing of Aerospace Components, sensors 2018
- 5) ISO 18251-1:2017, Non-destructive testing — Infrared thermography, Part 1: Characteristics of system and equipment
- 6) S. Klein, Il racconto della chimica, Zanichelli, Cap. 8, 2018
- 7) P. Zazzini, Dispense di Fisica Tecnica, Termodinamica - Trasmissione del Calore, SSD ING-IND/11, 2011
- 8) F. Bagatti, E. Corradi, A. Desco, C. Ropa, Conoscere la materia – Elettromagnetismo, Scienza Zanichelli, 2010
- 9) Cannarozzo, Cucchiari, Meschieri, Unità B2, Misure, rilievo, progetto, Richiami di ottica geometrica, Zanichelli, 2012

SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications

- 1) ASTM E 2582, Standard Practice for Infrared Flash Thermography of Composite Panels and Repair Patches Used in Aerospace Applications
- 2) ASTM E 2533, Standard Guide for Nondestructive Testing of Polymer Matrix Composites used in Aerospace Applications
- 3) ITA-STD-IRT-01, Criteri di accettazione per laminati in composito / *Acceptance criteria for composite laminates* (fornita su richiesta del candidato)

10.0 ST - SYLLABUS SHEAROGRAFIA PER LIVELLO 3 (ST - LEVEL 3 SHEAROGRAPHY SYLLABUS)	
1.0 Principi fisici e teoria dell'ottica 1.1 Grandezze fisiche fondamentali e richiami di matematica: lunghezza d'onda e frequenza, rappresentazione ed analisi d'onda nel dominio del tempo e della frequenza, larghezza di banda e fattore di merito, scomposizione del segnale nelle sue armoniche Fast Fourier Transform (FFT) 1.2 Ottica Geometrica: Riflessione, Rifrazione, Ingrandimento Lineare Trasversale, Legge di Snell, Interazione Luce-Materia 1.3 Onde Elettromagnetiche: Natura duale delle onde, Onde Longitudinali, Onde Trasversali, Moto Armonico, Parametri caratteristici delle onde 1.4 Ottica Ondulatoria: Interferenza, Diffrazione, Risoluzione, Criterio di Rayleigh, Polarizzazione della Luce, Fenomeni di polarizzazione della Luce	1.0 Physical principles and theory of optics 1.1 Fundamental physical quantities: math reviews: wavelength and frequency, representation and analysis of waves in the time and frequency domain, bandwidth and quality factor, decomposition of the signal into its harmonics, Fast Fourier Transform (FFT) 1.2 Geometric Optics: Reflection, Refraction, Transverse Linear Magnification, Snell's Law, Light-Matter Interaction, 1.3 Electromagnetic Waves: Longitudinal Waves, Transverse Waves, Harmonic Motion, Characteristic parameters of waves 1.4 Wave Optics: Interference, Diffraction, Resolution, Rayleigh Criteria, Polarization of Light
2.0 Materiali e campi di applicazione 2.1 Compositi: proprietà, difettologia, rigidità/flessibilità 2.2 Strutture metalliche incollate: tipologia di incollaggio, difettologia 2.3 Ispezione in produzione e in servizio 2.4 Limiti di applicazione	2.0 Materials and Fields of Application 2.1 Composites: properties, defects, stiffness/flexibility 2.2 Bonded metallic structures: bonding types, defects 2.3 Production and in service inspections 2.4 Application limits
3.0 Attrezzature 3.1 Tooling per fissaggio parti 3.2 Sistema di eccitazione/carico: termico, depressione a vuoto, pressione, vibrazione meccanica, combinato. 3.3 Shearocamera 3.4 Sistema di controllo, setup, acquisizione ed analisi	3.0 Equipment 3.1 Tooling to fix the parts. 3.2 Stimulation/loading device: thermal, vacuum depression, pressure, mechanical vibration, combined. 3.3 Shearocamera 3.4 System of control, setup, acquisition and analysis.
4.0 Ispezione 4.1 Preparazione della parte: attrezzaggio, riduzione dei disturbi ambientali (luce, temperatura, vibrazioni) 4.2 Applicazione dello stress: effetti sulla struttura e sulle discontinuità, limiti, vantaggi e svantaggi 4.3 Tecniche di indagine 4.3.1 Interferometria olografica e speckle 4.3.2 Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI) 4.3.3 Olografia Digitale 4.3.4 Shearografia: Phase Shifting 4.3.5 Metrologia Shearografica 4.3.6 Ispezioni manuali/automatizzate 4.4 Reference standard e standardizzazione 4.5 Interpretazione: Discontinuità tipiche e loro caratteristiche, discontinuità da fabbricazione, discontinuità da uso in servizio, indicazioni rilevanti e non rilevanti 4.6 Valutazione 4.6.1 Analisi Shearogramma: Filtri lineari e non lineari, Filtro mediano e filtro a valor medio, Phase Filter, Demodulazione (unwrapping) 4.6.2 Criteri Accettazione/Scarto 4.7 Reporting	4.0. Inspection 4.1 Part preparation: tooling, environmental disturbances (light, temperature, vibrations) 4.2 Stress application: effects on the structures and discontinuity, limits, advantages and disadvantages 4.3 Investigation Techniques 4.3.1 Holographic and Speckle Interferometry 4.3.2 Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI) 4.3.3 Digital Holography 4.3.4 Shearography: Phase Shifting 4.3.5 Shearographic Metrology 4.3.6 Manual/automatic inspections 4.4 Reference standard and standardization 4.5 Interpretation: Typical discontinuity and their features, manufacturing/in-service discontinuity, relevant/non-relevant indications 4.6 Evaluation 4.6.1 Shearogram analysis: linear/non-linear filters, median filter, medium value filter, phase filter, unwrapping 4.6.2 Acceptance/Rejection criteria 4.7 Reporting
7.0 Controllo di processo 7.1 Requisiti: Personale, Impianti e Strumentazione, Documentazione, Standard di riferimento	7.0 Process control 7.1 Requirements: Personnel, Equipment and Instrumentation, Documents, Reference Standard
8.0 Aspetti di sicurezza 8.1 Laser: Definizione e Classificazione, Requisiti di Sicurezza 8.2 Altre Misure di Prevenzione 8.3 Pericoli	8.0 Safety aspects 8.1 Laser: Definition and Classification, Safety Requirements 8.2 Other Prevention Measures 8.3 Hazards

