

UNI EN ISO 12944

Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura

Pier Luigi Bonora

Durabilità ed Affidabilità dei Materiali
Corrosione e Protezione dei Materiali

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

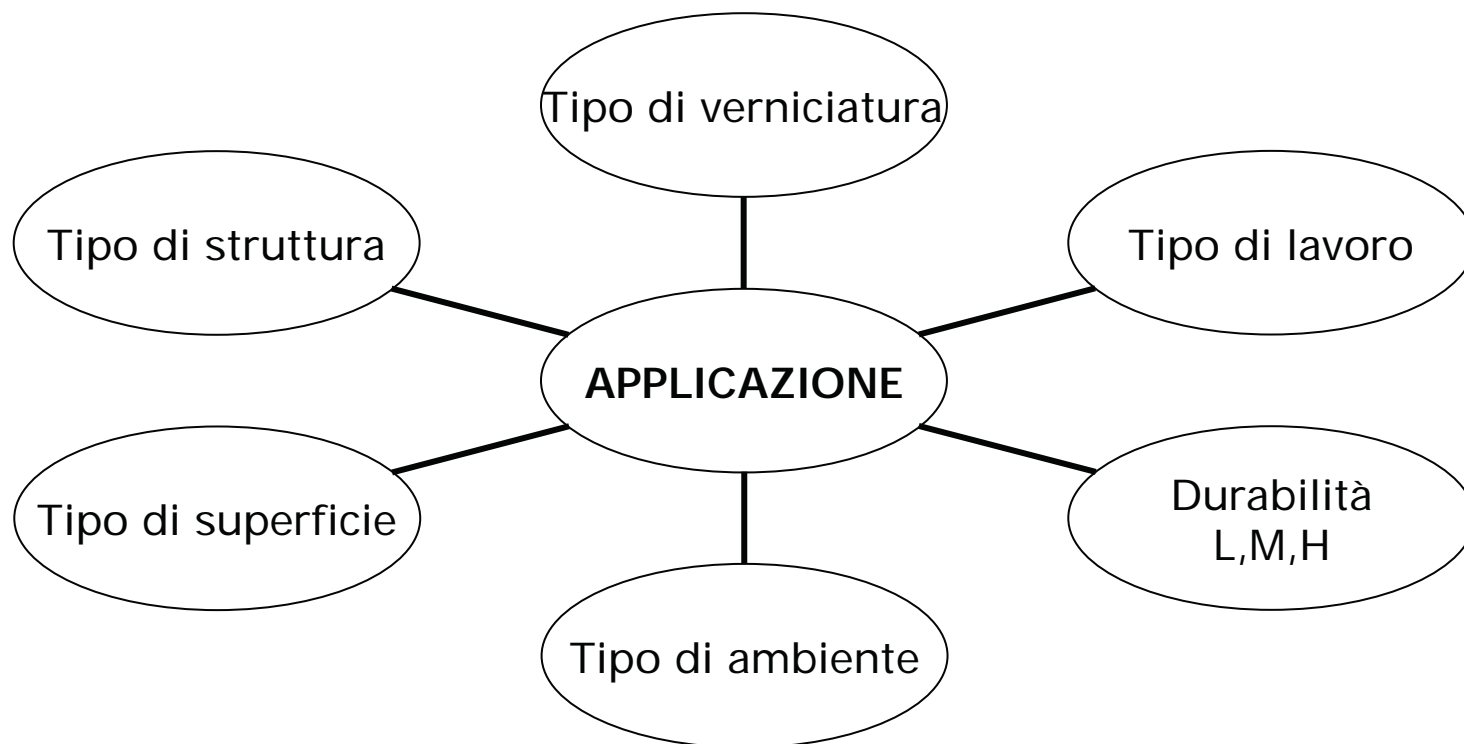
1 Approvazione: 16/06/1997

2 Tre versioni ufficiali (inglese, francese, tedesco) più italiano

9
4
4
-
1
12944-1: definisce SCOPO (fornire informazioni per la protezione dalla corrosione tramite verniciatura) e CAMPO DI APPLICAZIONE

IMP: accordo fra le parti

E' importante avere informazioni sullo stato dell'arte: committenti, imprese addette ai lavori, fornitori di materiali, ispettori.



