



ISTITUTO ITALIANO DELLA SALDATURA

Corso di formazione Aziendale per
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)

Pittura dei serbatoi di stoccaggio

Normative di riferimento

NACE NATIONAL ASSOCIATION of CORROSION ENGINEERS

SPPC STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL

EEMUA ENGINEERING EQUIPMENT MATERIALS USERS ASSOCIATION

API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

ASTM SOCIETY FOR TESTING. AND MATERIALS

ISO INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION

Specifiche aziendali (ad esempio Agip Petroli n° 9009.31)

CICLO COMPLETO DI PITTURAZIONE

- 1- Preparazione adeguata delle superfici da pitturare**
- 2- Applicazione dei cicli di pitturazione**
- 3- Controlli durante tutte le fasi del ciclo di pitturazione**

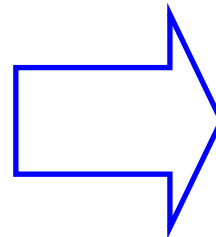
CONTROLLO = buona riuscita del lavoro e dell'investimento

Ispezioni condotte nel corso degli anni hanno dimostrato che l'80% di tutti i danneggiamenti prematuri delle pitture sono stati causati da preparazioni superficiali inadeguate ed applicazioni non corrette.

Preparazione superficiale

Pulizia delle superfici

Rugosità delle superfici



Utensili manuali

Sabbiatura

Idropulizia ad alta
pressione

Preparazione superficiale

PRELIMINARI

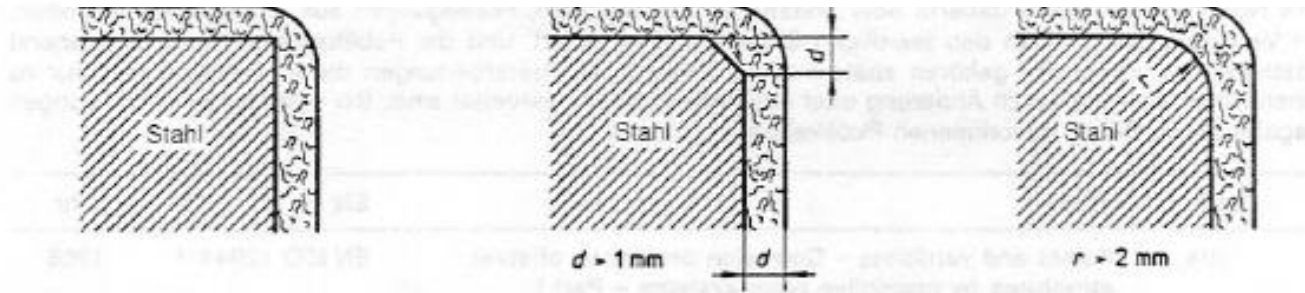
Cercare di evitare in sede costruttiva difetti geometrici o costruttivi (ad esempio piastre saldate a tratti e spigoli vivi, punti di saldatura o spruzzi ecc..)

Rimozione di tutte le imperfezioni di saldatura quali ad esempio spruzzi (NACE RP0178), scorie, residui di flussi acidi, staffe di attacco provvisorie, residui di saldature sul fondo e tracce di prodotti utilizzati per eseguire i CND.

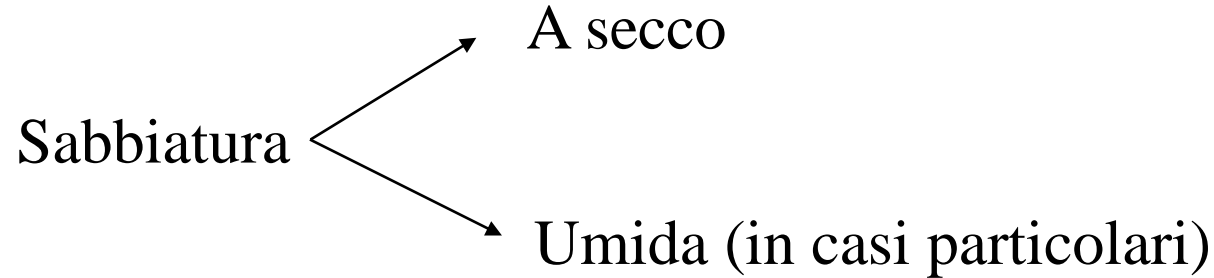
Preparazione superficiale

Arrotondare mediante molatura tutti gli spigoli vivi, sui quali la pittura difficilmente riesce a garantire uno strato uniforme

SPIGOLI:



Preparazione superficiale



Pallinatura con graniglia metallica

Preparazione superficiale

Componenti per la sabbiatura a secco

Compressore d'aria

Filtri in uscita del compressore e separatori di condensa

Manichetta per l'aria compressa

Miscelatore

Ugello finale

Preparazione superficiale

Controlli delle attrezzature

In cantiere, le attrezzature devono rispettare anzitutto le normative di sicurezza.

Inoltre per una buona riuscita del lavoro, le attrezzature devono essere in buone condizioni generali.

Il compressore non deve rilasciare condense umide ed oli lubrificanti che possono causare la contaminazione della superficie da sabbiare.

Esiste una norma specifica, la ASTM D 4285, che illustra i metodi per accertare l'eventuale presenza di acqua ed oli lubrificanti all'uscita dell'ugello di sabbiatura.

Preparazione superficiale

Le tubazioni dell'aria compressa devono essere in buone condizioni. I collegamenti non devono perdere pressione e garantire la necessaria affidabilità. Tutti gli accoppiamenti devono essere giuntati con cavetti d'acciaio per assicurare la sicurezza in caso di sgancio accidentale.

La sabbiatrice (contenitore dell'abrasivo) essere pulito e ben asciutto onde evitare che con l'umidità l'abrasivo possa conglomerarsi e non fuoriuscire dalle manichette.

L'ugello di uscita del flusso aria/abrasivo deve possedere le necessarie caratteristiche di durezza e deve essere verificato periodicamente il diametro interno. Il flusso abrasivo infatti provoca un aumento del diametro interno dell'ugello ed una conseguentemente diminuzione della velocità di uscita.

La perdita di velocità del flusso pregiudica i tempi e la qualità del lavoro.

Preparazione superficiale



Sabbiatrice

Preparazione superficiale

Blast Nozzle Orifice Size		Volume of air required (ft ³ /min)				
		60 psi	70 psi	80 psi	90 psi	100 psi
¼ inch	#4	67	76	85	94	103
³ / ₈ inch	#6	151	171	191	211	232
½ inch	#8	268	304	340	376	413

Blast Nozzle Orifice Size		Volume of air required (L/min)				
		4.1 bar	4.8 bar	5.5 bar	6.2 bar	6.9 bar
6.3 mm	#4	1900	2150	2400	2660	2920
9.45 mm	#6	4280	4840	5410	5980	6570
12.6 mm	#8	7590	8610	9630	10650	11700

Portata d'aria in funzione della pressione e del diametro dell'ugello.

Preparazione superficiale

Tramite un manometro dedicato è possibile determinare l'effettiva pressione in uscita all'ugello.

Sebbene possa apparire come un controllo eccessivo, non bisogna dimenticare che una drastica diminuzione della pressione dell'aria, causata ad esempio da strozzature o perdite nel tubo, comporta un allungamento dei tempi uomo ed una diminuzione della qualità finale del lavoro.

Preparazione superficiale

Table 3 Choosing Abrasives for a Given Anchor Pattern

Anchor Pattern		Pressure Blast or Centrifugal Wheel
Mils	Micrometers	
0.5	12.7	80/120 mesh silica sand, 100 mesh garnet, 120 grit Aluminum oxide or G-200 iron or steel grit 12,
1	25.4	30/60 mesh silica sand, 80 mesh garnet, 100 grit aluminum oxide or G-80 iron or steel grit
1.5	38	20/50 mesh silica sand, 36 mesh garnet, 50 grit aluminum oxide or G-50 iron or steel grit
2	50.8	16/40 mesh silica sand, 30 mesh garnet, 36 grit aluminum oxide, or G-40 chilled iron or steel grit
2.5	63.5	12/30 mesh silica sand, 20 mesh garnet, 24 grit aluminum oxide, G-25 iron or steel grit
3	76.2	8/20 mesh silica sand, 16 mesh garnet, 16 grit aluminum oxide, or G-16 chilled iron or steel grit

Notes:

1. Pressure blast: normally around 90 psi nozzle pressure two feet from surface
2. Steel shot is not normally recommended when a sharp anchor pattern is required; its round shot peens the surface.
3. It should be remembered that abrasive sizes vary and a close inspection of size tolerance (measure to approximately +/-10%) should be maintained, especially where abrasives are reclaimed and reused. Reclaimed abrasives should be angular, not rounded, and free from oil, grease, iron oxide, etc.
4. These recommended abrasive sizes apply only to mild steel. As the hardness and type of metals vary, so will the anchor pattern.