Bibliografia - Bibliography

ASM Metals HandBook Volume 17 - Nondestructive Evaluation and Quality Control;
 ASNT Industry Handbook, Aerospace NDT
 ASTM C274 Terminology of Structural Sandwich Constructions
 ASTM D3878 Terminology for Composite Materials
 ASTM D5687/D5687M Guide for Preparation of Flat Composite Panels with Processing Guidelines for Specimen Preparation
 ASTM E543 Specification for Agencies Performing Nondestructive Testing
 ASTM E1309 Guide for Identification of Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite Materials in Databases
 ASTM E1316 Terminology for Nondestructive Examinations
 ASTM E1434 Guide for Recording Mechanical Test Data of Fiber-Reinforced Composite Materials in Databases
 ASTM E1471 Guide for Identification of Fibers, Fillers, and Core Materials in Computerized Material Property Databases
 ASTM E1736 Practice for Acousto-Ultrasonic Assessment of Filament-Wound Pressure Vessels
 FDA 21 CFR 1040.10 Laser products
 FDA 21 CFR 1040.11 Specific purpose laser products
 EN 60825-1 Safety of Laser Products - Part 1: Equipment Classification, Requirements, and User's Guide

SPECIFICHE DI RIFERIMENTO – Reference Specifications

ASTM E-2581, Standard Practice for Shearography of Polymer Matrix Composites and Sandwich Core Materials in Aerospace Applications

