

Polveri

Indagine ambientale nella zincatura a caldo

■ di Nadia Brancaleone, responsabile ambiente Romeo Safety Italia Srl e Silvana Magnaghi, esperto ambientale Alter Eco Sas

Come altri processi di protezione superficiale, la zincatura a caldo consta di due fasi principali: la preparazione della superficie da trattare e la zincatura vera e propria. Per l'ottenimento di una zincatura di qualità, occorre che la superficie dell'acciaio da zincare sia perfettamente pulita, in modo che nessuna presenza di ossido e altri contaminanti possa frapporsi nel contatto del ferro nella sua forma metallica con lo zinco fuso del bagno al momento dell'immersione. Che la superficie dell'acciaio si presenti perfettamente ridotta e metallica è una condizione indispensabile perché la reazione metallurgica di formazione del rivestimento di zincatura abbia luogo. Sul tema si evidenzia un caso pratico di campionamento ambientale effettuato durante l'attività di galvanica e di verniciatura, per la ricerca di vapori acidi, vapori alcalini e sostanze organiche volatili, polveri aerodisperse e metalli (cobalto, cromo), e durante le operazioni di verniciatura con vernici poliuretiche per la ricerca di polveri aerodisperse e sostanze organiche volatili.



Da recenti stime risulta che la corrosione distrugge ogni anno, nel mondo, cento milioni di tonnellate di materiali ferrosi; logica conseguenza è che i metodi anticorrosione risultino determinanti.

Attraverso questi processi, i materiali da costruzione sono tutelati anche nelle condizioni più avverse e la loro durata è estesa nel tempo. Inoltre, alla fine del ciclo di vita, un manufatto può essere riciclato integralmente (secondo criteri di prevenzione e di risparmio) nella fusione di nuovo acciaio, senza avere perduto in “ruggine” un solo grammo. La difficoltà nell’apprezzare gli enormi vantaggi di questi metodi, è dovuta al fatto che i vantaggi tendono a essere apprezzati solo a distanza di tempo. Una scelta consapevole del sistema di protezione anticorrosiva più idoneo deve essere effettuata in funzione del ciclo di vita del manufatto considerato. Il processo produttivo è identico da decine di anni, ma l’evoluzione degli impianti, l’innovazione nei pre-trattamenti e l’affinamento continuo dei bagni di fusione, ha portato a contenere l’impatto ambientale. Nel caso della zincatura a caldo questa è valutata secondo la norma UNI EN ISO 14713, che riporta l’andamento della durata probabile in funzione delle tipologie di ambiente e degli spessori del ricoprimento.



▲ Foto 1 - Galvanica

Con “zincatura a caldo” si intende generalmente l’immersione in zinco fuso tenuto mediamente alla temperatura di 455 °C; in questa fase, lo zinco, oltre a ricoprire l’acciaio, ne entra anche in lega con lo strato superficiale, conferendo resistenza meccanica e il giusto “grip” al materiale trattato. Il processo può essere suddiviso nelle seguenti fasi, separate una dall’altra:

- decapaggio e sgrassaggio, ottenuti con acido cloridrico e tensioattivi a temperatura ambiente;
- flussaggio: immersione in soluzione di ammonio cloruro e zinco cloruro;
- zincatura: immersione, dopo preriscaldamento a 100 °C, in vasca di zinco fuso a 455 °C per il tempo necessario a che l’acciaio rag-

giunga la stessa temperatura dello zinco.

Nel caso della verniciatura a polveri le considerazioni sono basate sulle caratteristiche effettive del ricoprimento secondo le norme della serie EN ISO 12944.