Preparazione superficiale

In commercio sono presenti numerosi tipi di abrasivi

Metallic	Nonmetallic	Siliceous	Agricultural	Specialty Abrasives
Chilled Cast Iron	Silicon Carbide	Quartz	Coconut Shells	Dry Ice
Cast Steel	Aluminum Oxide	Flint	Black Walnut	Ice
Malleable Iron Crushed Steel	Garnet	Sand Silica	Pecan Shells Peach Pit Shells	Plastic Beads Soda
Cut steel wire	Refractory slag Mineral slag		Filbert shells Cherry pit Almond Shells Apricot pit Shells Rice Hulls Ground Corn Cobs Sugar	Sponge Glass beads

Preparazione superficiale

TIPI DI ABRASIVI COMUNEMENTE UTILIZZATI

Sabbia silicea

Graniglie minerali

Graniglia metallica

Preparazione superficiale

Vantaggi e svantaggi di ogni tipo di abrasivo

I vantaggi dell'utilizzo della sabbia silicea sono il minor costo rispetto ad altri abrasivi, la pulizia risulta molto chiara e di buon profilo delle superfici. Se mantenuta sparsa (per qualche ora) sulle superfici trattate, può ritardare i fenomeni di ossidazione superficiale.

Gli svantaggi; non può essere riutilizzata, lo smaltimento dopo l'utilizzo comporta problematiche di stoccaggio e pertanto maggiori costi. La sabbiatura comporta problematiche di sospensioni di polveri in aria (non adatta per utilizzi esterni non circoscritti)

Preparazione superficiale

I vantaggi delle graniglie minerali sono la possibilità di essere riutilizzata almeno 2 volte (previa setacciatura). Si ottiene una buona rugosità superficiale, maggiore di $65 \mu\text{m}$

Svantaggi: comporta problematiche di smaltimento.

La graniglia metallica ha maggiori costi di approvvigionamento, tuttavia la stessa può essere utilizzata per più volte dopo separazione dagli ossidi asportati.

I costi elevati non ne permettono il largo impiego nell'ambito dei serbatoi.

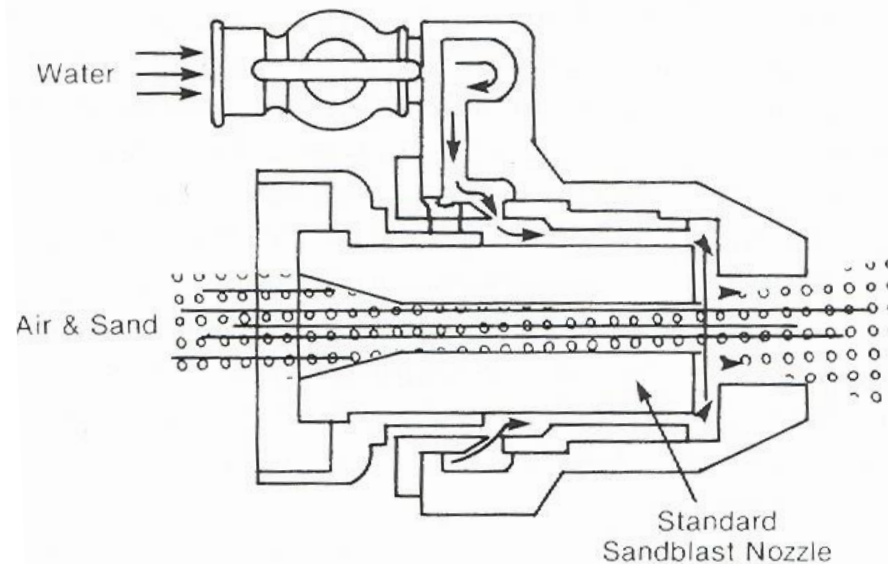
Preparazione superficiale

Esiste inoltre la pallinatura con graniglia metallica che ha un'ottima resa giornaliera in termini di superfici trattate (fino a 200-300 m² al giorno). Tuttavia per ottenere un grado di pulizia Sa 2 ½ uniforme, necessita di molteplici passate. Pertanto, vanificandosi i vantaggi sopradescritti, non viene comunemente impiegata nella preparazione dei fondi dei serbatoi di stoccaggio.

Preparazione superficiale

In casi particolari dettati prevalentemente da problematiche ambientali (polveri) viene utilizzata la **sabbatura umida** e l'**idrosabbatura**.

La sabbatura umida prevede un'iniezione di acqua ed inibitori di corrosione in prossimità dell'ugello di uscita dell'aria ed abrasivo.



Preparazione superficiale

L'idrosabbatura prevede invece che l'abrasivo sia trasportato dall'acqua in pressione.

I vantaggi dei metodi ad umido sono essenzialmente legati all'abbattimento delle polveri.

Gli svantaggi sono una maggiore velocità di ossidazione delle superfici preparate (da controllare mediante inibitori) e la difficoltà a rimuovere correttamente i residui bagnati, specialmente in prossimità di variazioni geometriche delle superfici.

Preparazione superficiale

Utensili manuali

In presenza di corpose stratificazioni di ossidi o calamine, è possibile utilizzare metodi alternativi

Picchettatura manuale o lo scalpello pneumatico ad aghi.



Per cicli di manutenzione e mantenimento, sono comunemente utilizzati utensili manuali a comando motorizzato (spazzolatrici).

(SSPC-SP2 SSPC-SP3 ISO 8501-1 ST2 ST3)

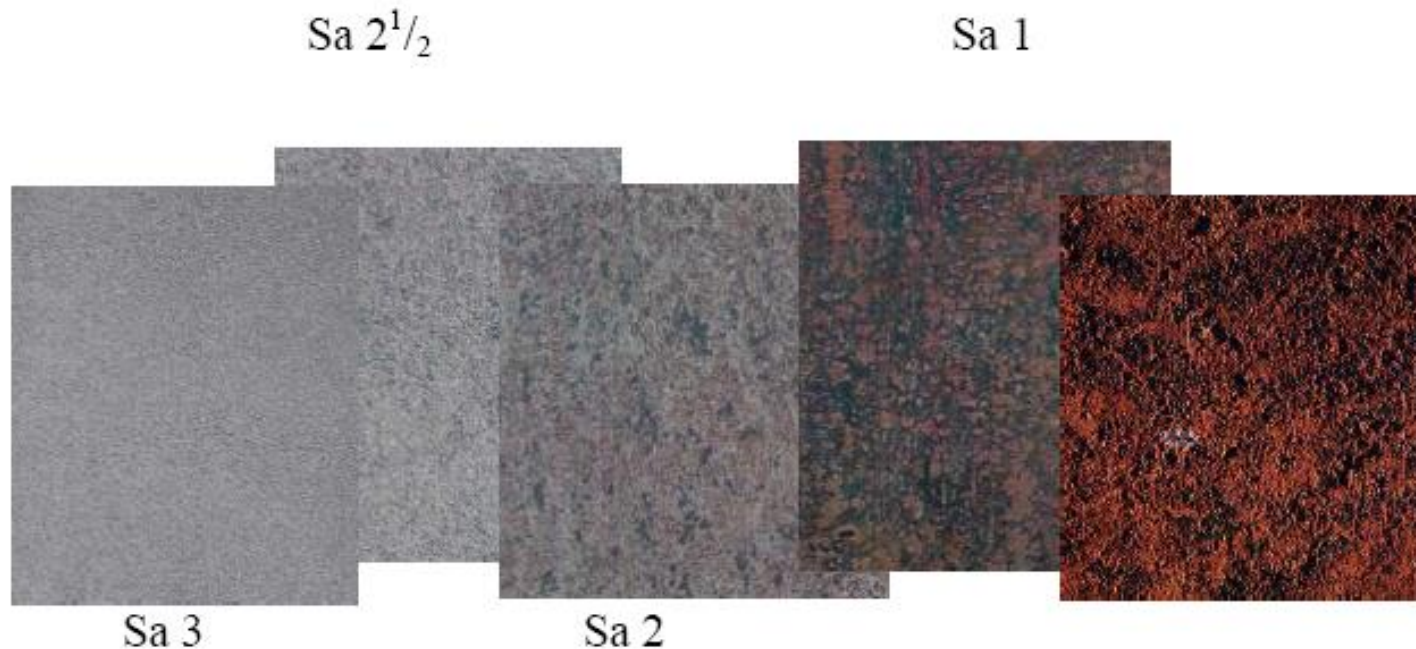
Preparazione superficiale

Verifica del grado di pulizia della superficie



Preparazione superficiale

Preparazione del supporto per acciaio al carbonio e saldature



La valutazione del grado di pulizia superficiale prima della pitturazione, si avvale di una serie di fotografie su sfondo trasparente da confrontare con la superficie preparata. (ad esempio ISO 8501-1 ISO 8501-2 o SSPC-VIS I)