11.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – NORMATIVA/MATERIALI E PROCESSI DI FABBRICAZIONE (BA - LEVEL 3 BASIC EXAMINATION-STANDARD/MATERIALS & MANUFACTURING PROCESSES)	
1.0 Normativa 1.1 EN 4179 - Aerospace Series - Qualification and approval of personnel for nondestructive testing 1.2 NAS 410 - NAS Certification & qualification of nondestructive test personnel 2.0 Materiali e Processi di Fabbricazione 2.1 Relazione tra CND e il processo produttivo 2.1.1 Processo Produttivo: materiali e processi 2.1.2 Cedimento dei materiali 2.1.3 Controlli non distruttivi applicati al monitoraggio del cedimento 2.2 Proprietà dei materiali e prove meccaniche 2.2.1 Proprietà chimiche, fisiche, meccaniche, di processo 2.2.2 Sistemi di carico e cedimento dei materiali 2.2.3 Prove meccaniche (trazione, tensione, snervamento, compressione, rottura trasversale, scorrimento, fatica, creep, impatto, piegamento, durezza) 2.3 Metalli ferrosi 2.3.1 Produzione della ghisa e dell'acciaio 2.3.2 Composizione delle leghe Fe-C 2.3.3 Classificazione degli acciai e principali elementi di lega 2.3.4 Proprietà meccaniche 2.4 Metalli non ferrosi 2.4.1 Metalli non ferrosi e loro proprietà, effetti degli elementi di lega 2.4.2 Leghe di Alluminio 2.4.3 Leghe di Nickel 2.4.4 Leghe di Magnesio 2.5 Materiali non metallici 2.5.1 Materiali plastici e metodi produttivi e di lavorazione 2.5.2 Materiali ceramici e metodi produttivi e di lavorazione 2.6 Trattamenti termici e trasformazioni di stato nei metalli 2.6.1 Struttura dei metalli, solidificazione, dimensione del grano, crescita del grano 2.6.2 Cambiamenti dello stato solido dei metalli, variazioni allotropiche, ricristallizzazioni, invecchiamento 2.6.3 Trattamenti termici degli acciai: austenitizzazione, ricottura, normalizzazione, bonifica, rinvenimento, distensione, indurimento, cementazione, nitrurazione, indurimento alla fiamma 2.7 Condizioni delle superfici - Processi chimici - Processi di finitura/indurimento superficiale 2.7.1 Corrosione 2.7.2 Pulizia e scelta del metodo di pulizia: liquido/vapore, pulizia meccanica 2.7.3 Finitura abrasiva, spazzolatura, lucidatura, elettropulitura 2.7.4 Rivestimenti: preparazione al rivestimento, applicazione di rivestimenti organici, verniciatura, metallizzazioni 2.7.5 Conversioni chimiche, anodizzazione, cromatazione, fosfatazione, ossidazione chimica, rivestimenti al plasma 2.8 Fonderia 2.8.1 Solidificazione dei metalli, crescita cristallina, ritiri e porosità 2.8.2 Colata e alimentazione 2.8.3 Colata in sabbia 2.8.4 Colata in forma permanente 2.8.5 Pressocolata 2.8.6 Colata a cera persa 2.8.7 Colata in centrifuga 2.8.8 Colata continua 2.8.9 Attrezzature di processo 2.9 Metallurgia delle polveri e additive manufacturing 2.9.1 Sinterizzazione e trattamenti post sinterizzazione 2.9.2 Requisiti di processo 2.10 Deformazione plastica 2.10.1 Deformazione plastica 2.10.2 Effetti della direzione e della temperatura, proprietà meccaniche 2.10.3 Lavorazioni a caldo e a freddo, laminati, indurimento da lavorazione 2.11 Lavorazioni Meccaniche 2.11.1 Principi generali delle lavorazioni meccaniche 2.11.2 Azione dell'utensile sul materiale e formazione del truciolo 2.11.3 Macchine utensili 2.12 Saldatura dei metalli 2.12.1 Natura della saldatura 2.12.2 Saldatura e brasatura 2.12.3 Processi di saldatura standard e speciali 2.12.4 Tipologia delle giunzioni 2.12.5 Tensioni residue e zona termicamente alterata 2.12.6 Discontinuità nelle saldature e controlli non distruttivi 2.13 Materiali compositi 2.13.1 Definizione di materiale composito 2.13.2 Matrici e fibre di rinforzo 2.13.3 Processi di fabbricazione 2.13.4 Danni da impatto 2.13.5 Controlli non distruttivi applicati	1.0 Standards 1.1 EN 4179 - Aerospace Series - Qualification and approval of personnel for nondestructive testing 1.2 NAS 410 - NAS Certification & qualification of nondestructive test personnel 2.0 Materials and Manufacturing Processes 2.1 Relation of NDT to Manufacturing 2.1.1 Manufacturing: Materials and Processes 2.1.2 Material Failure 2.1.3 NDT in Fracture control 2.2 Properties of Material and mechanical testing 2.2.1 Chemical, physical, mechanical and processing properties 2.2.2 Loading systems and Material Failure 2.2.3 Testing (tensile, stress-strain, compression, fatigue, transverse rupture, shear, fatigue, creep, impact, bend, hardness) 2.3 Ferrous metals 2.3.1 Pig iron and steel making 2.3.2 Composition of Fe-C alloys 2.3.3 Classification of steels and main alloy elements 2.3.4 Mechanical properties 2.4 Nonferrous metals 2.4.1 Nonferrous metals and their properties, effect of alloy elements 2.4.2 Aluminum alloys 2.4.3 Nickel alloys 2.4.4 Magnesium alloys 2.5 Nonmetallic material 2.5.1 Plastic materials and production and processing processes 2.5.2 Ceramic materials and production and processing processes 2.6 Heat treatments and solid-state changes in metals 2.6.1 Metallic structure, solidification, grain size, grain growth 2.6.2 Solid state changes in metals, allotropic changes, recrystallization, age hardening 2.6.3 Heat treatment of steel: Austenitization, annealing, normalizing, tempering and quenching, tempering, stress relieving, hardening of steel, casehardening, carburizing, nitriding, flame hardening 2.7 Surface conditions - Chemical processes - Surface Hardening/Finishing Processes 2.7.1 Corrosion 2.7.2 Cleaning and choice of cleaning method: liquid/vapor baths, blasting 2.7.3 Abrasive finishing, brushing, polishing, electropolishing 2.7.4 Coatings: preparation for coatings, organic coating application, paints, Metallizing 2.7.5 Chemical conversion, anodizing, chromate, phosphate, chemical oxide coatings 2.8 Casting Process 2.8.1 Solidification of metals, crystal growth, shrinkages and porosities 2.8.2 Pouring and feeding 2.8.3 Sand Casting 2.8.4 Permanent Mold Casting 2.8.5 Die Casting 2.8.6 Investment Casting 2.8.7 Centrifugal Casting 2.8.8 Continuous Casting 2.8.9 Melting equipment 2.9 Powder metallurgy and additive manufacturing 2.9.1 Sintering and post sintering treatment 2.9.2 Process requirement 2.10 Plastic flow 2.10.1 Plastic deformation 2.10.2 Direction and temperature effects, mechanical properties 2.10.3 Hot and cold work, process working of sheet metal, work hardening 2.11 Machining 2.11.1 General principles of machining 2.11.2 Tool action on the material and chip formation 2.11.3 Machine tools 2.12 Metal welding 2.12.1 Nature of bonding 2.12.2 Welding and brazing 2.12.3 Standard and special welding processes 2.12.4 Type of welds 2.12.5 Residual stresses and heat affected zone 2.12.6 Welding indication and non-destructive testing 2.13 Composite Materials 2.13.1 Composite material definition 2.13.2 Matrix and reinforced fibers 2.13.3 Production processes 2.13.4 Impact damages 2.13.5 Applicable non-destructive testing
Bibliografia - Bibliography ASNT Continuing Education in Nondestructive testing – Materials and processes for NDT Technology	

