

## **ARGOMENTI TRATTATI NEL CORSO BASE PER 3<sup>i</sup> Livelli AERONAUTICI**

### **INTRODUZIONE**

### **PROCESSI SPECIALI E QUALIFICAZIONE DEL PERSONALE**

### **MATERIALI AERONAUTICI**

#### **MATERIALI METALLICI**

##### **Metalli**

##### ***Proprietà dei metalli***

Durezza

Resistenza

Resistenza termica

Elasticità

Plasticità

Duttilità

Malleabilità

Tenacità

Fragilità

Conducibilità

Durabilità

Densità

#### **MATERIALI METALLICI FERROSI**

##### **Produzione della Ghisa**

##### **Fabbricazione dell'Acciaio**

##### **Lavorazioni dell'acciaio**

##### **A CALDO**

*Laminazione*

*Fucinatura*

*Estrusione*

*Trafilatura*

##### **DISCONTINUITA' DA LAVORAZIONE A CALDO**

Cricche di forgiatura

Cricche interne e superficiali

Formatura a temperatura troppo elevata

Ripiegatura

Sdoppiatura

##### **A FREDDO**

##### **DISCONTINUITA' DA LAVORAZIONE A FREDDO**

#### **FONDERIA DELL'ACCIAIO**

Generalità

##### **Esecuzione della forma (formatura)**

*Formatura al silicato*

*Formatura in conchiglia*

*Formatura a cera fusa*

*Il modello della forma*

##### **Fusione del metallo**

##### **Distaffatura**

##### **Finitura**

##### **Processo di fusione**

**Fusione in sabbia (Sand Casting)**

**Fusione a cera persa**

**Fusione in conchiglia (permanent mold casting)**

**Pressofusioni (Die casting)**

**Getto centrifugato (centrifugal casting)**

## **DISCONTINUITA' NEI GETTI**

**Inclusioni**

**Discontinuità di cristallizzazione**

**Riprese**

**Soffiature**

*Rifiuti*

*Sbolliture*

*Vaiolature*

*Spugnosità*

*Cavità dovute a sviluppo gassoso del metallo*

*Cavità interdendritiche e porosità*

*Punte di spillo*

**Discontinuità di segregazione**

**Discontinuità di cavità di ritiro**

*Cavità interne di ritiro*

*Cavità esterna di ritiro*

*Cavità assiali di ritiro*

**Cricche**

*Strappi o lacerazioni a caldo*

*Cricche o lacerazioni a freddo*

**Discontinuità dovute a raffreddatori e supporti non fusi**

## **METALLURGIA DELLE POLVERI**

**Tipi di Acciaio**

**Acciaio al Carbonio**

**Acciai Legati**

**Norme per gli Acciai Legati**

**Classificazione SAE degli Acciai**

*Acciaio al carbonio 1xxx*

*Acciaio al Nichel 2xxx*

*Acciaio al nichel-cromo 3xxx*

*Acciaio al cromo-molibdeno 4xxx*

*Acciaio al cromo-vanadio 6xxx*

*Classificazione AISI degli Acciai*

**Elementi di lega**

*Carbonio*

*Manganese*

*Silicio*

*Fosforo*

*Nichel*

*Cromo*

*Molibdeno*

*Vanadio*

*Tungsteno*

**Acciaio (Inossidabile) Resistente alla corrosione**

*Ferritico*

*Austenitico*

*Martensitico*

*Duplex*

*Da Invecchiamento (Indurimento per Precipitazione)*

*Peculiarità della Manipolazione dei CRES*

## **DIAGRAMMA DI STATO FERRO-CARBONIO**

**Generalità**

**Costituenti strutturali- Punti Critici - Eutettoide**

## **Trattamento Termico dell'Acciaio**

### **Trattamenti termici con riscaldamento sopra AC<sub>3</sub>**

*Normalizzazione*

*Ricottura completa*

*Tempra*

*Patentamento*

### **Trattamenti termici con riscaldamento sotto AC<sub>1</sub>**

*Ricottura di globulizzazione o di coalescenza*

*Ricottura di lavorabilità*

*Rinvenimento*

*Distensione*

*Bonifica*

### **Trattamenti termici speciali d'indurimento superficiale**

*Carbo cementazione*

*Nitrurazione*