Preparazione superficiale

	NACE	SSPC	ISO 8501-1
NONABRASIVE CLEANING			
Solvent Cleaning		SSPC-SP-1	
Hand Tool Cleaning		SSPC-SP-2	St2 or St3 ¹
Power Tool Cleaning		SSPC-SP-3	St2 or St3 ¹
Power Tool Cleaning to Bare Metal		SSPC-SP-11	
Flame Cleaning		SSPC-SP-4 ²	F1
Pickling		SSPC-SP-8	
Water Jetting	NACE No. 5/SSPC SP-12		
ABRASIVE BLAST CLEANING			
JOINT SURFACE PREPARATION STANDARDS			
White Metal	NACE No. 1/SSPC-SP-5		Sa 3 ("Blast-Cleaning to Visually Clean Steel")
Near-White Metal	NACE No. 2/SSPC-SP-10		Sa 2 ½ ("Very Thorough Blast-Cleaning")
Commercial	NACE No. 3/SSPC-SP-6		Sa 2 ("Thorough Blast-Cleaning")
Brush-Off	NACE No. 4/SSPC-SP-7		Sa 1 ("Light Blast-Cleaning")
Industrial	NACE No. 8/SSPC-SP-14		

I gradi di pulizia possono essere valutati con differenti standard confrontabili, come mostrato in tabella.

Preparazione superficiale

Verifica della rugosità superficiale

La verifica della rugosità superficiale non deve essere confusa con il grado di pulizia superficiale. Una superficie lucidata ha un grado di pulizia Sa3 ma non è in grado di fornire un ancoraggio sufficiente alla pittura.

Per poter verificare la rugosità superficiale, esistono differenti tipologie di controllo, per comparazione (ad esempio ISO 8503) o rilevando il profilo con un “replica tape” dedicato (ad esempio NACE RP0287).



Preparazione superficiale

Pulizia della superficie sabbiata

La pulizia finale della superficie trattata ha un'importanza fondamentale per la buona riuscita della pitturazione.

La semplice rimozione con mezzi manuali dei residui di sabbiatura, non è sufficiente a garantire la necessaria adesione della pittura alla superficie.

È buona norma, impiegare un aspirapolvere industriale, che riesce ad estrarre la “polvere di sabbia” dalle rugosità della superficie.

Un test immediato per valutare lo stato di pulizia della superficie è il tape test.

Condizioni Ambientali

Le condizioni ambientali presenti durante l'applicazione di un ciclo di pittura, possono influenzare notevolmente la qualità finale del lavoro.

I fattori determinanti sono:

- Condizioni meteo climatiche
- La temperatura ambientale e del componente che si intende pitturare
- L'umidità relativa dell'aria RH
- Il Dew Point o punto di rugiada
- La velocità del vento

Condizioni Ambientali

Gli strumenti necessari per verificare le condizioni ambientali sono:

Un termometro superficiale, generalmente magnetico da applicare sulla superficie da pitturare.

Termometro

Lo SLING PSYCOMETER, uno strumento che permette di misurare l'umidità relativa RH ed il Dew Point.

Le tabelle di conversione per calcolare RH e Dew Point.

N.B. Sono presenti sul mercato strumenti elettronici che forniscono direttamente i dati sopra riportati.

Condizioni Ambientali



SLING PSYCOMETER



TERMOMETRI DA PARETE



STRUMENTO ELETTRONICO

Condizioni Ambientali

L'umidità relativa RH è la percentuale di umidità presente nell'aria rispetto alla quantità alla saturazione nelle stesse condizioni.

Alcune pitture non possono essere applicate con percentuali di umidità relativa superiori al 80-85 %.

Se l'umidità è troppo alta, il solvente contenuto nelle pitture difficilmente riesce ad evaporare.

Alle stesse percentuali di umidità, il trattamento di sabbiatura non è garantito a causa della rapidità di ossidazione della superficie.

Al contrario altri tipi di pitture che hanno processi di solidificazione innescati dall'umidità richiedono una percentuale minima di umidità.

Condizioni Ambientali

Il Dew Point (punto di rugiada) è la temperatura alla quale l'umidità condensa, diventando acqua sulla superficie da pitturare.

Uno strato d'acqua tra la superficie e la pittura compromette sicuramente il risultato finale del ciclo di pitturazione completo.

Per questo motivo vale sempre la regola che prima di iniziare a pitturare, **la temperatura superficiale deve essere almeno 3°C superiore alla temperatura di Dew Point.**

La temperatura di parete di un serbatoio deve essere verificata in diverse posizioni perché la differente esposizione all'irraggiamento solare crea differenti gradienti di temperatura sulle lamiere.

Pitturazione

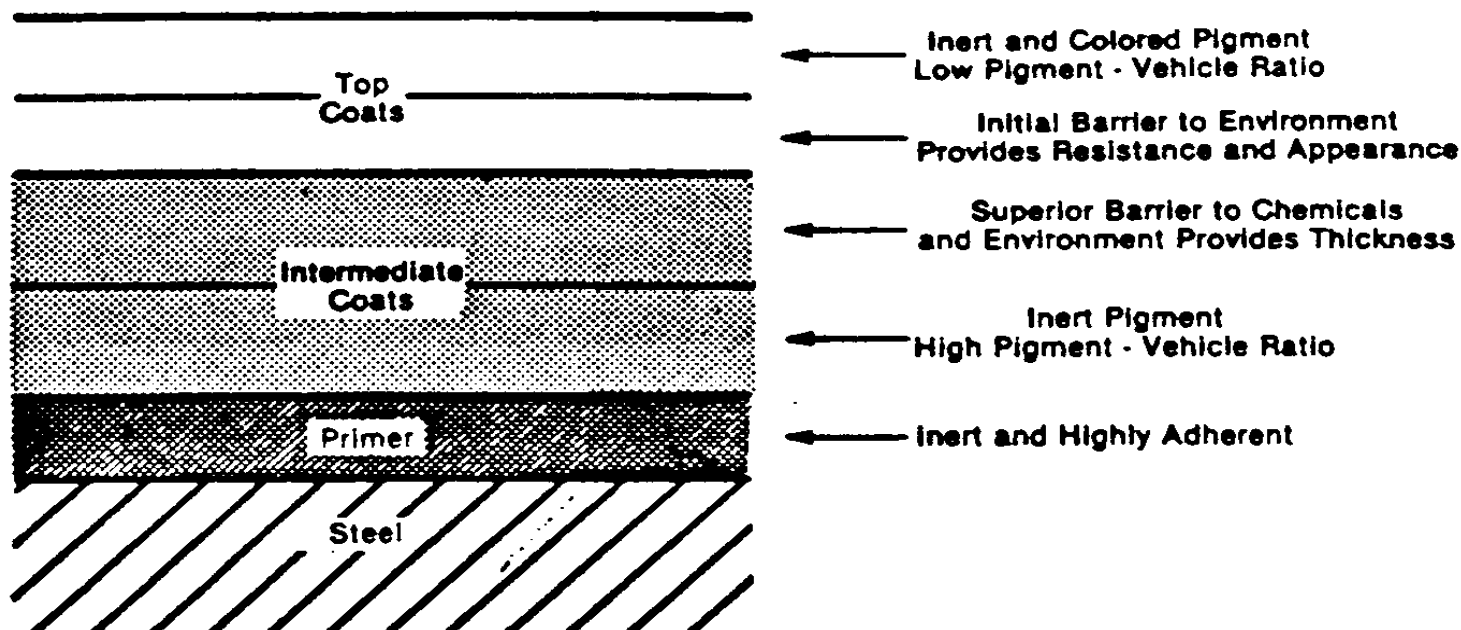
RIVESTIMENTI PROTETTIVI

I rivestimenti proteggono le superfici sottostanti, in particolare l'acciaio, mediante TRE MECCANISMI (presenti singolarmente o in combinazione tra loro):

- Rivestimenti SACRIFICALI, ricchi di Zinco, usato come anodo sacrificale
- Rivestimenti BARRIERA, che isolano la superficie dall'elettrolito
- Rivestimenti INIBITORI, che oltre a creare una barriera, contengono sostanze che inibiscono la corrosione

Pittura

Esempio di sistema MULTISTRATO



Pitturazione

Per poter rendere più completa l'azione anti-corrosiva nei confronti dell'ambiente aggressivo e non limitarsi all'azione barriera, il rivestimento viene in effetti ad essere costituito da un **complesso sistema multistrato** che può essere in genere costituito da tre strati fondamentali aventi ciascuno un compito ben preciso:

- **strato più esterno (top)** di protezione dalle radiazioni solari per gli strati sottostanti, ed elevato effetto barriera all'acqua;
- **strato intermedio** con azione strutturale e/o ad elevato isolamento dall'ambiente esterno;
- **strato a contatto con il metallo (primer)** contenente inibitori di corrosione (zinco) che svolge azione di protezione attiva direttamente sulla superficie del metallo.