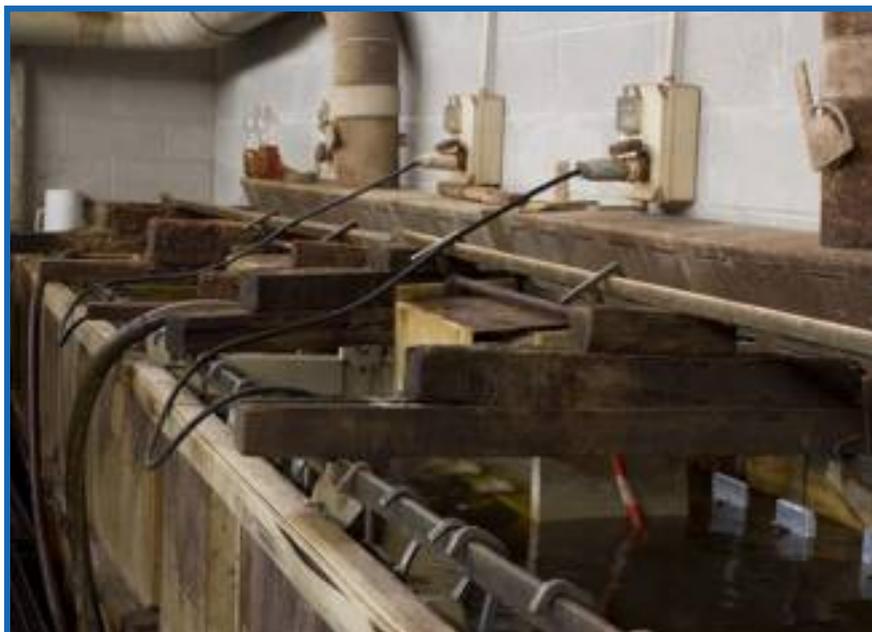
La **verniciatura a polveri** è un procedimento di rivestimento di superfici metalliche con un *film* organico effettuato a scopo di protezione dalla corrosione e da agenti aggressivi e polvere; si effettua in impianti attrezzati che prevedono:

- un nastro trasportatore aereo a catena dove vengono appesi i pezzi da verniciare, in genere lamiere, tubi, cannelle e profilati;
- un sistema di lavaggio dei pezzi;
- un forno di polimerizzazione;
- cabine di applicazione con pistole elettrostatiche, o triboelettriche.

Si noti come, ai fini della riciclabilità, a fine vita, una volta consumati gli strati protettivi di zinco e/o vernice, l’acciaio impiegato per la costruzione dei manufatti rimane integro e interamente riutilizzabile, non perde nulla della massa iniziale



▲ Foto 2 - Vasche sgrassaggio



▲ Foto 3 - Vasche sgrassaggio

e può essere reso in acciaieria per la produzione di nuovo acciaio grezzo, restituendo così al consumo l'intera quantità di materiale sottratta all'ecosistema al momento della prima costruzione.

Il caso

L'azienda esaminata effettua lavorazioni in conto terzi di verniciatura e zincatura, attività che richiede l'utilizzo di diverse tipologie di prodotti chimici. Sono, infatti, le ditte clienti a definire le tipologie di prodotti per verniciatura da utilizzare, che spesso vengono forniti direttamente dai committenti e il loro uso risulta limitato a una singola commessa. Questa situazione operativa rende impossibile effettuare la valutazione del rischio chimico mediante l'utilizzo di *software* o algoritmi che si basano sull'analisi puntuale delle schede di sicurezza dei prodotti in uso; si è, quindi, deciso di effettuare la valutazione del rischio chimico attraverso un processo di analisi del ciclo produttivo; nello specifico:

- suddivisione dei prodotti in uso per macrogruppi e individuazione del-

- le caratteristiche di pericolosità;
- evidenziazione di eventuali componenti con caratteristiche di cancerogenicità e/o mutagenicità (eventuale presenza di frasi di rischio R45 e R49);
- analisi delle caratteristiche degli impianti in uso;
- individuazione dei momenti potenzialmente esponenti a rischio chimico;



▲ Foto 4 - Fase di asciugatura

- classificazione del livello di rischio.

A seguire una descrizione dei reparti in esame e prodotti in uso.

Il reparto galvanica

Le vasche della linea galvanica sono predisposte con la seguente sequenza:

1. vasche per lo sgrassaggio chimico da 800 litri. Lo sgrassaggio chimico ha lo scopo di rimuovere gli ossidi e gli altri sali insolubili impiegando degli acidi. La scelta dell'acido e delle modalità di impiego (percentuale di diluizione, miscelazione di più acidi insieme, temperatura d'uso) sono in funzione del metallo da trattare;
2. prelavaggio/lavaggio;
3. decapaggio acido: vasca da 400 litri contenente acido cloridrico e additivi. Nella vasca di decapaggio acido viene utilizzato HCl 30%, a cui è aggiunta una piccola quantità di inibitore (generalmente sostanze organiche che sono adsorbite dal metallo e bloccano la superficie libera, inibendo l'attacco dell'acido attraverso la passivazione che producono);
4. prelavaggio/lavaggio;
5. vasche per sgrassaggio elettrolitico da 400 litri. Questa operazione ha la funzione di asportare le sostanze grasse ed eventuali residui organici ed è anche detta "sgrassatura fine", in quanto ha la capacità di rimuovere dal metallo le ultime tracce di grasso (lo sviluppo di ossigeno o idrogeno sul pezzo favorisce una forte agitazione meccanica). I bagni contengono sali alcalini; questo trattamento è generalmente eseguito a una temperatura che può variare da 20 °C ai 40 °C;
6. prelavaggio/lavaggio;
7. neutralizzazione: vasca da 400 litri contenente acido cloridrico al 10%;
8. vasche zincatura: due vasche da 2.000 litri contenenti zinco (34 g/l), zinco cloruro (70 g/l), potassio clo-

TABELLA 1

PRODOTTI UTILIZZATI IN REPARTO GALVANICA

Nome prodotto, classificazione, utilizzo	Componenti e frasi di rischio associate	
Additivi per galvanica, polvere sgrassante	40-50% idrossido di sodio 20-25% sodio carbonato	C – R35 Xi – R36
Additivi per decapaggio	15-20% butossietanolo 3-5% poliglicole di alcool grasso 3-5% acido alchil benzen solfonico	Xn – R20/21/22, R36/38 Xn – R22 R36 C – R22 R34
Prodotti per vasca zincatura	10-25% tensioattivi 2,5-10% solvente 2,5-10% benzalacetone	Xi – R36/38 Xn, Xi, F – R11-20/21/22-37/38-67 Xi – R36/38-43
Acido cloridrico	30-31% acido cloridrico	C, Xi
Acido borico	//	//
Idrossido di sodio	Idrossido di sodio	C – R35
Acido nitrico	acido nitrico	C – R35
Passivazione bianca	2,5-10% tricloruro di cromo 2,5-10% acido nitrico 2,5-5% acido fluoridrico <1% cobalto solfato <1% zinco cloruro	T, C – R49 R23/24/25 R34 R52/53 C, N – R34-50/53, TLV-TWA, TLV-STEL
Sida strip - C - R34, R22, R40 - Sverniciante	70-80% diclorometano 12,5-15% acido cloroacetico 5-7% acido formico 85%	Xn, R40 T, N – R50 R34 R25 C, R35

ruro (180 g/l) e acido borico (25 g/l). Giornalmente sono aggiunti additivi. Gli anodi impiegati possono essere del tipo inerte in acciaio inox o grafite, oppure del tipo reattivo; in quest'ultimo caso, si tratta di barre o blocchi, situati in cestelli di materiale inerte, del medesimo metallo che deve essere depositato. Il metallo è decomposto all'anodo, passa in soluzione per ridursi al catodo. Le soluzioni impiegate sono preparate con un sale del metallo in opportuna concentrazione;

9. prelavaggio/lavaggio;

10. passivazione bianca: vasca da 400 litri. Lo zinco forma molti sali solubili e, in determinate condizioni, può essere elettrodeposto da soluzioni acide. I rivestimenti elettrolitici di zinco possono essere migliorati nell'aspetto e nel potere protettivo con un trattamento finale di passivazione (caso in esame: passivazione bianca);

11. prelavaggio/lavaggio;
12. asciugatura.

Le vasche vengono preparate una volta all'anno e rettificata con rabcocchi; le aggiunte vengono effettuate a mano, previa pesata della quantità indicata dalla ricetta.

Tutti gli impianti sono dotati di impianto di estrazione fumi con emissione in atmosfera previa filtrazione degli inquinanti. Il reparto è dotato di impianto di aspirazione fumo con espulsione degli inquinanti in atmosfera. Nel reparto galvanica sono in uso i prodotti riportati in *tabella 1*.

Il magazzino è limitato alle necessità dell'attività in corso; gli stoccaggi sono mantenuti nelle minime quantità possibili anche per preservare la qualità dei prodotti. Il luogo di stoccaggio è adiacente all'ingresso del reparto galvanica, in area solitamente priva di addetti fissi, facente parte del reparto "la-

vatrice e area carico e scarico", frequentato dagli addetti in modo discontinuo (controllo funzionamento lavatrice, quando attiva, e operazioni di carico e scarico, occasionali).