12.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO PT (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – PT METHOD)	
1.0 Principi fisici	1.0 Physical principles
1.1 Descrizione	1.1 Description
1.2 Vantaggi	1.2 Benefits
1.3 Limitazioni	1.3 Limitations
1.4 Confronto con gli altri metodi	1.4 Comparison with other methods
2.0 Preparazione e pulizia	2.0 Preparation and cleaning
2.1 Attacco termico	2.1 Thermal Etch
2.2 Attacco chimico	2.2 Chemical Etch
2.3 Sgrassaggio	2.3 Degreasing
3.0 Proprietà/caratteristiche dei materiali	3.0 Properties/characteristics of materials
3.1 Penetranti	3.1 Penetrants
3.2 Emulsionanti e solventi	3.2 Emulsifiers and solvents
3.3 Sviluppatori	3.3 Developers
4.0 Applicazione e rimozione	4.0 Application and removal
4.1 Penetranti	4.1 Penetrants
4.2 Emulsionanti e solventi	4.2 Emulsifiers and solvents
4.3 Sviluppatori	4.3 Developers
5.0 Classificazione dei Sistemi	5.0 System classification
5.1 MIL I 25135/AMS2644	5.1 MIL I 25135/AMS2644
6.0 Elementi di fotometria	6.0 Elements of photometry
6.1 Contrasto	6.1 Contrast
6.2 Rilevabilità	6.2 Detectability
6.3 Lampade UV e LED	6.3 UV and LED lamps
7.0 Difetti	7.0 Defects
7.1 Interpretazione e valutazione	7.1 Interpretation and evaluation
7.2 Tecnica di pulizia	7.2 Wipe-off technique
7.3 Attrezzature per la misura	7.3 Measurements tools
8.0 Impianti ed attrezzature	8.0 Plant and equipment
8.1 Impianti in linea e circolari	8.1 Linear and circular plant
8.2 Manuali, Semiautomatici e Automatici	8.2 Manual, Semiautomatic e Automatic
8.3 Attrezzature di processo	8.3 Equipment for process
8.4 Attrezzature di controllo e calibrazione	8.4 Equipment for check and calibration
8.5 Impianti di trattamento delle acque	8.5 Water treatment plants
BIBLIOGRAFIA - Bibliography	
1) Testo AIPND “METODO DEI LIQUIDI PENETRANTI” - Autori: G. Gaetani – G. Magistrali – G. Torrida	
2) Testo AIPND “CORSO DI SPECIALIZZAZIONE SUI CONTROLLI NON DISTRUTTIVI CON LIQUIDI PENETRANTI” - Autori: G. Gaetani – G. Torrida	
3) HANDBOOK ASM – Volume 17 – Nondestructive Evaluation and Quality Control	

13.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO MT (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – MT METHOD)	
1.0 Principi fisici	1.0 Physical principles
1.1 Parametri elettrici: Volt, Corrente, Potenza Elettrica	1.1 Electrical parameters: Voltage, Current, Electrical Power
1.2 Teoria del campo magnetico: Ferromagnetismo, Permeabilità, Domini magnetici, Induzione elettromagnetica, Effetto pelle	1.2 Magnetic Fields Theory: Ferromagnetism, Permeability, Magnetic domains, Electromagnetic induction, Skin effect
1.3 Verifica dell'adeguata forza del campo magnetico: Gaussmetro ad effetto di Hall, Misura della forza del campo magnetico, Misura dell'illuminazione e della radiazione UV-A	1.3 Evidence of adequate field strength: Hall-effect gaussmeter, Tangential field strength measurement, Illumination and UV-A radiation measurement
2.0 Principi della tecnica di magnetizzazione	2.0 Principles of magnetization technique
2.1 Magnetizzazione con il giogo	2.1 Yoke magnetisation
2.2 Magnetizzazione con bobina	2.2 Coil magnetisation
2.3 Magnetizzazione circolare con puntali	2.3 Circular magnetisation with prods
2.4 Magnetizzazione a contatto diretto fra le teste	2.4 Circular magnetization with direct contact
2.5 Magnetizzazione circolare con corrente indotta	2.5 Circular magnetization with induced current
2.6 Magnetizzazione longitudinale	2.6 Longitudinal magnetisation
2.7 Tecnica combinata	2.7 Combined techniques
3.0 Equipaggiamenti e strumenti	3.0 Testing Equipment and utilities
3.1 Equipaggiamenti, impianti: Equipaggiamenti portatili, Smagnetizzazione mediante bobina	3.1 Equipment: Portable equipment, Demagnetization by coil
3.2 Prodotti impiegati: Polveri magnetiche fluorescenti e colorate, Preparazione delle polveri in sospensione e metodi di prova	3.2 Test product: Fluorescent and colored test products, Preparation of testing suspension
3.3 Blocchi di prova e mezzi di controllo: Blocchi di prova per la verifica efficienza del sistema, Blocchi di prova per la verifica efficienza dell'impianto	3.3 Test block and tools: Test block for systems performance, Test block for equipment performance,
3.4 Equipaggiamenti e strumenti per il controllo del campo magnetico: Strumento per la misura della forza del campo tangenziale, Sonda di Berthold, Pie gage	3.4 Testing Equipment and utilities for magnetic field control: tangential field strength measurement, Berthold test block, Pie gage for magnetization control
3.5 Strumenti di misura della radiazione UV-A e dell'illuminamento: Condizioni d'esame, Mezzi per il controllo dell'illuminazione e della radiazione UV-A, Lampada UV-A LED, Misura della luminosità e della radiazione	3.5 Radiation UV-A and illumination facilities: Examination conditions, Measuring tools for illumination and UV-A radiation, UV-A- LED lamp, Illumination and radiation measurement
BIBLIOGRAFIA - Bibliography	
1) ASNT HANDBOOK “Nondestructive Testing Vol. 17”	
2) AIM Associazione Italiana di Metallurgia, “Le Prove non Distruttive”	