DEFINIZIONI

rivestimento: strato continuo di materiale (metallo-polimero), unica applicazione

corrosione: interazione fisico-chimica tra metallo e ambiente

danneggiamento da corrosione: effetto della corrosione su metallo e ambiente

sollecitazioni corrosive: fattori ambientali che causano corrosione

pittura: rivestimento pigmentato (liquido, pasta o polvere), varie proprietà

rivestimento protettivo: insieme di strati da applicare per proteggere

verniciatura protettiva: insieme di strati di pitture da applicare per proteggere

substrato: superficie su cui si applica il rivestimento

durabilità: tempo previsto di efficacia della verniciatura prima di manutenzione

CLASSI DI DURABILITA'

bassa (L) da 2 a 5 anni

LINEE GUIDA per l'utilizzo della 12944

- analizzare e valutare la corrosività dell'ambiente in situ
- identificare le condizioni per la scelta della vernice da impiegare
- esaminare il progetto della struttura (accessibilità, corrosione galvanica)
- caso di manutenzione: valutare stato delle superfici
- identificare le verniciature idonee all'ambiente per avere una data durabilità in base a prove in laboratorio o a lungo termine
- selezionare il ciclo di verniciatura ottimale (imp: preparazione superficiale)
- ridurre al minimo i danni ambientali
- stendere un piano di lavoro e scegliere il metodo di applicazione
- stabilire controlli, durante e dopo i lavori
- stabilire un programma di manutenzione

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

SCOPO: presenta la classificazione degli ambienti in base alle classi di corrosività atmosferica (perdita spessore, peso), in acqua e interrata

DEF: *corrosività:* capacità di un ambiente a provocare corrosione in un sistema

microambiente: interfaccia tra ambiente e struttura

atmosfera: miscela di gas e particolato (rurale, urbana, industriale, marina) il tipo dipende dalla natura e concentrazione degli agenti corrosivi

CLASSI DI CORROSIVITA' → determinate per esposizione di provette o effetto combinato di fattori ambientali

a t m o s f e r a	}	Molto bassa C1 (interni abitabili)	
		Bassa C2 (aree naturali, interni non riscaldati)	Acqua dolce Im1
		Media C3 (urbani, industriali poco inquinati)	Acqua mare Im2
		Alta C4 (industriali, zone costiere, impianti chimici)	Terreno Im3
		Molto alta industriale C5-I (industriali aggressivi)	
		Molto alta marina C5-M (offshore)	

1 Corrosione atmosferica:

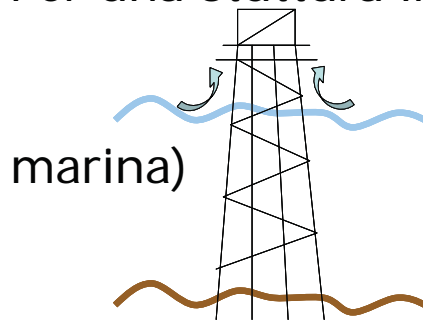
2 presenza di strato di umidità sulla superficie del metallo, importante la
9 collocazione (ambiente chiuso o aria aperta).

4 $v_{\text{corr}} \nearrow$ se l'umidità relativa cresce oltre 80%, se c'è condensa ed inquinanti

2 Corrosione in acqua:

la corrosività è influenzata dal tipo di acqua, dalla sua temperatura e dalla
quantità di O_2 e altre sostanze disciolte, dalla presenza di organismi.

Per una struttura immersa si identificano:



- ◆ zona degli spruzzi (corrosione alta, soprattutto)
- ◆ zona intermedia (corrosione crescente)
- ◆ zona sommersa (corrosione limitata)

Corrosione nel terreno:

dipende dal tenore e tipo di minerali, presenza di sostanze organiche, H_2O , O_2 , è importante l'aerazione.