Pitturazione

Metodi di applicazione della pittura comunemente utilizzati nei serbatoi di stoccaggio

I metodi comunemente utilizzati per l'applicazione delle pitture nell'ambito dei serbatoi di stoccaggio sono:

-Pennello

-Rullo

-Spruzzo (airless) per applicazioni a freddo con pitture mono e bicomponenti.

-Spruzzo (airless) per applicazioni a caldo con impianto BIMIXER per pitture bicomponenti.

Pitturazione

Le applicazioni a pennello sono utilizzate preferenzialmente su piccole superfici dalla geometria particolarmente irregolare (travature, parapetti, accessori ecc.) od in luoghi difficilmente accessibili.

L'utilizzo del pennello è vivamente consigliato per applicare il primo strato di primer su tutte le geometrie irregolari (angoli, spigoli, parti inaccessibili).

Su tali geometrie infatti l'applicazione a spruzzo non riesce a garantire uno strato uniformemente distribuito.

Pitturazione

L'applicazione **a rullo** viene largamente impiegata nell'ambito della pitturazione dei serbatoi, preferenzialmente sui mantelli e tetti fissi o galleggianti in esercizio alla massima elevazione. In taluni casi viene utilizzato nell'applicazione dei prime su superfici di modesta estensione evitando laboriose operazioni di messa in servizio e pulizia finale degli impianti AIRLESS.

Non richiede alta specializzazione dell'operatore e permette di applicare la pittura su grandi superfici piane con buoni risultati in termini di spessore applicato.

Permette di pitturare superfici difficilmente accessibili con altri metodi.

Non producendo “vaporizzazione”, l'applicazione è particolarmente indicata su tutte le superfici direttamente collegate all'ambiente esterno.

Pitturazione



Applicazione
primer a rullo su
fondo e mantello



Pittura



L'applicazione a rullo si presta anche ad applicazioni in luoghi difficilmente accessibili

Pitturazione

Il metodo a **spruzzo senza aria (airless)** viene utilizzato per l'applicazione di pitture su ampie superfici.

Il sistema prevede l'utilizzo di una pompa che pressurizza la pittura e la convoglia in pressione direttamente alla pistola. La geometria dell'ugello della pistola, sfruttando la pressione del prodotto da applicare riesce ad atomizzarlo (al contrario del metodo a spruzzo tradizionale, nel quale l'atomizzazione viene creata da un forte getto d'aria compressa in uscita dall'ugello assieme al prodotto non pressurizzato).

Il prodotto da applicare viene pressurizzato solamente all'interno di una pompa che lo invia direttamente alla pistola. In tal modo, il prodotto può essere prelevato direttamente dai contenitori originali del fornitore senza la necessità di essere travasato in recipienti ad alta pressione.

Pittura



Pittura di un fondo serbatoio con metodo AIRLESS

Pitturazione

Nel caso di pompe monopompe le pitture bicomponenti devono essere preventivamente miscelate prima di essere aspirate dalla pompa, mentre con pompe BIMIXER i due componenti vengono prelevati separatamente ed in pressione convogliati all'interno di un miscelatore.

Il metodo airless permette una maggiore produttività rispetto ai metodi tradizionali. Durante l'applicazione viene depositato uno strato uniforme e dove previsto fino a spessori di oltre 800 μ m (su superfici in piano).

Il metodo permette di spruzzare pittura a basso contenuto di solventi, traendone quindi vantaggi in termini di costi, tempi di essiccazione del prodotto e di impatto ambientale.

L'applicazione ad AIRLESS in considerazione dell'elevata pressione in uscita dall'ugello (oltre 150 bar) consente una maggiore adesione sulle superfici e la penetrazione in piccole cavità.

Pitturazione

BIMIXER a caldo

Il Bimixer a caldo è composto da una pompa airless a doppio pompante, da 2 recipienti dotati di serpentino di riscaldamento ed agitatori e da un miscelatore.

I componenti della pittura vengono versati separatamente all'interno dei recipienti che li preriscaldano fino alla temperatura di circa 70°C.

La pompa manda in pressione separatamente i 2 prodotti e li convoglia in una doppia tubazione fino al miscelatore. A questo punto la pittura miscelata viene spruzzata sulle superfici da trattare.



Pitturazione

AIRLESS SPRAY COMPARATIVE TIP CHART		
Material	Approximate Orifice Size	Typical Available Fan Width (12 in., 30 cm from spray tip)
Low viscosity coatings	0.011 in. (0.28 mm)	6, 8 or 10 in. (15, 20 or 25 cm)
Wash primers, shop primers	0.007 to 0.011 in. (0.17 to 0.27 mm)	6, 8 or 10 in. (15, 20 or 25 cm)
Lacquer, varnish, enamel, finish coatings	0.011 to 0.015 in. (0.28 to 0.38 mm)	6, 8, 10, 12 in. (15, 20, 25, 30 cm)
Industrial primers	0.015 to 0.021 in. (0.38 to 0.53 mm)	6, 8, 10, 12 in. (15, 20, 25, 30 cm)
Note: 100-mesh filter screens should be used with the above tips.		
Medium, or heavy viscosity vinyls; acrylics, latex, alkyds	approx. 0.017 in. (0.43 mm)	6, 8, 10, 12 in. (15, 20, 25, 30 cm)
High-build coatings	0.019 to 0.025 in. (0.48 to 0.63 mm)	8, 10, 12, 14 in. (20, 25, 30, 35 cm)
Glass flake coatings	0.025 to 0.040 in. (0.63 to 1.0 mm)	10, 12, 14 in. (25, 30, 35 cm)
Note: 60-mesh filter screens should be used with above tips.		

Tabella indicativa per la scelta dell'ugello in funzione del prodotto da applicare

Pitturazione

DESCRIZIONE DEI PRINCIPALI CICLI DI PITTURAZIONE DEI SERBATOI

I fattori che influenzano la scelta più idonea sono diversi tra cui:

- Tipo di prodotto stoccato
- Servizio interno od esterno (raggi UV)
- Temperatura di esercizio del serbatoio
- Fattori ambientali (ad esempio sali marini o fumi acidi di raffineria)

Pitturazione

L'analisi di tutti i fattori elencati precedentemente, dai continui aggiornamenti dei test di laboratorio effettuati sulle varie tipologie di pitture nelle varie condizioni di esercizio, porta alla stesura di normative internazionali e specifiche tecniche di applicazione.

Le normative principali di riferimento sono:

NACE NATIONAL ASSOCIATION of CORROSION ENGINEERS

SPPC STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL

EEMUA ENGINEERING EQUIPMENT MATERIALS USERS ASSOCIATION

API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

ASTM SOCIETY FOR TESTING. AND MATERIALS

ISO INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION

Eemua C.5 indicazioni delle preparazioni superficiali dei cicli

ITEM		OPERATING TEMP (°C)	SUBSTRATE	PAINT SYSTEM No.	
				Table C.5-2	Table C.5-3
CRUDE OIL TANKS BOTTOM and LOWEST SHELL COURSE	INTERNAL Non-corrosive	< 80	Carbon / low alloy steel	2	N.A.
	INTERNAL Corrosive	< 80	Carbon / low alloy steel	1	Ri 3–Ri 4: M1
CRUDE OIL TANKS ROOF and SHELL	INTERNAL	< 80	Carbon / low alloy steel	2	N.A.
	EXTERNAL	< 80	Carbon / low alloy steel	4	Ri 3–Ri 4: M2
OTHER STORAGE TANKS	INTERNAL	< 120	Carbon / low alloy steel	2	N.A.
	EXTERNAL	< 120	Carbon / low alloy steel	4	Ri 3: M2 Ri 4: M3
		50 – 220	Stainless steel	5	M4
	INTERNAL Chemical resistant	< 60	Carbon / low alloy steel	3	Ri 3: M5 ⁽¹⁾ Ri 4: M6
	INTERNAL Industrial water ⁽²⁾	< 80	Carbon / low alloy steel	1	Ri 3–Ri 4: M7