Reparto verniciatura

Nel reparto verniciatura sono installate 2 cabine di verniciatura e un forno di essiccazione. La verniciatura può essere effettuata con le seguenti modalità:

- **verniciatura a smalto:** la verniciatura a smalto prevede la premiscelazione dello smalto con solvente e la successiva applicazione mediante pistola a spruzzo. Si distingue la verniciatura di fondo (*primer*-antiruggine) e la verniciatura di finitura. Per alcuni smalti epossidici viene preventivamente miscelato anche l'induritore (catalizzatore) nei quantitativi indicati da ricetta. L'opera-



▲ Foto 5 - Fase di verniciatura a liquido



▲ Foto 6 - Fase di verniciatura a liquido

zione di spruzzaggio viene, quindi, eseguita in una cabina dedicata dotata di impianto di aspirazione localizzata con espulsione dei fumi all'esterno dell'ambiente di lavoro previo trattamento filtrante (velo d'acqua e filtri carbone attivo);

- **verniciatura a polvere:** le vernici a polvere vengono direttamente aspirate dalle confezioni e applicate con speciale pistola elettrostatica. L'applicazione viene effettuata in cabina con analoghe caratteristiche della precedente. L'essiccazione può essere effettuata in apposito forno, in assenza di operatori.

Nel reparto verniciatura sono in uso i prodotti riportati in *tabella 2*.

Le vernici liquide sono custodite in apposito locale adeguatamente progettato e mantenuto; le vernici in polvere sono stoccate all'interno del reparto verniciatura su scaffalatura. I quantitativi in stoccaggio sono minimi, necessari per il lavoro programmato (lavorazioni conto terzi).

Analisi dei potenziali rischi chimici

Reparto galvanica

- **esposizione a vapori acidi.** Il lavoratore può essere esposto a vapori acidi durante la fase di intro-

duzione ed estrazione dei pezzi dai bagni acidi, di pulizia delle vasche contenenti bagni acidi e durante le aggiunte degli acidi;

- **esposizione ad aerosol e nebbie di sostanze alcaline.** Il lavoratore può essere esposto alle nebbie e ad aerosol di sostanze alcaline durante la fase di introduzione ed estrazione dei pezzi dai bagni alcalini, di pulizia delle vasche contenenti bagni alcalini e durante l'aggiunta dei prodotti;
- **esposizione a solventi.** Il lavoratore può essere esposto a solventi in varie fasi del processo in cui si utilizzano additivi contenenti solventi e, in particolare, durante le aggiunte di tali prodotti;
- **esposizione a polveri irritanti.** Il lavoratore può essere esposto a polveri, con caratteristiche anche fortemente irritanti per le vie respiratorie, durante le aggiunte di prodotti in polvere in alcune fasi del processo di trattamento galvanico;
- **esposizione a un agente con frase di rischio R49;**
- **possibilità di contatto con sostanze acide o alcaline nocive o irritanti per la pelle e le mucose.** Il danno è in funzione della concentrazione e del tipo di acido impiegato; per esempio, l'acido cloridrico è corrosivo per una



▲ Foto 7 - Fase di verniciatura a polvere



▲ Foto 8 - Fase di asciugatura pezzi

concentrazione superiore allo 0,2% (ustioni o irritazione della pelle e delle mucose con possibilità di distruzione del tessuto con cui vengono a contatto), mentre è nocivo per la salute per via inalatoria a una concentrazione compresa tra l'1 e il 5%, a concentrazioni superiori al 5% è tossico per la salute per via inalatoria.

Reparto verniciatura

- **esposizione a solventi e isocianati.** Il lavoratore può essere esposto a sostanze organiche volatili e altri composti chimici aerodispersi (isocianati) per via inalatoria, anche durante operazioni di pulizia degli attrezzi di lavoro. L'esposizione a queste sostanze può causare danni a breve e lungo termine; i danni a breve termine riguardano casi di intossicazione per inalazione occasionale di elevate quantità di sostanze, gli effetti a lungo termine sono dovuti all'inalazione prolungata nel tempo di quantità più moderate;
- **esposizione a polveri.** Il lavoratore può essere esposto a polveri,

per le quali esiste un limite di esposizione TLV^[1] di 10 mg/m³ (Allegato XXXVIII al D.Lgs. n. 81/2008).