14.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO ET (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – ET METHOD)	
1.0 Principi fisici	1.0 Physical principles
1.1 Caratteristiche generali del metodo: Vantaggi e limitazioni, Generazione delle correnti indotte ed elettromagnetismo	1.1 General characteristics of the method: Advantages and limitations, Eddy current generation and electromagnetism
1.2 Parametri principali: Effetto pelle, lift-off, fill factor, Frequenza, conducibilità, permeabilità magnetica, Profondità di penetrazione	1.2 Main parameters: Skin effect, lift-off, fill factor, Frequency, conductivity, magnetic permeability, Depth of penetration
2.0 Strumentazione	2.0 Instrumentation
2.1 Elettronica di base: Impedenza, Strumentazione e visualizzazione del segnale	2.1 Basic electronics: Impedance, Instrumentation and signal visualization
2.2 Componenti del sistema di controllo: Sonde (tipi ed applicazioni), Blocchi di calibrazione	2.2 Components of the control system: Probes (types and applications), Calibration blocks
2.3 Filtri: HPF, LPF, BPF	2.3 Filters: HPF, LPF, BPF
3.0 Tecniche Ispettive	3.0 Inspection techniques
3.1 Principali applicazioni:	3.1 Main applications
3.1.1 Ispezioni ad alta e bassa frequenza di geometrie piane,	3.1.1 High and low frequency inspections of flat features
3.1.2 Ispezione di fori per bulloni e rivetti	3.1.2 Inspection of holes for bolts and rivets
3.1.3 Ispezione di tubi e barre	3.1.3 Inspection of tubes and bars
BIBLIOGRAFIA - Bibliography	
1) AMS HANDBOOK VOLUME 17 - Nondestructive Evaluation and Quality Control Second printing, May 1992 - "Eddy Current Inspection" paragraph, pages: 164 - 194	

15.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO UT (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – UT METHOD)	
1.0 Teoria e principi base	1.0 Theory and basic principles
1.1 Definizione e natura degli ultrasuoni	1.1 Definition and nature of ultrasound
1.1.1 Fascio ultrasonoro, campo vicina e lontano	1.1.1 Ultrasound beam, near and far Field
1.1.2 Frequenza e lunghezza d'onda	1.1.2 Frequency and wavelength
1.1.3 Velocità nei materiali	1.1.3 Velocity in materials
1.1.4 Onde longitudinali e di taglio	1.1.4 Longitudinal and shear waves
1.1.5 Attenuazione e divergenza del fascio	1.1.5 Attenuation and divergence of the beam
1.1.6 Legge di Snell, riflessione, trasmissione e rifrazione	1.1.6 Snell's law, reflection, transmission and refraction
1.1.7 Impedenza acustica	1.1.7 Acoustic impedance
1.1.8 Misura in decibel	1.1.8 Measurement in decibels
2.0 Strumenti ad ultrasuoni	2.0 Ultrasonic Equipment
2.1 Descrizione	2.1 Description
2.1.2 Trasmettitore e ricevitore	2.1.2 Transmitter and receiver
2.1.3 Rappresentazione "A", "B", e "C" scan	2.1.3 Representation "A", "B", and "C" scan
2.1.4 Base dei tempi ed amplificazione	2.1.4 Time base and amplification
2.1.5 Rapporto segnale rumore	2.1.5 Signal to noise ratio
2.1.6 Soglie ed allarmi	2.1.6 Thresholds and alarms
2.2 Trasduttori	2.2 Transducer
2.2.1 Piezoelettricità	2.2.1 Piezoelectricity
2.2.2 Punto di emissione	2.2.2 Point of issue
2.2.3 Focalizzazione	2.2.3 Focus
2.2.4 Frequenza di impulso	2.2.4 Pulse frequency
2.3 Reference Standard e accoppianti acustici	2.3 Reference standard and acoustic couplants
2.3.1 Blocchi IIW	2.3.1 IIW blocks
3.0 Processi e tecniche di ispezione	3.0 Inspection and techniques
3.1 Riflessione e trasmissione	3.1 Reflection and transmission
3.1.1 Trasduttore piano ed angolato	3.1.1 Flat and angled transducer
3.1.2 Sonde a contatto e doppie	3.1.2 Contact and double probes
3.1.3 Taratura strumento	3.1.3 Instrument calibration
3.1.4 Sensibilità ispettiva	3.1.4 Inspection sensitivity
3.1.5 Scansioni manuali ed automatiche	3.1.5 Manual and automatic scans
3.2 Immersione	3.2 Immersion
3.3 Misura di spessori	3.3 Thickness measurements
3.3.1 Trasduttori con ritardo	3.3.1 Transducers with delay
3.4 Phased array	3.4 Phased array
3.4.1 Mappatura, e registrazione	3.4.1 Mapping and recording
3.4.2 Trasduttori multipli	3.4.2 Multiple transducers
4.0 Caratteristiche del metodo	4.0 Characteristics of the method
4.1 Ispezioni volumetriche	4.1 Volumetric inspection
4.1.1 Metalli e compositi	4.1.1 metals and composite
4.1.2 vantaggi e limiti	4.1.2 advantages and limitations
4.1.3 test di verifica strumentazione	4.1.3 instrumentation verification test
BIBLIOGRAFIA - Bibliography	
1) Quaderni Didattici AIPND: Metodo ultrasonico corso per livelli 2 e 3 di Magistrali e Marra	
2) ASTM E2491, Standard Guide for Evaluating Performance Characteristics of Phased-Array Ultrasonic Testing Instruments and Systems	