Verniciatura serbatoi

SYSTEM No	SURFACE PREPARATION	PAINT SYSTEM		
		Primer	Inter-coat	Top Coat
1	Sa 2½	Polyamide-cured epoxy DFT 75 microns (µm)	-	Solvent-free high solids, amine-cured epoxy DFT 500 microns (µm)
2	Sa 2½	Zinc-rich epoxy DFT 25 microns (µm)	-	-
3	Sa 2½	Amine-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)	Amine adduct-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)	High build, amine adduct-cured epoxy DFT 100 microns (µm)
4	Sa 2½	Alkyl zinc silicate DFT 75 microns (µm)	High build, epoxy sealer DFT 75 microns (µm)	High build, aliphatic polyurethane DFT 75 microns (µm)
5	Light sweep blast (if not possible, steam clean)	Heat-resistant aluminium silicone DFT 25 microns (µm)	-	Silicone acrylic DFT 25 microns (µm)

DFT = dry film thickness

Table C.5-2. Typical Paint Systems for Storage Tanks

SYSTEM No	SURFACE PREPARATION	PAINT SYSTEM		
		Primer	Inter-coat	Top Coat
M1	Sa 2	Polyamide-cured epoxy DFT 75 microns (µm)	-	Solvent-free amine-cured epoxy DFT 300 microns (µm)
M2	St 2	Surface tolerant, Al pigmented high solids amine-cured epoxy DFT 75 microns (µm)	-	High-build, MIO pigmented, polyamide-cured epoxy DFT 100 microns (µm)
M3	Sa 2	Surface tolerant, Al pigmented high solids amine-cured epoxy DFT 75 microns (µm)	High-build, MIO pigmented, polyamide-cured epoxy DFT 75 microns (µm)	High build, aliphatic polyurethane DFT 75 microns (µm)
M4	Sweep blast (or steam clean)	Silicone-acrylic DFT 25 microns (µm)	-	Silicone-acrylic DFT 25 microns (µm)
M5	St 3	Surface tolerant, high solids amine-cured epoxy DFT 75 microns (µm)	Amine adduct-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)	High-build amine adduct-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)
M6	Sa 2	Amine-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)	Amine adduct-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)	High-build amine adduct-cured, phenolic epoxy DFT 100 microns (µm)
M7	St 3	Zinc-rich epoxy DFT 25 microns (µm)	-	Solvent-free high solids, amine-cured epoxy DFT 500 microns (µm)

Pitturazione

Specifiche tecniche di applicazione

Le specifiche tecniche sono redatte dalle maggiori società operanti nel settore petrolifero.

Nella fattispecie, si cita la specifica tecnica Agip Petroli, MANUALE DELLE PITTURAZIONI N° 9009.31

-tale specifica richiama le principali normative internazionali

-indica il tipo di preparazione delle superfici, il ciclo di pitturazione adeguato per ogni tipo di struttura, prodotto stoccato e temperatura di esercizio.

Tale specifica, al momento, non comprende il ciclo di applicazione a caldo del lining ad alto spessore con BIMIXER, recentemente utilizzato nei fondi dei serbatoi.

Pitturazione

Le principali strutture del serbatoio sono costituite da:

Fondo

Mantello

Tetto

Carpenterie e tubazioni accessorie

Per ogni tipologia di struttura componente il serbatoio vengono applicati cicli differenti.

Di seguito vengono riportati alcuni cicli tipici di pitturazione, mentre nello specifico si rimanda al **MANUALE DELLE PITTURAZIONI** Agip Petroli n° 9009.31.

FONDO

Comunemente, per prodotti petroliferi sia grezzi che finiti si applica il seguente ciclo:

Sabbiatura

1° strato: PRIMER epossidico bicomponente contenente zinco in polvere è caratterizzato da una forte aderenza al fondo preparato e mantiene la propria efficacia per lunghi periodi. Garantisce inoltre una protezione sacrificale “anodica”

2° strato: intermedio EPOSSIPOLIAMMIDOAMMINICO bicomponente, abbina le caratteristiche di buona bagnabilità delle pitture POLIAMMIDICHE alle caratteristiche di resistenza agli agenti chimici delle pitture POLIAMMINICHE. Queste ultime garantiscono anche eccellenti doti impermeabilizzanti.

3° strato: finitura EPOSSIPOLIAMMIDOAMMINICO stesse caratteristiche precedenti ma con spessore maggiorato fino a 200µm.

FONDO

In alternativa al precedente, (in deroga alla specifica di riferimento) viene applicato a caldo mediante sistema bimixer il seguente ciclo:

Preparazione adeguata delle superfici

1° strato: PRIMER epossidico bicomponente contenente fosfato di zinco è caratterizzato da una forte aderenza al fondo preparato e mantiene la propria efficacia per lunghi periodi. Garantisce inoltre una protezione sacrificale “anodica”.

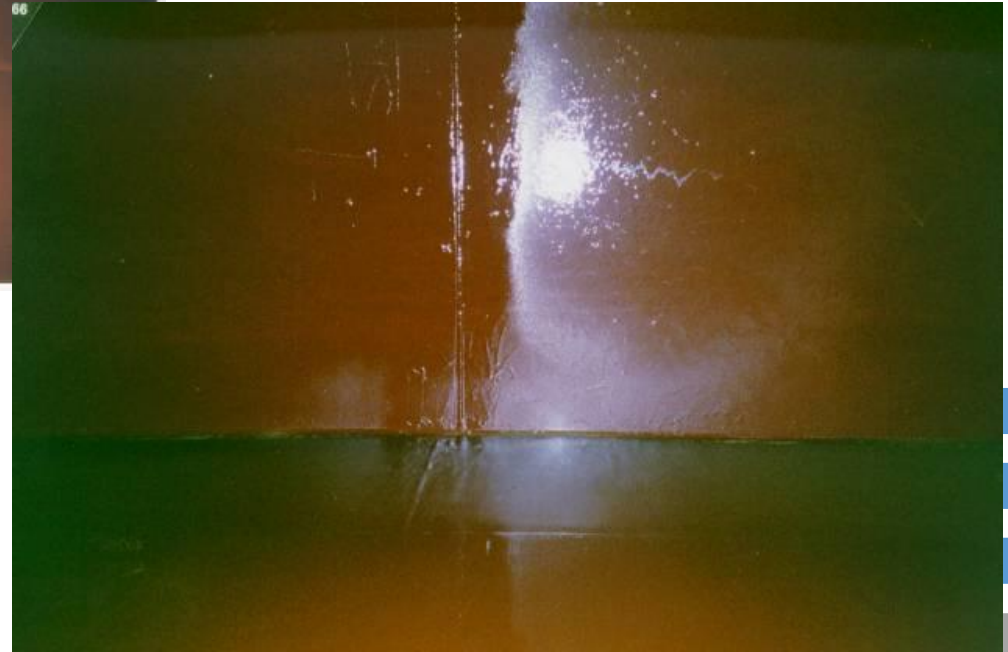
2° strato: finitura (lining) da applicarsi a caldo di EPOSSIPOLIAMMINICO bicomponente ad alto spessore $\geq 750 \mu\text{m}$.

Il ciclo sopradescritto è adatto per tutti i tipi di prodotti petroliferi, sia finiti che grezzi. Peraltro risponde ai requisiti della specifica AER-M-P.020d

Si segnala inoltre che tale rivestimento può essere applicato per lo stoccaggio di acque potabili, industriali o soluzioni saline.

Solitamente, i cicli vengono estesi anche alla intera superficie della 1^a virola

FONDO



MANTELLO

Mantello lato esterno prevede cicli multistrato previa preparazione adeguata delle superfici.

1° strato PRIMER zincante inorganico garantisce ottima aderenza al fondo preparato, crea una barriera ed una protezione sacrificale “anodica”.

2° strato EPOSSIVINILICO bicomponente ad alto solido, crea una forte barriera agli agenti atmosferici ed agli ambienti marini. E una pittura “strutturale”

3° strato POLIURETANICO di finitura è caratterizzato da buona resistenza agli agenti chimici, durezza, flessibilità e mantenimento del colore e della brillantezza. Quest’ultima caratteristica garantisce un’ottima riflessione del calore radiante => del 70% (direttiva 94/63/CE)

Nei casi ove vengano stoccati prodotti finiti ovvero, benzine, carburanti aeronautici ecc., la pitturazione viene estesa anche al **lato interno del mantello**, sull’intera superficie.

Di seguito viene riportato il tipico ciclo di pitturazione che comprende fondo mantello e parte interna del tetto:

MANTELLO

2 strati di EPOSSIPOLIAMMINICO senza solventi omologata dall'Aeronautica Militare, deve garantire la protezione di tutte le parti interne del serbatoio, con il duplice scopo di evitare corrosioni delle lamiere, ma soprattutto evitare che eventuali ossidi possano contaminare il carburante. Inoltre la pittura deve essere in grado di garantire "se stessa", ovvero non rilasciare sostanze disciolte che possano inquinare il carburante.



TETTO

Sui tetti galleggianti e tetti fissi lato esterno, è previsto il ciclo multistrato previa preparazione adeguata delle superfici.