Corrosione all'interno di strutture: presenza di elementi inquinanti e zone a diversa temperatura che creano condensa (corrosione più alta)

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

UNI EN ISO 12944-2

Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura



Parte 2: Classificazione degli ambienti

**Corso di Durata e Affidabilità dei Materiali e delle
Strutture**

A.A. 2008-2009

UNI EN ISO 12944-3

Protezione dalla corrosione di strutture di acciaio mediante verniciatura



Parte 3: Considerazioni sulla progettazione

**Corso di Durabilità e Affidabilità dei Materiali e delle
Strutture**

1
2
9
4
4
-
3

Progettare per

- evitare corrosione permanente
- evitare il degrado della vernice e della struttura

SCOPO: garantire funzionalità, stabilità, durabilità, costo, estetica

Importante è considerare il fenomeno della corrosione fin dall'inizio con controllo e manutenzione, cercando di evitare i problemi di applicazione e di trasporto o movimentazione.

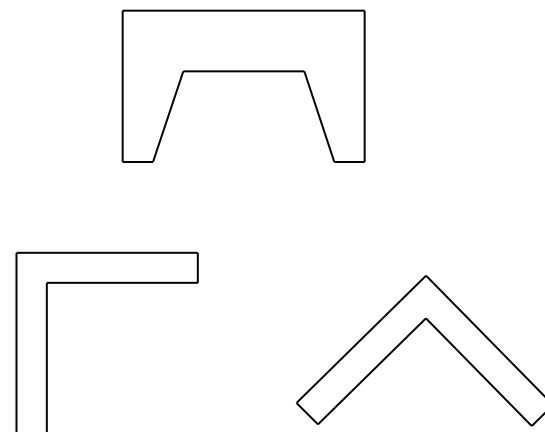
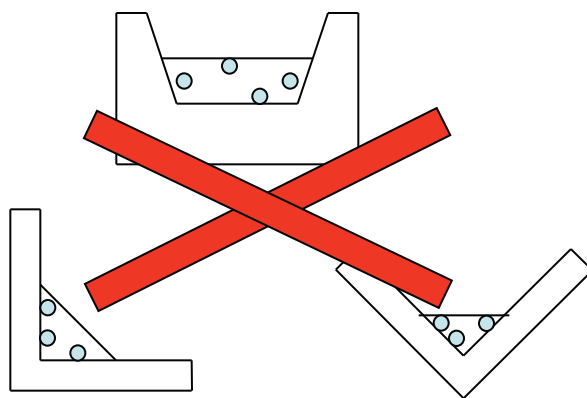
Considerare *forma* ed *elementi della struttura* e *tipo di ambiente* per scegliere il ciclo di verniciatura

1 CRITERI DI BASE

- 2
9
4
4
-
3
- Ø *accessibilità* : per applicazione, controllo e manutenzione importante la visibilità e la mobilità per l'operatore e la ventilazione; fissati angoli e distanze tra utensile e substrato; aperture per parti scatolate
 - Ø *interstizi* : intrappolano impurità ed umidità importante la sigillazione con saldatura continua per superfici a contatto
 - Ø *acqua ed impurezze* : evitare tasche e favorire il drenaggio (superfici \)
 - Ø *spigoli e bave* : evitarli per favorire un rivestimento uniforme, arrotondamenti
 - Ø *saldature* : non devono avere imperfezioni, la verniciatura è difficile
 - Ø *bulloni, dadi e rondelle* : devono avere la stessa durabilità della struttura
 - Ø *parti scatolate ed elementi incassati* : prevedere un sistema di drenaggio
 - Ø *intagli > 50mm e spessore < 10mm* : per facilitare la verniciatura
 - Ø *elementi di irrigidimento* : importante la saldatura continua
 - Ø *corrosione galvanica* : isolare i due metalli, o uno solo, tramite verniciatura
 - Ø *movimentazione* : attenzione ai danni alla verniciatura

1
2
9
4
4
-
3

ESEMPI



12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

1 Preparazione superficiale: rimozione materiale dannoso (oli, grassi, OSSIDI)
2 e contaminanti per consentire adesione; dipende dal
9 ciclo di verniciatura, ambiente
4 Scelta del metodo: dipende dal livello di pittura, rugosità e costo
4