## **Determinazione della temperatura dell'Acciaio**

## **PROVE SUI MATERIALI FERROSI**

### **Prova di durezza**

*Metodo Brinell*

*Metodo Rockwell*

*Metodo Vickers*

### **Prova di trazione**

Esecuzione della prova

Determinazione delle deformazioni

Carico totale al limite di elasticità

### **Prova di resilienza**

#### **Prova d'urto**

*Secondo Izod*

*Secondo Charpy*

*Torre verticale*

#### **Prova di piega**

Esecuzione della prova

#### **Prova di imbutitura**

#### **Prove a caldo**

#### **Prova di scorrimento**

#### **Prove a bassa temperatura**

#### **Prova di fatica**

Piegatura di Fogli e Lamiere (Fatica a flessione)

Trazione/compressione (stress diretto)

Prova di flessione ad alta velocità

## **MATERIALI METALLICI NON FERROSI**

Introduzione

### ***Norme per i Metalli Non Ferrosi***

#### **Alluminio**

#### **La materia prima**

#### **Proprietà dell'alluminio**

#### **Vantaggi rispetto all'acciaio dolce**

#### ***Leghe di alluminio***

Leghe sperimentali

Alluminio puro 1xxx

Rame (Cu) 2xxx

Manganese (Mn) 3xxx

Silicio (Si) 4xxx

Magnesio (Mg) 5xxx

Zinco (Zn) 7xxx

### ***Applicazioni delle leghe di alluminio***

Alluminio 1100

Alluminio 2011

Alluminio 2017

Alluminio 2024

Alluminio 3003

Alluminio 5052

Alluminio 6061

Alluminio 6063

Alluminio 7075

### **Lavorazioni dell'alluminio**

#### **Fonderia dell'alluminio**

#### **Lavorazione plastica**

#### ***Placcatura delle leghe di alluminio***

#### **Magnesio**

#### **Titanio**

Caratteristiche generali del titanio che influenzano la sua lavorazione

#### **Leghe speciali**

#### **Monel**

#### ***Trattamento Termico dei Metalli Non Ferrosi***

#### ***Leghe di Alluminio e Magnesio***

#### ***Trattamento termico di leghe di alluminio***

Leghe di Alluminio Indurite con il Calore

Leghe di Alluminio Non Induribili con il Calore

#### ***Nomenclatura della Tempra delle Lega di Alluminio***

Trattamento Termico di Solubilizzazione

Trattamento Termico per Precipitazione

Ricottura

Ripetizione del Trattamento Termico

#### **Prove sui Materiali Non Ferrosi**

### **MATERIALI NON METALLICI**

Introduzione

#### **MATERIALI CERAMICI**

#### **MATERIALI PLASTICI**

*Termoindurenti*

*Termoplastici*

*Resine Termoplastiche*

*Elastomeri*

*Materiali Compositi*

*Resine plastiche*

*Resine Termoindurenti*

*Resine Polimero*

*Resina Poliesteri*

*Resina Epossidica*

#### **Materiali di rinforzo**

*Fibre di vetro*

*Fibra di Carbonio (Graphite)*

Aramide

Kevlar

Boro

### **Prodotti intessuti**

*Tela (Plain Weave)*

*Tessuto diagonale (Twill Weave) - Spigato*

*Tessuto Raso (Satin Weave)*

*Tessuto unidirezionale*

*Tappetino di trefoli tagliati a pezzi (Chopped Strand Mat)*

### **Prodotti basati su fasci di fibre**

*Orientamento della fibra*

Ordito (Warp)

Trama (Weft o Fill)

Cimosa (Selvage Edge)

Orientamento in Diagonale, Grano diagonale o Polarizzazione (Bias)

Orientamento della fibra

### **Sistemi di Polimerizzazione**

Polimerizzazione a freddo

Polimerizzazione a caldo

*Rapporto Resina/Fibra*

Calcolo del Peso Finale

Tempo utile (Pot life)

Conservabilità (shelf Life)

*Pre-impregnati*

*Pellicole adesive*

*Pellicola adesiva a espansione*

### **Materiali d'anima**

Espanso

Nido d'ape (Honeycomb)