1° strato: PRIMER epossidico bicomponente contenente zinco in polvere è caratterizzato da una forte aderenza al fondo preparato e mantiene la propria efficacia per lunghi periodi.

2° strato: intermedio EPOSSIDICO ad alto spessore garantisce una buona resistenza alla penetrazione dell'acqua. Questo motivo lo rende particolarmente adatto all'utilizzo sui tetti galleggianti, in cui le deformazioni tipiche delle lamiere creano spesso ristagni d'acqua.

3° strato: finitura POLIURETANICO è caratterizzato da buona resistenza agli agenti chimici, durezza, flessibilità e mantenimento del colore e della brillantezza. Quest'ultima caratteristica garantisce un'ottima riflessione del calore radiante => del 70% (direttiva 94/63/CE)

Nei casi ove vengano stoccati prodotti finiti ovvero, benzine, carburanti aeronautici ecc., la pitturazione viene estesa anche al **lato interno tetto**, ovvero lato prodotto con analogo ciclo come indicato per il mantello lato interno.

Esame visivo e tecniche strumentali

Durante le fasi di applicazione dei vari cicli di pitturazione, vengono effettuate ispezioni visive per verificare il corretto trattamento di pulizia delle superfici trattate (grado di sabbiatura conseguito e successiva pulizia prima dell'applicazione delle pitture).

Durante l'applicazione, misurazione della pittura in umido e verifiche ambientali.

Al termine dell'essiccazione o reticolazione delle pitture, si effettuano prove strumentali di cui misura dello spessore a secco, prova scintillografica (Spark test) e prova di adesione (Pull test).

Lo scopo delle prove è verificare la corretta conformità applicazione delle specifiche tecniche.

Esame visivo e tecniche strumentali

ESAME VISIVO

CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

- Misuratore dello spessore umido della pittura WET film thickness
- Misuratore dello spessore a secco della pittura.
- Holiday Detector

CONTROLLI DISTRUTTIVI

- Tooke gauge per misurare gli spessori dei vari strati di pittura
- Test di adesione delle pitture al substrato.

Esame visivo e tecniche strumentali



Misuratore di
spessore umido
del film di pittura



Esame visivo e tecniche strumentali



Esame visivo e tecniche strumentali

$$\text{Volume solido} = \frac{\text{Spessore pittura a secco}}{\text{Spessore pittura ad umido}} \times 100 (\%)$$

$$\text{Spessore ad umido} = \frac{\text{Spessore pittura a secco}}{\text{Volume solido}} \times 100 (\%)$$

Esame visivo e tecniche strumentali

Misuratori di spessori a secco di tipo elettronico e meccanico.

(SSPC-PA2 TYPE I SSPC-PA2 TYPE II ASTM D1186-87)



Esame visivo e tecniche strumentali

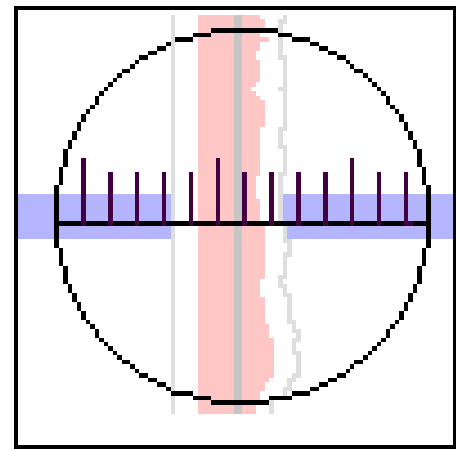
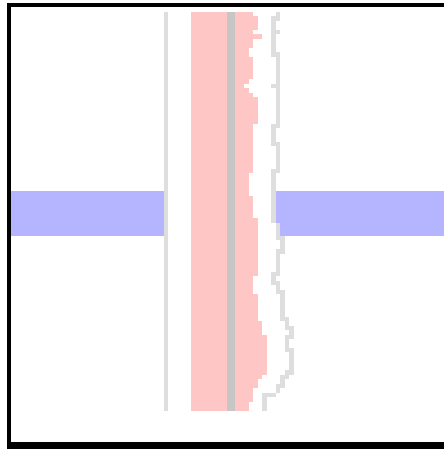
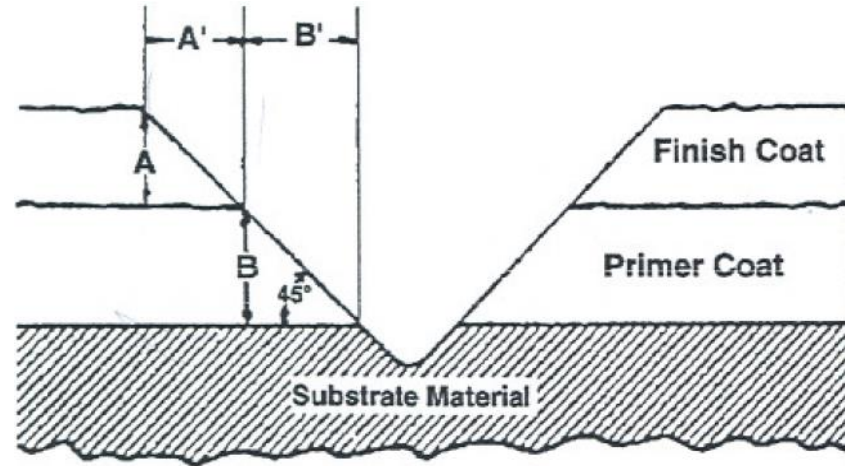


Holiday detector (NACE RP0188)



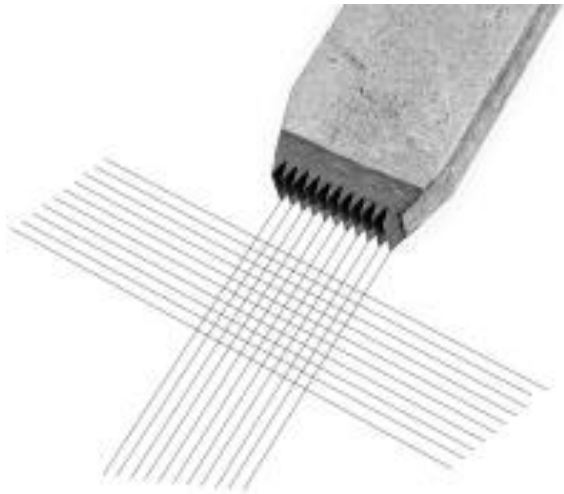
Esame visivo e tecniche strumentali

Tooke gauge

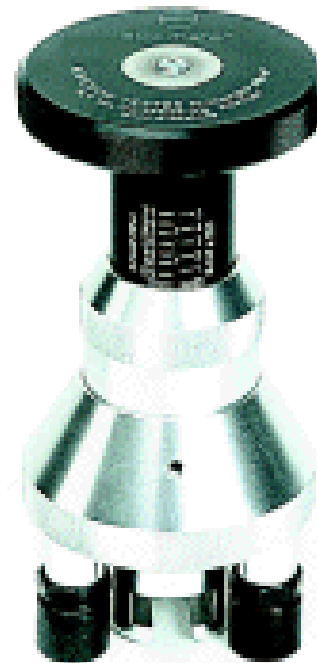


Esame visivo e tecniche strumentali

Tape test (ASTM
D3359-95)



Pull Off test
(ASTM D 4541)