METODI DI PREPARAZIONE

- Ø pulitura ad acqua ($P < 70\text{MPa}$) con aggiunta di detergenti
- Ø pulitura alcalina, a vapore, con emulsioni o solventi organici, per conversione chimica : per oli e grassi + risciacquo
- Ø sverniciatura con prodotti in pasta e solventi, per piccole superfici
- Ø decapaggio acido: per eliminare calamina e ruggine
- Ø pulitura con utensili manuali e meccanici (spatole, carte abrasive, raschiatoi)
- Ø pulitura alla fiamma + spazzole meccaniche
- Ø sabbatura: a secco, ad umido, centrifuga, ad aria compressa, ad acqua; può essere localizzata

GRADI DI PREPARAZIONE SUPERFICIALE

Preparazione primaria	sabbiatura	Sa	1 2 2½ 3
	pulitura con utensili	St	2 3
	pulitura alla fiamma	Fi	i residui sono scolorimenti della sup.
Preparazione secondaria	decapaggio acido	Be	rimozione calamina e ruggine
	sabbiatura localizzata	P Sa	2 2½ 3
	abrasione meccanica loc.	P Ma	rimozione rivest. non aderenti
	pulitura con utensili loc.	P St	2 3

Altri gradi possono essere concordati

Protezione temporanea: il grado di preparazione può cambiare

TIPI DI SUPERFICIE

Ø non rivestite: acciaio nudo, possibili calamina, ruggine o altri contaminanti

Ø rivestite metallo e primer di officina: si può fare solo pulizia secondaria

- *zincatura a caldo*: se non esposte ad agenti atmosferici si fa sabbatura per spazzolatura con abrasivi meccanici per togliere grassi ed oli; se esposte si fanno lavaggi con acqua, vapore, con utensili per eliminare la ruggine bianca.

- *spruzzatura a caldo*: si fa verniciatura subito dopo per evitare i danni della condensa

- *sherardizzazione e zincatura elettrolitica*: rimozione di rivestimenti poco aderenti tramite pulitura ad acqua o vapore, conversione chimica

Ø altre verniciature: superficie, corrosione sottopellicolare ed adesione sono valutate da altre normative

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

1 Prodotto verniciante e sistema di verniciatura sono scelti in base a:
 2 tipo di ambiente (12944-2), grado di prep. sup. (12944-4) e durabilità
 9 (12944-1)

4 **DEF:** *alto spessore* > 80µm del film secco

4 *alto solido:* prodotto verniciante con contenuto di sostanze volatili
 - maggiori del normale
 5

primer: primo strato di pittura

strato/i di fondo: primo strato del primer, a contatto con il substrato,
 deve garantire aderenza e protezione dalla corrosione

strato/i di finitura: ultimo strato che protegge dall'ambiente, corrosione
 dona colore

strato di collegamento (tie coat): migliora l'aderenza fra strati successivi

striscia di prodotto (stripe coat): strato supplementare nei punti critici

DFT spessore del film secco: spessore dopo essiccazione completa

vita utile: tempo massimo entro il quale il prodotto verniciante deve
 essere usato una volta che i componenti sono stati miscelati

VOC sostanza organica volatile: liquida o solida che evapora
 spontaneamente

1 TIPI DI PITTURA

2
9
4
4
-
5
Ø essicante ad aria: il film indurisce per evaporazione dei solventi +
reazione fra legante e ossigeno dell'aria, T , t

Ø ad essiccazione fisica: la pittura è in acqua o altro solvente

Ø in solvente: l'essiccazione è reversibile ed avviene per evaporazione di
solventi, è importante considerare la ventilazione, oltre T e t

Ø all'acqua: l'indurimento avviene per evaporazione dell'acqua ed
aggregazione delle particelle di legante, considerare l'umidità relativa

Ø ad indurimento chimico: l'indurimento si ha per reazione del
componente base con l'agente indurente, anche
evaporazione solvente

IMP: controllare le tabelle fornite dai produttori, i progetti precedenti per
avere informazioni su: n° strati, legante, NDFT, durabilità attesa, ...