*Tipi di Materiale di Anima a Nido d'Ape*

### **Danneggiamento delle strutture sandwich**

*Controllo del danneggiamento*

## **FABBRICAZIONE DEI MATERIALI COMPOSITI**

Premessa

### **METODI DI FABBRICAZIONE**

#### **Compositi plastici**

*Pre-preg*

*Termoplastici con fibre corte*

#### **fase di DEPOSIZIONE**

*per lavorazione manuale*

*per lavorazione semi-manuale*

*per lavorazione automatizzata*

*per processo continuo*

*per iniezione*

#### **fase di POLIMERIZZAZIONE**

*per riscaldamento senza pressione*

*per stampaggio in pressa a caldo.*

*Stampaggio in sacco*

con sacco a vuoto

con sacco a pressione

#### **Compositi metallici**

#### **Compositi ceramici**

#### **Discontinuità tipiche delle strutture in composito**

Abrasiono (*Abrasion*)  
Ammaccatura (*Dent*)  
Area con scarsa alimentazione di resina (*Resin Starved Area*)  
Cresta di resina (*Resin Ridge*)  
Cricche nella resina del laminato (*Laminate Resin Crack*)  
Cricche, Graffi, Solchi, Intagli, ecc. nella resina superficiale (*Surface Resin Cracks, Scratches, Digs, Nicks, etc*)  
Delaminazione (*Delamination*)  
Delaminazione attorno a un foro (*Delamination at a Hole*)  
Depressione dell'anima (*Core Depression*)  
Depressione superficiale (*Surface Depression*)  
Eccesso di resina (*Resin Rich*)  
Fibre rotte (*Broken Fibers*)  
Foro (*Hole*)  
Bruciatura (*Burned*)  
Frantumazione laterale dell'anima (*Core Lateral Crushing*)  
Gradino (*Step*)  
Graffio/Rigatura (*Scratch/Score*)  
Grinza (*Wrinkle*)  
Impronte a onde (*Telegraphing*)  
Inclusioni (*Inclusions*)  
Ingobbamento (*Bulging*)  
Interruzione del nido d'ape (*Honeycomb Gaps Splices*)  
Distacchi in zona giunzione (*Gaps at Splices*)  
Non corretto calcolo degli strati (*Incorrect Ply Count*)  
Non corretto impilamento degli strati (*Incorrect Plies Stack-up*)  
Non corretto orientamento dello strato (*Incorrect Ply Orientation*)  
Piega d'angolo (*Corner Fold*)  
Scheggiatura (*Nick*)  
Scollamento (*Disbond*)  
Degno di utensile (*Gouge*)  
Sfrangiatura (*Fraying*)  
Strati discontinui – Cricca nel laminato (*Discontinuous Plies - Laminate Crack*)  
Vuoti (*Voids*)  
    *In generale*  
    *Condizione tipo spruzzo di aria (Airshot Condition)*  
    *Bolla, vescica (Blister)*  
    *Porosità (Porosity)*