Esame visivo e tecniche strumentali



Esempi di
prove Pull Off



Esame visivo e tecniche strumentali

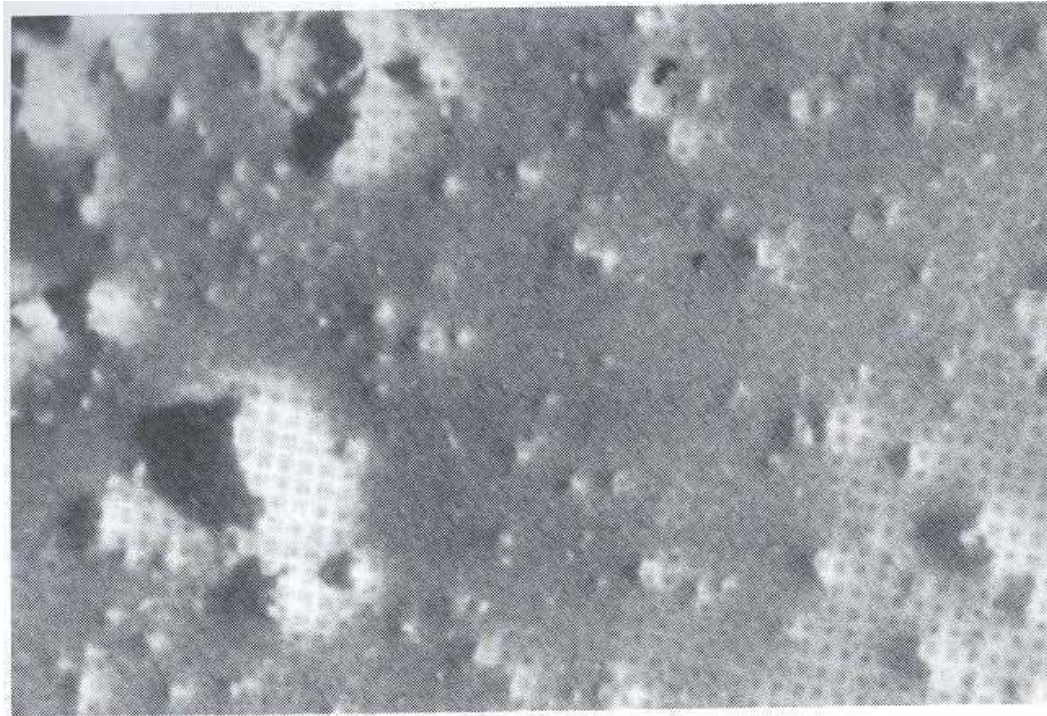


FIGURE 10.66 — Airborne contaminants in a coating.
(SOURCE: Steel Structures Painting Manual, vol. 1, Good
Painting Practice. Steel Structures Painting Council, Pitts-
burgh, PA, p. 106, 1966.)

Esame visivo e tecniche strumentali

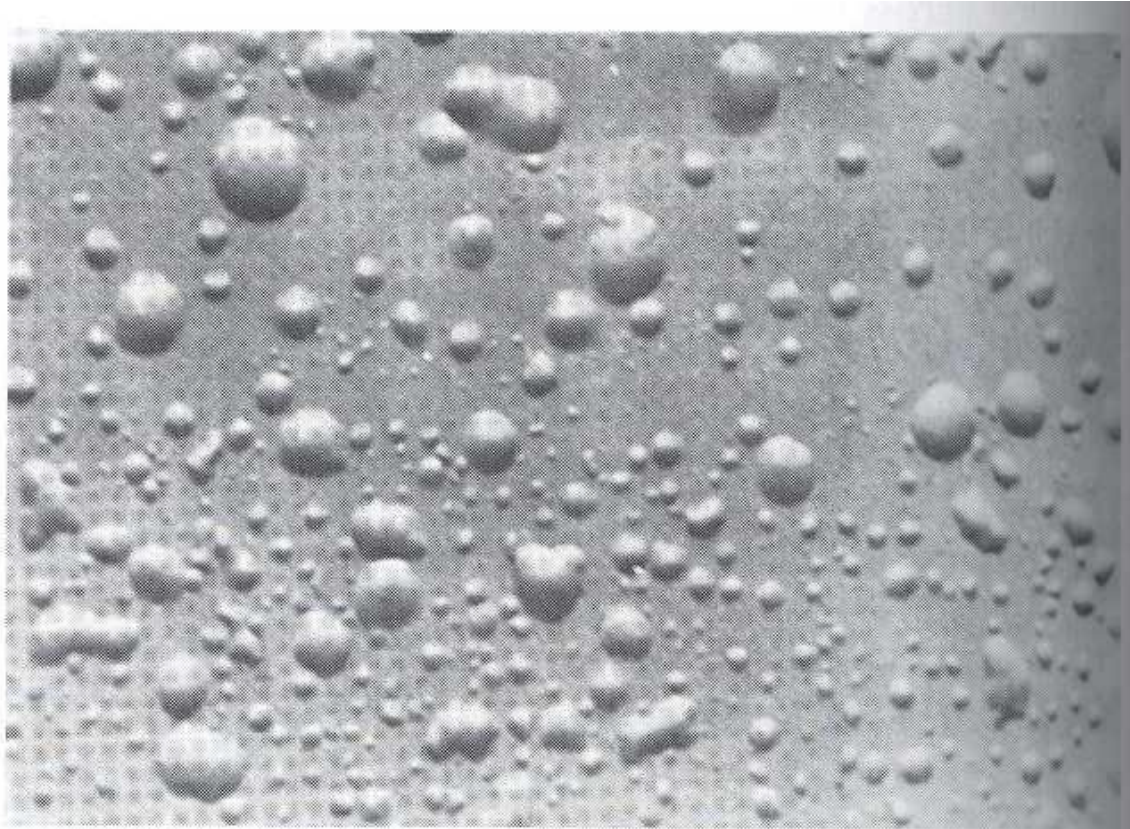


FIGURE 14.35 — A typical blistered surface, showing mostly hemispherical projections without breaks in the coating.

Esame visivo e tecniche strumentali



Esame visivo e tecniche strumentali

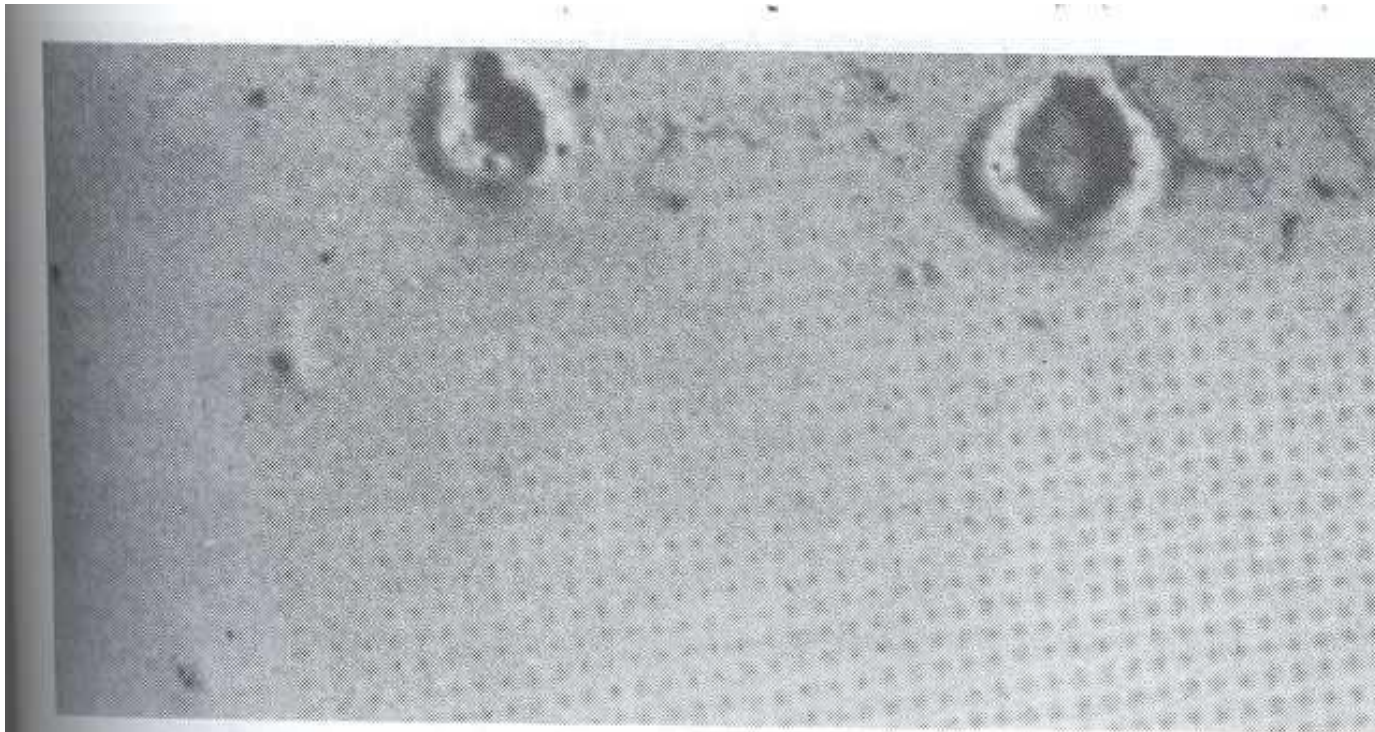


FIGURE 10.65 — Solvent blistering. (SOURCE: Steel Structures Painting Manual, vol. 1, Good Painting Practice. Steel Structures Painting Council, Pittsburgh, PA, p. 106, 1966.)