Le superfici da verniciare sono di strutture nuove o per manutenzione

→ controllare classe di corrosività, grado di preparazione superficiale, stato
della verniciatura precedente

→ far riferimento ai prospetti della normativa

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

SCOPO: i risultati delle prove servono per scegliere la verniciatura e sono uno strumento per

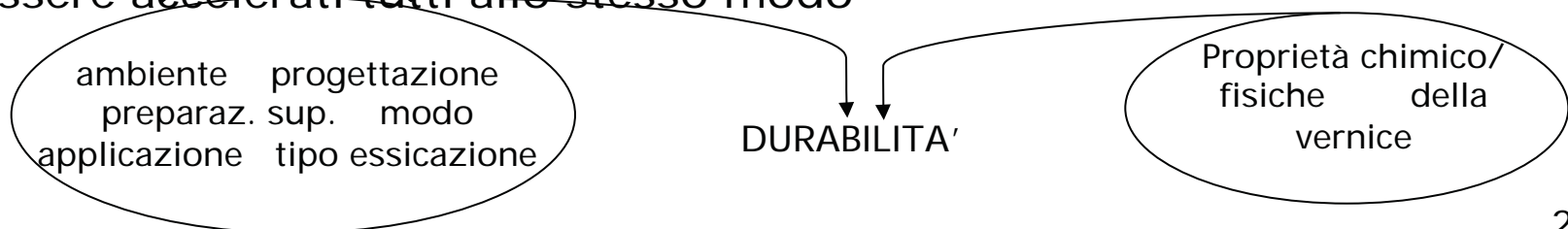
- ◆ determinare la durabilità
- ◆ valutare la resistenza all'acqua, all'umidità, alla nebbia salina
- ◆ determinare l'aderenza ad umido e le proprietà barriera

I substrati considerati sono: acciaio nudo, zincato per immersione e spruzzatura a caldo. Non si fa riferimento alle verniciature ad acqua.

DEF: *invecchiamento artificiale* = procedimento che accelera l'invecchiamento dalla corrosione fisiche della vernice) ma riduce la protezione (valutare le prop.chimico/

requisiti = ottenuti dopo le prove per considerare una verniciatura idonea

OSS: prove supplementari per esposizioni UV, i fattori naturali non possono essere accelerati tutti allo stesso modo



1 PROVE

2 *Provini* (3 per prova): stesso materiale del substrato, 150x70 mm,
 9 spessore >2mm, Sa2½ o Sa3, pittura applicata a spruzzo
 4 omogenea e senza difetti, atm. normale per 3
 4 settimane. *Prova in nebbia salina* (23±2°C, 50±5 %umidità relativa oppure
 - 20±2°C, 65±5 %) (L) 240h, (M) 480h, (H) 720h
 6 *Sistema di riferimento* : verniciatura usata da anni o con prove di lab. note
Prova di aderenza : se DFT > 250 µm

RESOCONTO

Laboratorio di prova:

Indirizzo:

Data delle prove:

Substrato:

Preparazione superficiale:

Fabbricante:

Indirizzo:

Verniciatura e Ciclo di riferimento:

	Tipo chimico	Nome commerciale	N° lotto	NDFT
1° strato				
2° strato				
....				

Condizioni di essiccazione/indurimento:

Durata prova:

Corrosività:

Durabilità richiesta:

Prove:

	PROVINO 1	PROVINO 2	PROVINO 3
DFT misurato			
Valutazione prima della prova			
Prova 1(ISO.....)			
....			