Interventi migliorativi proposti

- installazione in entrambi i reparti di impianto di aspirazione dei fumi con espulsione degli inquinanti in atmosfera; in particolare:
 - reparto galvanica: impianto con cappe di captazione fumi posizionate su ciascuna vasca e portata all'emissione di 4.000 Nm³/h;
 - reparto verniciatura: impianto di aspirazione da entrambe le cabine (liquido e polvere) con sistema di abbattimento (velo d'acqua e carboni attivi) e portata all'emissione di 10.000 Nm³/h;
- fornitura ai dipendenti di adeguati DPI; in particolare:
 - reparto galvanica: indumenti protettivi, guanti, occhiali, visiere e calzature con allacciatura a sgancio rapido;
 - reparto verniciatura: indumenti protettivi, guanti, occhiali, DPI respiratori;

- formazione e informazione agli addetti sulle corrette modalità di lavoro, utilizzo e cura dei DPI, gestione dei rifiuti;
- formazione e informazione al personale di ufficio circa la necessità, per ogni commessa di lavoro, di analizzare le frasi di rischio specificate sulle schede di sicurezza dei prodotti proposti dalla committenza e segnalazione della presenza di componenti cancerogene ed eventuale richiesta di sostituzione dei prodotti.

Indagine ambientale

A seguito della valutazione del rischio chimico e dell'implementazione delle misure migliorative proposte si è effettuata un'indagine ambientale per la caratterizzazione dei livelli di esposizione a inquinanti chimici e la valutazione del rischio chimico residuo. Si è proceduto, quindi, all'effettuazione dei seguenti **campionamenti**:

- **reparto galvanica**
 - campionamento ambientale durante le normali operazioni di galvanica per la ricerca di vapori acidi, vapori alcalini e sostanze organiche volatili, polveri aerodisperse, metalli (cobalto, cromo);
 - campionamento personale durante le operazioni di aggiunta di prodotti in polvere alle vasche di zincatura per la ricerca di polveri aerodisperse, metalli (cobalto, cromo);
 - campionamento personale durante le normali operazioni di galvanica per la ricerca di metalli (cobalto, cromo), sostanze organiche volatili, vapori acidi e alcalini;
- **reparto verniciatura**
 - campionamento ambientale durante le operazioni di verniciatura con vernici poliuretaniche per

[1] TLV-TWA: *threshold limit value - time weighted average* ovvero la concentrazione limite, calcolata come media ponderata nel tempo (8 ore/giorno; 40 ore settimanali), alla quale tutti i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno senza effetti avversi per la salute per tutta la vita lavorativa.

TABELLA 2
PRODOTTI UTILIZZATI NEL REPARTO VERNICIATURA

Nome prodotto liquido, classificazione, utilizzo	Componenti e frasi di rischio associate	
Stucco	12,5-15% acetato di isobutile 7-10% xilene 5-7% nafta solvente (petrolio) 3-5% dimetil glutarato, succinati, adipato 2,5-3% 1,2,4 trimetilbenzene	F – R11 R52/53 R66
Catalizzatore	50-60% poliisocianato alifatico 7-10% xilene 7-10% nafta solvente (petrolio) 7-10% toluene 5-7% dimetil glutarato, succinato, adipato 5-7% acetato di 1-metil-2-metossietile 3-5% 1,2,4 trimetilbenzene 3-5% Acetato di n-butile 0,1-0,25% esametilen-1,6-diisocianato 0,01-0,1% metanolo	F, Xn, Xi – R11 R20/21 R43 R52/53 R63
Catalizzatore	20-25% acetato di n-butile 10-12,5% acetato di isobutile 5-7% nafta solvente (petrolio) 5-7% acetato di etile 3-5% acetato di 1-metil-2-metossietile 0,25-0,5% diisocianato di m-tolilidene 0,1-0,25% xilene	F, Xn – R11 R20 R42 R52/53 R66
Vernice fondo F – R11	7-10% acetato di isobutile 5-7% acetato di 1-metil-2-metossietile 3-5% nafta solvente (petrolio) 3-5% xilene 1-2,5% 1,2,4 trimetilbenzene 1-2,5% acetato di n-butile 0,5-1% etilbenzene 0,01-0,1% 2-butossietanolo	F – R11-66
Diluyente nitro	50-100% toluene 25-50% acetato di etile	F, Xn – R11, R20 F, Xi – R11, R36, R66, R67
Vernici epossidiche, vari colori	20-25% xilene 8-10% nafta solvente aromatica leggera	Xn, Xi – R20/21, R38, R10
Induritore per vernici epossidiche	30-39% xilene 6-8% alcool butilico 11-16% 2-butossietanolo	Xn R10 R20/21/22
Vernici in polvere, vari colori	25-40% solfato di bario naturale 1-2,5% diossido di titanio 1-2,5% nerofumo 0,1-0,2% tri-2-ethylhexylamine	N – R50