Esame visivo e tecniche strumentali

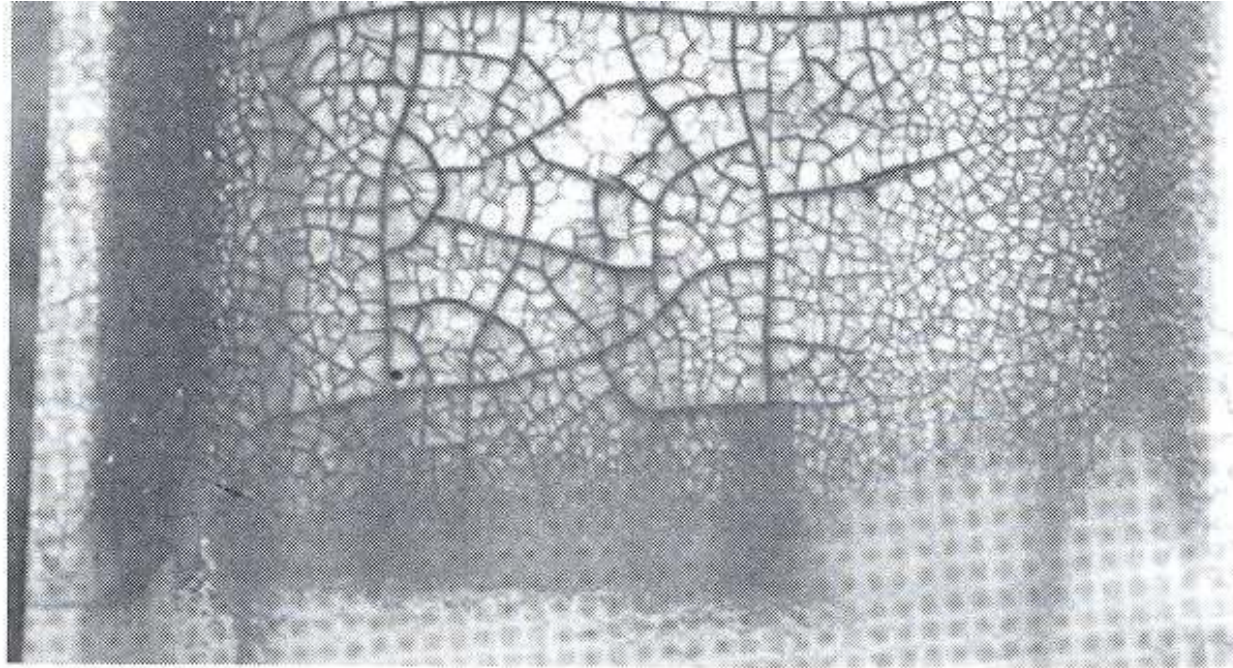
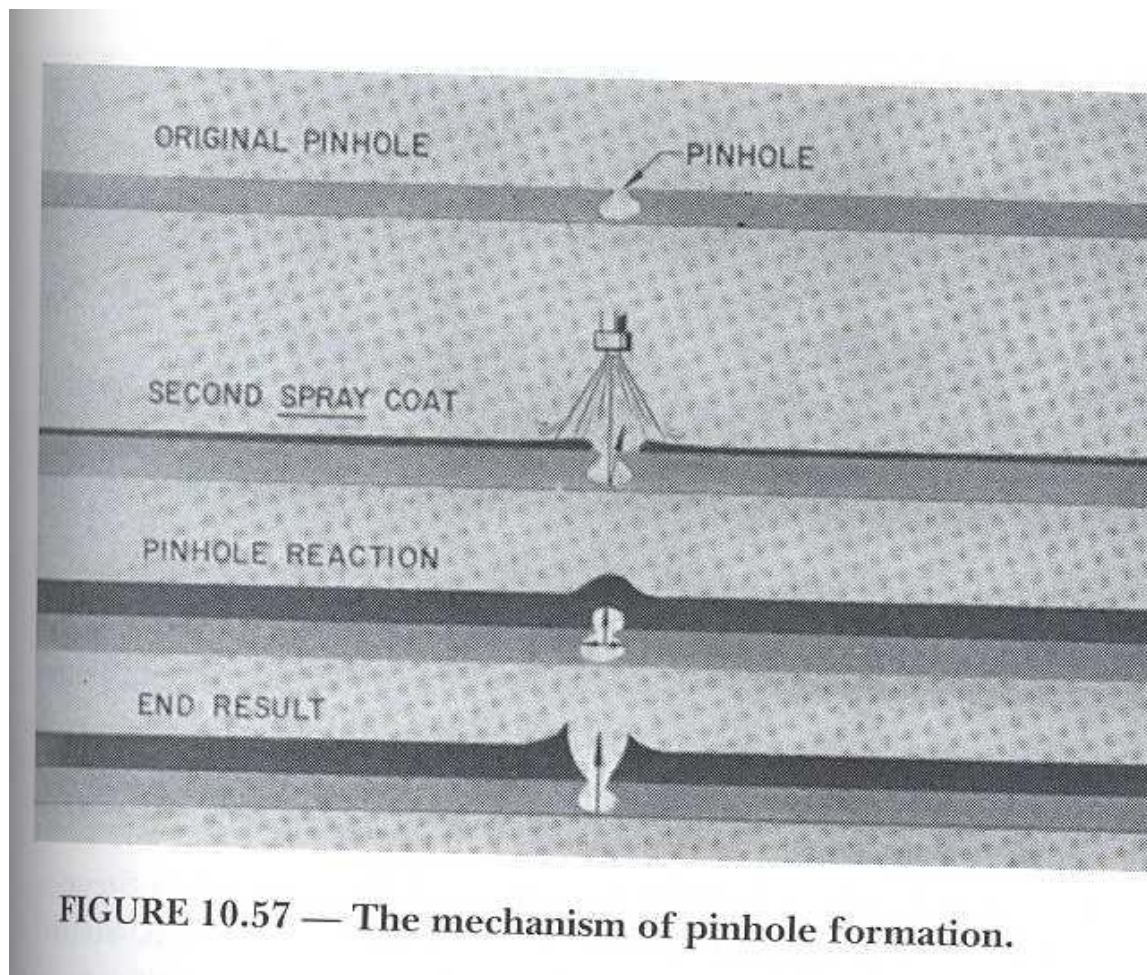


FIGURE 14.10 — General cracking of a coating, showing larger cracks in heavily coated areas.

Esame visivo e tecniche strumentali

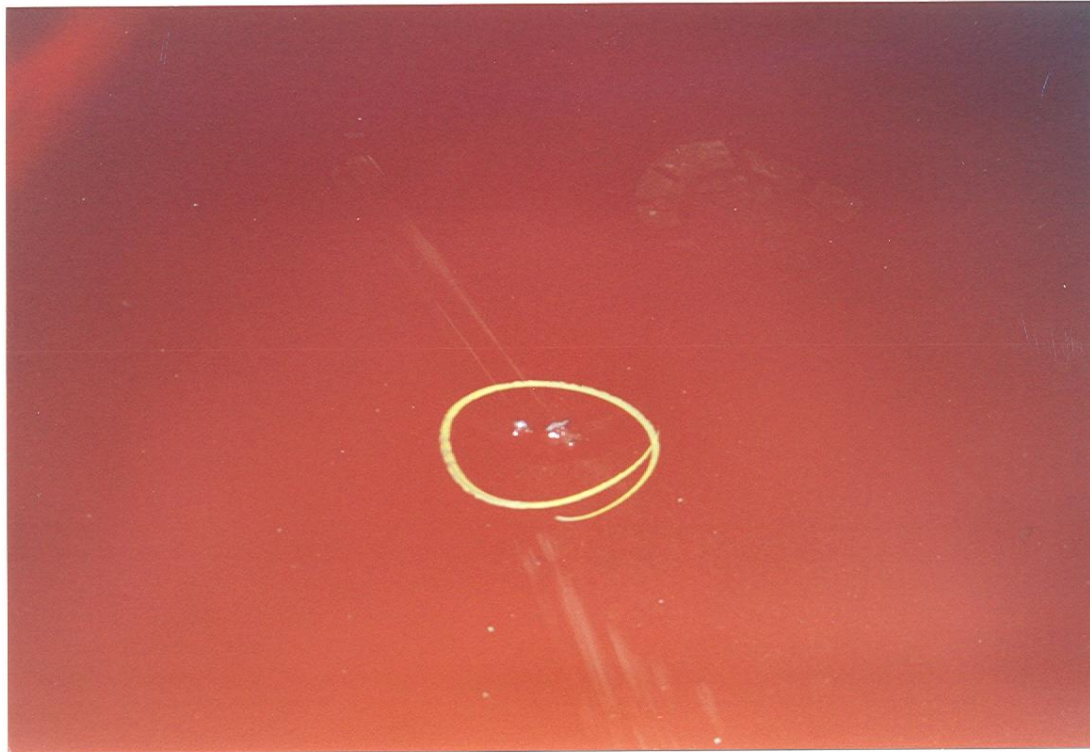


Esame visivo e tecniche strumentali



Controlli di difetti non identificabili visivamente

Esame visivo e tecniche strumentali



Difetto della pittura ad alto spessore