Firma:

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

1 Condizioni preliminari

- 2 - qualificazione: delle persone tramite certificazione
- 9 - substrato: rispettare 12944-4 e concordare i requisiti
- 4 - regole di igiene, sicurezza e protezione ambiente
- 4 - prodotti vernicianti: specificati i dettagli di impiego dal
- fornitore

7

ESECUZIONE DEI LAVORI

- Ø superfici illuminate ed accessibili, rispetto della scheda tecnica del prodotto verniciante
- Ø metodo di applicazione concordato: controllo dei prodotti, superficie, struttura, condizioni ambientali e copertura omogenea.
- Ø controllo periodico di DFT, rispetto dei tempi di applicazione
- Ø stabilire in progettazione se segue rettifica o saldatura

IMP: I lavori di verniciatura si effettuano in una zona separata dagli altri lavori

METODI DI APPLICAZIONE

Ø a pennello: forme diverse a seconda dell'uso (spigoli, angoli, teste bulloni)

Ø a rullo: i prodotti vernicianti devono avere buone caratteristiche di distensione

Ø a spruzzo: - convenzionale, aria a bassa pressione
- senza aria
- aria a media pressione
- spruzzo elettrostatico

importante la scelta di viscosità, pressione, ugello, T, distanza e angolo di spruzzo

Preverniciatura → spigoli, angoli e zone di difficile accesso

1
2
9
4
4
-
7

SUPERVISIONE DEI LAVORI

- svolta da persone qualificate
- dipende dal tipo di progetto, difficoltà lavori, condizioni locali, tipo verniciatura e durabilità
- usa strumenti di prova controllati e revisionati

Verifica della verniciatura: uniformità, colore, potere coprente, difetti

Utilizzo di aree di riferimento = aree della struttura che stabiliscono un livello minimo di realizzazione dei lavori (N°, estensione e collocazione da concordare)

12944-1 Introduzione

12944-2 Classificazione degli ambienti

12944-3 Considerazioni sulla progettazione

12944-4 Tipi di superficie e loro presentazione

12944-5 Sistemi di verniciatura protettiva

12944-6 Prove di laboratorio per le prestazioni

12944-7 Esecuzione e sorveglianza dei lavori di verniciatura

12944-8 Stesura di specifiche per lavori nuovi e di manutenzione

1 **DEF** *specifica*: documento tecnico con i requisiti da rispettare

2 **IMP**: Rispettare tutte le parti precedenti della normativa; nel caso di
9 manutenzione scegliere tra rifacimento completo o parziale.

- 4 - individuare e segnare le superfici da non verniciare
4 - scegliere il rivestimento in base all'esperienza e valutare la
- compatibilità con substrato o rivestimento precedente
7 - valutare le norme di igiene e sicurezza dell'ambiente del Paese di
impiego

CONTENUTO DI UNA SPECIFICA

Ø specifica di progetto:

- info generali (nome progetto, committente, luogo, condiz. amb., autore specifica, norme di rif.)
 - tipo progetto (nuovo, manutenzione)
 - tipo struttura (progettazione, montaggio, accessibilità)
 - descrizione di ogni elemento costitutivo e suo ambiente
- sistema verniciatura (tipo superficie e metodo di preparazione superficiale, vincoli su prodotti e lavori)
- durabilità, controllo qualità ed ispezione
- aree di riferimento (ubicazione, numero e dimensione)
- igiene, sicurezza e protezione ambiente

1
2
9
4
4
-
7
Ø specifica del sistema di verniciatura protettiva:

- info generali
- finitura (spigoli, irregolarità, superfici da saldare)
- preparazione superficiale (grado e profilo)
- sistema di verniciatura (protezione spigoli e fornire i risultati)
- elementi costruttivi con corrosività e durabilità
- fornitore delle pitture
- controllo qualità (metodo e fasi di ispezione, aree di riferimento)

Ø specifica per lavori di verniciatura:

- info generali
- impresa appaltatrice
- pianificazione ed esecuzione lavori (compiti dell'impresa e smaltimento rifiuti)
- controllo qualità

Ø specifica di ispezione e valutazione (info su ispettori)

aree di riferimento: superfici campione che rappresentano l'intera superficie

IMP: ogni fase del progetto deve rispettare la specifica prima di proseguire

Grazie per l'attenzione



UNI EN ISO 12944

**Protezione dalla corrosione di strutture di
acciaio mediante verniciatura**

Pier Luigi Bonora
Durabilità ed Affidabilità dei Materiali
Corrosione e Protezione dei Materiali
bonora@ing.unitn.it