la ricerca di polveri aerodisperse e sostanze organiche volatili;

- campionamento ambientale durante le operazioni di verniciatura con vernici epossidiche (fondo+vernice) per la ricerca di polveri aerodisperse, sostanze organiche volatili e isocianati;
- campionamento personale du-

rante le operazioni di pulizia dei pezzi con diluente per la ricerca di sostanze organiche volatili;

- campionamento personale durante le operazioni di applicazione di vernice epossidica per la determinazione di polveri aerodisperse, sostanze organiche volatili e isocianati;

- campionamento personale durante le operazioni di applicazione di vernice poliuretaniche per la determinazione di sostanze organiche volatili, metalli (piombo);
- campionamento personale durante le operazioni di carico/scarico linea di verniciatura per la ricerca di sostanze organiche volatili.

TABELLA 3

METODICHE ADOTTATE PER CAMPIONAMENTO E ANALISI

Analisi	Metodo
Vapori acidi	NIOSH 7903
Vapori alcalini	NIOSH 7401
Sostanze organiche volatili	NIOSH 1500/1501
Polveri aerodisperse	UNICHIM 1998
Metalli	NIOSH 7300
Isocianati	OSHA 47

Metodi di campionamento e analisi

Gli inquinanti oggetto di indagine sono stati campionati e analizzati secondo le metodiche ufficiali riportate in *tabella 3*.

I campionamenti sono stati protratti per un tempo adatto a rappresentare correttamente la lavorazione oggetto di indagine, mantenendo i volumi d'aria aspirata entro quanto richiesto dai metodi utilizzati.

I risultati

Gli esiti dei campionamenti sono riportati in *tabella 4*.

TABELLA 4

RISULTATI

Reparto galvanica			
Campionamento	Inquinante	Risultati	Limite TLV TWA
Campionamento ambientale durante le normali operazioni di galvanica	acido cloridrico	<0,09	8 stel 15 * [1]
	acido solforico	<0,05	0,05 **
	acido nitrico	<0,02	2 stel 4 **
	vapori alcalini, come NaOH	<0,02	2 ** stel C [2]
	sostanze organiche volatili	<0,06	---
	polveri aerodisperse	0,01	10 **
	cobalto cromo	<0,0002 <0,0002	0,02 ** 0,5 *
Campionamento personale durante le operazioni di aggiunta di prodotti in polvere alle vasche di zincatura	polveri aerodisperse	1,4	10 **
	cobalto cromo	<0,0010 <0,0008	0,02 ** 0,5 *
	acido cloridrico acido solforico acido nitrico	<0,10 <0,06 <0,02	8 stel 15 * 0,05 ** 2 stel 4 **
Campionamento personale durante le normali operazioni di galvanica	vapori alcalini, come NaOH	<0,1	2 ** stel C
	sostanze organiche volatili	<0,08	---
	cobalto cromo	<0,0010 0,002	0,02 ** 0,5 *
	Reparto verniciatura		
Campionamento	Inquinante	Risultati	Limite TLV TWA
Campionamento ambientale durante le operazioni di verniciatura con vernici poliuretaniche	polveri aerodisperse	0,05	10 **
	metanolo	0,64	260 *
	acetone	20,6	1200 *
	metile acetato	15,7	606 stel 757 **
	toluene	33,4	192 *
	xilene	1,5	221 *
	n-eptano	6,5	2085 *