16.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO RT FILM (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – RT FILM METHOD)	
1.0 Teoria, fisica	1.0 Theory, Physics
1.1 Introduzione 1.1.1 Processo di radiografia 1.1.2 Applicabilità 1.1.3 Limiti 1.2 Principi di radiografia 1.2.1 Natura e proprietà dei raggi X 1.2.2 Produzione Raggi X e Raggi Gamma 1.2.3 Interazione raggi X/materiali (assorbimento e scatter) 1.2.4 Assorbimento raggi X, coefficiente di attenuazione 1.3 Immagine radiografica 1.3.1 Formazione dell'immagine 1.4 Principi di radioprotezione	1.1 Introduction 1.1.1 Process of Radiography 1.1.2 Applicability 1.1.3 Limits 1.2 Principles of Radiography 1.2.1 Nature and properties of X-rays 1.2.2 X-rays and Gamma rays production 1.2.3 Interaction X-rays/materials (absorption and scatter) 1.2.4 X-rays absorption, attenuation coefficient 1.3 Radiographic Image 1.3.1 Image formation 1.4 Radiation Safety Principles
2.0 Strumentazione	2.0 Equipment
2.1 Generatori di raggi X 2.1.1 Tubi a raggi X e acceleratori 2.1.2 Filtrazione inerente 2.2 Generatori di raggi Gamma 2.2.1 Radiazione caratteristica 2.3 Pellicola radiografica 2.3.1 Struttura della pellicola 2.3.2 Sviluppo delle radiografie 2.3.3 Schermi 2.3.4 Densità 2.3.5 Esposizione, carta di esposizione 2.3.6 Legge dell'inverso del quadrato 2.3.7 Curve caratteristiche, velocità, gradiente, granulosità 2.4 Maschere, diaframmi, collimatori, filtri 2.5 Indicatori di qualità dell'immagine (IQI) 2.5.1 Tipi di IQI 2.5.2 Posizionamento degli IQI	2.1 X-rays generators 2.1.1 X-ray tubes and accelerator 2.1.2 Inherent filtration 2.2 Gamma rays generators 2.2.1 Characteristic radiation 2.3 Radiographic film 2.3.1 Film structure 2.3.2 Film processing 2.3.3 Screen 2.3.4 Density 2.3.5 Exposure, exposure chart 2.3.6 Inverse square law 2.3.7 Characteristic curves, film speed, gradient, graininess 2.4 Masks, diaphragms, collimators, filters 2.5 Image Quality Indicators (IQI's) 2.5.1 Types of IQIs 2.5.2 IQIs positioning
3.0 Tecniche di esposizione	3.0 Exposure techniques
3.1 Qualità dell'immagine e sensibilità 3.1.1 Distanza sorgente-film 3.1.2 Dimensione della macchia focale 3.1.3 Penombra geometrica 3.2 Determinazione dei parametri di esposizione 3.3 Tecniche di esposizione 3.3.1 Ingrandimento e proiezione 3.3.2 Radiografia a parete singola 3.3.3 Radiografia a doppia parete 3.3.4 Tecniche a film multipli 3.4 Difetti di posizione, triangolazione	3.1 Image quality and sensitivity 3.1.2 Source-to-film distance 3.1.3 Focal-spot size 3.1.4 Geometric unsharpness 3.2 Exposure parameters determination 3.3 Exposure techniques 3.3.1 Enlargement and projection 3.3.2 Single-wall radiography 3.3.3 Double-wall radiography 3.3.4 Multiple-films techniques 3.4 Defects position, triangulation
4.0 Valutazione	4.0 Evaluation
4.1 Valutazione delle radiografie 4.2 Aspetto delle indicazioni radiografiche	4.1 Radiographic Viewing 4.2 Indication types appearance
BIBLIOGRAFIA - Bibliography	
1) ASNT HANDBOOK "Nondestructive Testing Vol. 17"	