### **Controllo Visivo**

**Controllo con Moneta (Coin Tap test)**

**Controllo Radiografico (raggi X)**

**Controllo a Ultrasuoni**

**Prova di rottura della pellicola di acqua (Water Break Test)**

**Asciugatura dei Pannelli compositi**

### **RIPARAZIONI**

*Riparazione di una struttura composita*

*Taglio e levigatura dei Materiali Compositi*

*Precauzioni*

*Riparazione con sacco a vuoto*

*Delaminazione al bordo*

*Fori nei laminati con superficie limitata*

*Riparazione di strutture a nido d'ape*

*Danni a una superficie e all'anima*

*Riparazione di entrambe le superfici e dell'anima in nido d'ape*

*Riparazione di entrambe le superfici e dell'anima in nido d'ape*

### **Sicurezza nella fabbricazione di compositi**

Protezione della Pelle

Protezione degli occhi

Protezione delle vie respiratorie

### **CORROSIONE**

*Principi Chimici*

*Corrosione Chimica*

*Corrosione Elettrochimica*

### **Formazione della Corrosione**

*Azione galvanica*

Serie Elettrochimica per i Metalli

Azione Elettrochimica

*Microbiologica*

*Da Sollecitazione*

### **Effetti della Corrosione**

*Effetti della corrosione sui metalli*

*Fattori che influenzano la Corrosione del Metallo*

*Cause di Corrosione*

Acidi

Alcali

Sali

Atmosfera

Atmosfera Industriale

Atmosfera Marina

Acqua

Microorganismi

### **Tipi di Corrosione**

*Corrosione Alveolare (Pitting)*

*Corrosione Intergranulare*

*Corrosione Filiforme*

*Corrosione Esfoliante*

*Corrosione da contatto*

*Corrosione da Fatica*

*Biocorrosione*

*Tensocorrosione*

*Corrosione Galvanica*

*Corrosione Interstiziale*

*Corrosione per Cavitazione ed Erosione*

*Ambienti chimici aggressivi*

### **Usura**

### **Fatica**

### **SALDATURA**

Premessa

### **PROCEDIMENTI di SALDATURA**

### **BRASATURA**

*Saldobrasatura*

*Brasatura capillare*

### **SALDATURA AUTOGENA PER FUSIONE**

*Saldatura ad arco manuale*  
*Saldatura automatica ad arco sommerso*  
*Saldatura semiautomatica ad arco sommerso*  
*Saldatura ad arco sommerso a doppio filo*  
*Saldatura ad arco in atmosfera gassosa*  
*Procedimenti MIG e MAG*

## **DISCONTINUITA' CHE POSSONO GENERARSI IN SALDATURA**

### **Saldatura ad arco**

#### ***DISCONTINUITA' AL VERTICE (RADICE)***

Mancanza di penetrazione  
Mancanza di penetrazione per slivellamento  
Concavità al vertice  
Eccesso di penetrazione  
Incisione marginale interna (al vertice)  
Mancanza di penetrazione al vertice  
Cordone cavo  
Slivellamento  
Inserito non consumato  
Vertice ossidato

#### ***DISCONTINUITA' NELLA PASSATA FINALE O CAPPELLO***

Incompleto riempimento dello smusso di saldatura  
Incompleta fusione (nella parte alta della saldatura)  
Incisione marginale esterna  
Inadeguato rinforzo  
Eccessivo rinforzo (sovracordone)  
Porosità superficiale  
Spruzzi  
Sputi  
Insellamento

#### ***DISCONTINUITA' INTERNE ALLA SALDATURA***

Inclusioni non metalliche (scoria)  
Linee di scoria  
Incompleta fusione  
Incollatura  
Inclusioni di tungsteno  
Porosità (o soffiature)  
Tarlo  
Cricche a caldo  
Cricche a freddo  
Fiocco

Soffiatura vermicolare

## **SALDATURA PER BOMBARDAMENTO ELETTRONICO (Electronbeam)**

Discontinuità della saldatura a fascio elettronico

### ***SALDATURA LASER***

### ***SALDATURA PER ESPLOSIONE***

### ***SALDATURA ELETTRICA A RESISTENZA***

*Saldatura per punti*

*Saldatura per rilievi*

*Saldatura a rulli*

## **SALDATURA ULTRASONORA**

## **PROCESSI ED IMPIANTI CHIMICI ED ELETTROCHIMICI (GALVANICI)**

Vasche

Anodi

## **RISCALDAMENTO DELLE SOLUZIONI**

## **PROCESSO GALVANICO**

Definizione

Galvanoplastica

Galvanostegia

Finalità

**PROCESSI CHIMICI**

*DI RIPORTO*

*DI CONVERSIONE*

*DI ASPORTAZIONE*

**PROCESSI ELETTROCHIMICI**

*DI RIPORTO*

*DI CONVERSIONE*

*DI ASPORTAZIONE*

**TRATTAMENTI PRELIMINARI**

PREMESSA

**SGRASSATURA IN FASE VAPORE**

**SGRASSATURA ALCALINA**

**SGRASSATURA CON ULTRASUONI**

Principio di funzionamento

Unità radianti

**SGRASSATURA ELETTROLITICA**

Sgrassatura catodica

Sgrassatura anodica

Inversione periodica della corrente

**DECAPAGGIO ACIDO**

**DECAPAGGIO MECCANICO**

**SABBIATURA**

*SABBIATURA AD UMIDO*

**PROCESSI CHIMICI**

**CONVERSIONE CHIMICA COLORATA**

**LA FOSFATAZIONE DEGLI ACCIAI**

**PROCESSI ELETTROCHIMICI**

**CROMATURA DURA**