	polveri aerodisperse	0,17	10 **
Campionamento ambientale durante le operazioni di verniciatura con vernici epossidiche	xilene	1,5	221 *
	MDI	<0,0002	0,005 stel 0,015 **
	2,4-TDI	<0,001	0,005 stel 0,02 **
	2,6-TDI	<0,0002	0,005 stel 0,02 **
Campionamento personale durante le operazioni di pulizia dei pezzi con diluente	metanolo	1,8	260 *
	acetone	132	1200 *
	isopropanolo	1,7	200 **
	metile acetato	93,6	606 stel 757 **
	toluene	186	192 *
	n-butilacetato	1,5	150 stel 200 **
	etilbenzene	7,6	442 stel 884 *
	xilene	26,4	221 *
n-eptano	36	2085 *	
Campionamento personale durante le operazioni di applicazione di vernici epossidiche	polveri aerodisperse	1,6	10 **
	metile acetato	1,8	606 stel 757 **
	toluene	5,3	192 *
	etilbenzene	1,5	442 stel 884 *
	n-eptano	0,86	2085 *
	MDI	<0,001	0,005 stel 0,015 **
	2,4-TDI	<0,006	0,005 stel 0,02 **
2,6-TDI	<0,001	0,005 stel 0,02 **	
Campionamento personale durante le operazioni di applicazione di vernici poliuretatiche	metanolo	0,89	260 *
	acetone	17,2	1200 *
	metile acetato	14,5	606 stel 757 **
	etile acetato	13,7	400 **
	toluene	35,5	192 *
	n-butilacetato	8,3	150 stel 200 **
	etilbenzene	7,1	442 stel 884 *
	xilene	29,1	221 *
	n-eptano	4,6	2085 *
piombo	0,16	0,15	
Campionamento personale durante le operazioni di carico/scarico linea di verniciatura	acetone	7,2	1200 *
	metile acetato	12,5	606 stel 757 **
	etile acetato	9,2	400 **
	toluene	25,5	192 *
	n-butilacetato	4,2	150 stel 200 **
	etilbenzene	4,2	442 stel 884 *
	xilene	16,9	221 *
	n-eptano	4,3	2085 *

^[1] STEL (short-term exposure limit): è il valore massimo consentito per esposizioni brevi - non oltre 15 minuti - e occasionali (non oltre quattro esposizioni nelle 24 ore) intervallate almeno a un'ora di distanza l'una dall'altra. Il TLW-STEL è la concentrazione alla quale si ritiene che i lavoratori possano essere esposti per breve periodo senza che insorgano: irritazione, danno cronico o irreversibile ai tessuti, effetti tossici dose risposta, narcosi di grado sufficiente ad accrescere le probabilità di infortuni o di influire sulle capacità di mettersi in salvo o ridurre materialmente l'efficienza lavorativa.

^[2] C(eiling): concentrazione che non deve essere superata durante qualsiasi momento dell'esposizione lavorativa. Si tratta di valori limite da applicare per le esposizioni istantanee, che non devono superare per alcuna ragione nel corso del turno di lavoro.

* D.Lgs. n. 81/2008 s.m.i.
** ACGIH 2008

Conclusioni

Le misure di contenimento del rischio chimico implementate hanno portato al raggiungimento di una situazione espositiva entro livelli generalmente accettabili; sono state,

tuttavia, riscontrate nel reparto verniciatura alcune situazioni di esposizione rilevante, in particolare:

- esposizione a toluene durante le operazioni di pulizia delle attrezzature;

- esposizione a piombo durante le operazioni di applicazione di vernici poliuretatiche;

Se la prima evidenza di esposizione può considerarsi routinaria (l'operazione viene ripetuta più volte al

giorno), la seconda è da ritenersi occasionale in quanto legata allo specifico tipo di prodotto in uso al momento dell'indagine (si ricorda che la tipologia di prodotti vernicianti è estremamente variabile). Per minimizzare l'esposizione a toluene durante le operazioni di pulizia delle attrezzature è stato rivisto il posizionamento del banco di lavoro, originariamente collocato piuttosto lontano dalle cabine di verniciatura, in assenza di impianto di aspirazione. A seguito dell'indagine, il banco di lavoro è stato posizionato a fianco alla cabina di ap-