17.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO RT NON-FILM (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – RT NON-FILM METHOD)	
1.0 Teoria, fisica	1 Theory, Physics
1.1 Introduzione 1.1.2 Processo di radiografia 1.1.3 Applicabilità 1.1.4 Limiti 1.2 Principi di radiografia 1.2.1 Natura e proprietà dei raggi X 1.2.2 Produzione Raggi X e Raggi Gamma 1.2.3 Interazione raggi X/materiali (assorbimento e scatter) 1.2.4 Assorbimento raggi X, coefficiente di attenuazione 1.3 Immagine radiografica 1.3.1 Formazione dell'immagine 1.3.2 Risoluzione spaziale/risoluzione spaziale di base, penetrametro a doppio filo 1.3.3 Formati file di immagine 1.3.4 Metodi di salvataggio dell'immagine 1.4 Principi di radioprotezione	1.1 Introduction 1.1.2 Process of Radiography 1.1.3 Applicability 1.1.4 Limits 1.2 Principles of Radiography 1.2.1 Nature and properties of X-rays 1.2.2 X-rays and Gamma rays production 1.2.3 Interaction X-rays/materials (absorption and scatter) 1.2.4 X-rays absorption, attenuation coefficient 1.3 Radiographic Image 1.3.1 Image formation 1.3.2 Spatial resolution/basic spatial resolution, duplex wire gage 1.3.3 Image File Formats 1.3.4 Image File Save Media 1.4 Radiation Safety Principles
2.0 Tecnica di Computed Radiography (CR)	2.0 Computed Radiography (CR) technique
2.1 Processo di Computed Radiography 2.1.1 Acquisizione dell'immagine CR 2.1.2 Luminescenza fotostimolata (PSL) 2.1.3 Struttura cristallina del PSL 2.1.4 Formazione dell'immagine latent 2.1.5 Elaborazione dell'immagine latent 2.1.6 Rimozione dell'immagine latente residua 2.1.7 Range dinamico 2.2 Imaging plates 2.3 Screens 2.4 Scanner	2.1 Computed Radiography Process 2.1.1 Acquiring the CR Image 2.1.2 Photo-Stimulated Luminescence (PSL) 2.1.3 PSL Crystal Structure 2.1.4 Latent Image Formation 2.1.5 Processing the Latent Image 2.1.6 Residual Latent Image Removal 2.1.7 Dynamic range 2.2 Imaging plates 2.3 Screens 2.4 Scanner
3.0 Tecnica di Direct Radiography (DDA)	3.0 Direct Radiography (DDA) technique
3.1 Tecnologia DDA 3.1.1 Componenti specifici del DDA: scintillatori e semiconduttori 3.1.2 Cattura e conversion dell'immagine 3.2 Proprietà del DDA 3.2.1 Qualità dell'immagine del DDA 3.2.2 Segnale e rumore 3.2.3 Pixel Pitch 3.2.4 Achievable contrast sensitivity (CSa) e Specific Material Thickness Range (SMTR) 3.2.5 Calibrazione e Correzioni 3.2.6 Gain e Offset 3.2.7 Bad Pixel	3.1 DDA Technology 3.1.1 Specific DDA components: scintillators and semiconductors 3.1.2 Capture of the converted image 3.2 DDA Properties 3.2.1 Image Quality from a DDA 3.2.2 Signal and Noise 3.2.3 Pixel Pitch 3.2.4 Achievable contrast sensitivity (CSa) and Specific Material Thickness Range (SMTR) 3.2.5 Calibration and Corrections 3.2.6 Gain and Offset 3.2.7 Bad Pixel
4.0 Tecnica di Tomografia Computerizzata (CT)	4.0 Computed Tomography (CT) technique
4.1 Sistema di scansione CT 4.1.1 Ricostruzione dell'immagine CT 4.1.2 Progettazione e Componenti del sistema CT 4.2 Capacità di detection della CT 4.2.1 Geometrie di scansione CT 4.3 Qualità di immagine e artefatti	4.1 CT scanning system 4.1.1 CT image reconstruction 4.1.2 CT system design and components 4.2 CT detection capabilities 4.2.1 CT scanning geometries 4.3 Image quality and artefacts
5.0 Strumentazione	5.0 Equipment
5.1 Generatori di raggi X 5.1.1 Tubi a raggi X e acceleratori 5.1.2 Filtrazione inerente 5.2 Generatori di raggi Gamma 5.2.1 Radiazione caratteristica 5.3 Maschere, diaframmi, collimatori, filtri 5.4 Indicatori di qualità dell'immagine (IQI) 5.4.1 Tipi di IQI 5.4.2 Posizionamento degli IQI 5.5 Monitor	5.1 X-rays generators 5.1.1 X-ray tubes and accelerator 5.1.2 Inherent filtration 5.2 Gamma rays generators 5.2.1 Characteristic radiation 5.3 Masks, diaphragms, collimators, filters 5.4 Image Quality Indicators (IQI's) 5.4.1 Types of IQIs 5.4.2 IQIs positioning 5.5 Monitor
6.0 Tecniche di esposizione	6.0 Exposure techniques
6.1 Qualità dell'immagine e sensibilità 6.1.1 Distanza sorgente-film 6.1.2 Dimensione della macchia focale 6.1.3 Penombra geometrica 6.2 Determinazione dei parametri di esposizione 6.3 Tecniche di esposizione 6.3.1 Ingrandimento e proiezione 6.4 Difetti di posizione, triangolazione	6.1 Image quality and sensitivity 6.1.1 Source-to-film distance 6.1.2 Focal-spot size 6.1.3 Geometric unsharpness 6.2 Exposure parameters determination 6.3 Exposure techniques 6.3.1 Enlargement and projection 6.4 Defects position, triangulation
7.0 Valutazione	7.0 Evaluation
7.1 Elaborazione dell'immagine digitale 7.1.2 Luminosità e Contrasto 7.1.3 Filtri digitali 7.1.4 Ingrandimento digitale 7.2 Elaborazione dell'immagine digitale 7.3 Artefatti	7.1 Digital Image Processing 7.1.2 Contrast and Brightness 7.1.3 Digital Filters 7.1.4 Digital Magnification 7.2 Indication types appearance 7.3 Artifacts
BIBLIOGRAFIA - Bibliography	
1) ASNT HANDBOOK "Nondestructive Testing Vol. 17" 2) ASTM E2007 Standard Guide for Computed Radiography 3) ASTM E2736 Standard Guide for Digital Detector Array Radiography	

18.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO IRT (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – IRT METHOD)	
1.0 Teoria di base e principi di ispezione	1.0 Basic theory and principles of inspection
I contesti applicativi e le finalità del controllo - I vantaggi ed i limiti del Metodo - Fondamenti fisici (basi su radiazione elettromagnetica, radiazione termica; radiazione e bande infrarosse; termodinamica, trasmissione del calore, rudimenti di ottica) - Tecniche e principi di ispezione (IRT passiva, IRT attiva con tecniche in trasmissione e riflessione, stazionaria e pulsate).	Application contexts and inspection purposes - Advantages and limitations of the method - Physical fundamentals (basics of electromagnetic radiation, thermal radiation; radiation and infrared bands; thermodynamics, heat transfer, rudiments of optics) - Inspection techniques and principles (passive IRT, active IRT with transmission and reflection techniques, stationary and pulsed).
2.0 Forme e materiali del prodotto; formazione e caratterizzazione dei difetti	2.0 Product shapes and materials; defect formation and characterization
Conoscenze di base su compositi, metalli e coatings con relative anomalie rivelabili.	Basic knowledge of composites, metals, and coatings with related detectable anomalies.
3.0 Funzionamento delle apparecchiature e standardizzazione	3.0 Equipment Operation and Standardization
Termocamere (Differenze tra SW, MW e LW - Rivelatori termici - Fotorivelatori - Focal Plane Array - Detector Quantum Well – Risoluzione spaziale; sensibilità; risoluzione; FOV; IFOV; MFOV; NETD; uniformità spaziale; Frequenza dei fotogrammi – Sistemi principali di eccitazione (Sistemi a radiazione ottica, flussi d'aria, riscaldatori a resistenza, piastre a contatto) - Standard e principi di standardizzazione.	Thermal Imaging Cameras (Differences between SW, MW, and LW - Thermal Detectors - Photodetectors - Focal Plane Arrays - Quantum Well Detectors - Spatial Resolution; Sensitivity; Resolution; FOV; IFOV; MFOV; NETD; Spatial Uniformity; Frame Rate - Main Excitation Systems (Optical Radiation Systems, Air Flows, Resistance Heaters, Contact Plates) - Standards and Standardization Principles.
4.0 Controlli principali di processo	4.0 Main Process Controls
Controlli sulla termocamera (Calibrazione del segnale termografico; NUC (Non-Uniformity Compensation); NETD; Valutazione degli elementi dell'array e di stabilità ed efficienza del raffreddamento – Controllo delle ottiche) - Controlli principali sui sistemi di eccitazione per la termografia attiva - Controlli degli standard di riferimento, per la verifica dell'emissività e della messa a fuoco – Controllo sistemi di scansione e di alloggiamento di sensori, eccitatori e parti.	Thermal Imaging Camera Controls (Thermographic Signal Calibration; NUC (Non-Uniformity Compensation); NETD; Array Element Evaluation and Cooling Stability and Efficiency - Optics Control) - Main Excitation System Controls for Active Thermography - Reference Standard Controls for Emissivity and Focus Verification - Scanning and Housing Systems Controls for Sensors, Exciters, and Parts.
5.0 Fasi e parametri di processo applicabili	5.0 Applicable Process Phases and Parameters
Stima dell'emissività, dell'IFOV e condizioni di messa a fuoco ottica e termica.	Estimation of emissivity, IFOV, and optical and thermal focusing conditions.
6.0 Interpretazione e valutazione	6.0 Interpretation and Evaluation
Basi sui criteri di interpretazione e valutazione del segnale applicabili e sulla tipologia dei criteri di accettazione	Basics of applicable signal interpretation and evaluation criteria and the type of acceptance criteria
Bibliografia - Bibliography	
1) Aerospace NDT ASNT Industry Handbook 2) ASTM E 2582, Standard Practice for Infrared Flash Thermography of Composite Panels and Repair Patches Used in Aerospace Applications	

19.0 BA - SYLLABUS PER ESAME BASICO LIVELLO 3 – METODO ST (BA - SYLLABUS FOR LEVEL 3 BASIC EXAMINATION – ST METHOD)	
1.0 Teoria di base e principi di ispezione	1.0 Basic theory and principles of inspection
I contesti applicativi e le finalità del controllo - I vantaggi ed i limiti del Metodo - Fondamenti fisici (lunghezza d'onda e frequenza, rappresentazione ed analisi d'onda nel dominio del tempo e della frequenza, larghezza di banda e fattore di merito, scomposizione del segnale nelle sue armoniche Fast Fourier Transform (FFT), Ottica Geometrica, Onde Elettromagnetiche, Ottica Ondulatoria) - Tecniche e principi di ispezione (Interferometria olografica e speckle, Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI), Olografia Digitale, Shearografia/Phase Shifting, Metrologia Shearografica).	Application contexts and inspection purposes - Advantages and limitations of the method - Physical fundamentals (wavelength and frequency, representation and analysis of waves in the time and frequency domain, bandwidth and quality factor, decomposition of the signal into its harmonics, Fast Fourier Transform (FFT), Geometric Optics, Electromagnetic Waves, Wave Optics) - Inspection techniques and principles (Investigation Techniques, Holographic and Speckle Interferometry, Electronic Speckle Pattern Interferometry (ESPI), Digital Holography, Shearography/Phase Shifting, Shearographic Metrology).
2.0 Forme e materiali del prodotto; formazione e caratterizzazione dei difetti	2.0 Product shapes and materials; defect formation and characterization
Conoscenze di base su compositi, strutture metalliche incollate e relative anomalie rivelabili.	Basic knowledge of composites, bonded metallic structures and related detectable anomalies.
3.0 Funzionamento delle apparecchiature e standardizzazione	3.0 Equipment Operation and Standardization
Tooling per fissaggio parti, Sistema di eccitazione/carico (termico, depressione a vuoto, pressione, vibrazione meccanica, combinato), Shearocamera, Sistema di controllo/setup/acquisizione/analisi - Standard e principi di standardizzazione.	Tooling to fix the parts, Stimulation/loading device (thermal, vacuum depression, pressure, mechanical vibration, combined), Shearocamera, System of control/setup/acquisition/analysis - Standards and Standardization Principles.
4.0 Controlli principali di processo	4.0 Main Process Controls
Controlli sulla shearocamera (Calibrazione del vettore di shear, Controllo dei laser) - Controllo delle ottiche - Controlli principali sui sistemi di eccitazione – Controllo fattori ambientali (luce, temperatura, vibrazioni) - Controlli degli standard di riferimento – Controllo sistemi di scansione e di alloggiamento di sensori, eccitatori e parti.	Shearocamera Camera Controls (Shear Vector Calibration, Laser check) - Optics Control) - Main Excitation System Controls – Environmental factors Controls (light, temperature, vibration) - Reference Standard Controls - Scanning and Housing Systems Controls for Sensors, Exciters, and Parts.
5.0 Parametri di processo applicabili	5.0 Applicable Process Parameters
Stima dello shear e dei parametri di eccitazione.	Estimation of shear and stimulation parameters.
6.0 Interpretazione e valutazione	6.0 Interpretation and Evaluation
Basi sui criteri di interpretazione e valutazione del segnale applicabili e sulla tipologia dei criteri di accettazione	Basics of applicable signal interpretation and evaluation criteria and the type of acceptance criteria
Bibliografia - Bibliography	
1) Simula, CD-ROM 2) ASTM E-2581, Standard Practice for Shearography of Polymer Matrix Composites and Sandwich Core Materials in Aerospace Applications 3) ASNT HANDBOOK "Nondestructive Testing Vol. 17"	