plicazione dei prodotti liquidi in modo che l'operatore possa sfruttarne l'impianto di aspirazione. L'esposizione a piombo, assolutamente legata al tipo di prodotto in uso e, quindi, difficilmente ripetibile, rappresenta, invece, un indicatore di potenziale esposizione ad altri composti inorganici eventualmente presenti nei prodotti vernicianti proposti dalle ditte committenti. Per minimizzare queste "esposizioni potenziali" diventa, quindi, fondamentale la formazione al personale di ufficio che deve essere in grado di individuare i compo-

nenti pericolosi nelle schede di sicurezza prima di iniziare a utilizzare i prodotti verificando l'adeguatezza dei dispositivi di protezione in uso ed eventualmente suggerendone la temporanea sostituzione con altri più idonei.

A riprova dell'efficacia della formazione ai dipendenti, successivamente all'indagine ambientale presentata, è stata evidenziata la presenza di benzene in un prodotto, del quale è stata richiesta la sostituzione prima dell'introduzione nel ciclo produttivo evitando, quindi, l'esposizione

Foto a cura di Silvana Magnaghi, Alter Eco Sas

GLOSSARIO

- **Ceneri o "schiumatura di zinco"**: scorie composte da zinco metallico, ossidi di zinco, sali di cloruro di zinco e cloruro di ammonio, aventi in genere un contenuto di zinco pari a circa il 92%. Rientrano in un ciclo di recupero il cui riutilizzo avviene all'interno della stessa tipologia di processo da cui provengono;
- **mattes**: scorie derivanti dalla fase di zincatura, composte da zinco duro e ferro, raccolte sul fondo della vasca di zincatura, aventi un contenuto di zinco pari a circa il 96%. Sono considerate co-prodotto del processo poiché vengono vendute ad altri processi produttivi per la produzione di ossidi di zinco;
- **zinco aderito**: frazione di zinco che va a costituire il rivestimento protettivo sulla superficie del manufatto in acciaio;
- **zinco utile**: prodotto di riferimento del processo, è costituito dalla somma dello zinco aderito e delle mattes.

Zincatura

- **aggancio**: fissaggio dei manufatti ai sistemi di movimentazione;
- **decapaggio in acido cloridrico**: rimozione degli ossidi di ferro e residui ferrosi di laminazione;
- **flussaggio**: immersione dei manufatti in soluzione di cloruro di zinco e ammonio $ZnCl_2 \cdot NH_4Cl \cdot 2H_2O$
- **lavaggio in acqua**: eliminazione dei residui acidi, delle precedenti lavorazioni;
- **predisposizione carico**: controllo visivo affinché i manufatti non presentino parti scoperte (prive di zinco) o gocce/colature che pregiudichino il corretto impiego degli stessi; controllo dello spessore del rivestimento mediante metodo magnetico;
- **preriscaldamento**: processo che avviene in forno essiccatoio a circa 100-120 °C;
- **sgrassaggio**: rimozione di olio e grassi dalle superfici dei manufatti;
- **zincatura**: immersione in bagno di zinco fuso (titolo min. 98,5%) a temperatura controllata di 430-450 °C.

Verniciatura

- **aggancio**: fissaggio dei manufatti ai sistemi di movimentazione;
- **applicazione polveri "TGIC free"**: mediante elettrodeposizione;
- **asciugatura**: in forno alla temperatura di 140 °C;
- **pretrattamento (fosfosgrassaggio/fosfodecapaggio)**: trattamento di sgrassaggio e conversione chimica superficiale a base di fosfati, alla temperatura di 50 °C. Si distingue in fosfosgrassaggio (trattamento per acciaio grezzo) e fosfodecapaggio (trattamento per superfici zincate e alluminio);
- **polimerizzazione (cottura)**: processo che avviene in forno alla temperatura di 170-200 °C, in questa fase il materiale sosta nel forno per il tempo necessario alla cottura della polvere;
- **predisposizione carico**: distacco dei materiali e controllo visivo per verificare che i manufatti non presentino difetti superficiali come zone scoperte (prive di vernice), bolle o crateri che pregiudichino il corretto impiego degli stessi; controllo aderenza vernice e dello spessore del rivestimento;
- **risciacquo**: doppio lavaggio, prima con acqua di rete e successivamente con acqua demineralizzata.