

ESPOSIZIONE PROFESSIONALE AD AGENTI CHIMICI NEL COMPARTO DELLA TRASFORMAZIONE DELLE MATERIE PLASTICHE*

RIVESTIMENTO DI ARREDI METALLICI CON POLI(VINILCLORURO)

P. MATRICARDI*, L. QUARANTA*, E. INCOCCIATI**, P. DESIDERI**

Introduzione.

La matrice polimerica — Così come recita la accezione della parola, la materia plastica è “quel materiale di natura organica ad alto peso molecolare che per riscaldamento diventa pastoso e può essere lavorato a formare oggetti vari, che raffreddandosi induriscono mantenendo la forma ricevuta”.

In realtà sappiamo quanto più articolata sia la definizione del termine: basti pensare ai materiali elastomerici (gomma naturale) o ai materiali termoindurenti (detti anche termostabili) che originano da una reazione chimica che li modifica in maniera permanente durante la fusione e che una volta solidificati portano ad un solido che non può più tornare a fondere.

Come è noto, la “plastica” è una tra le principali materie prime “inventate” dall'uomo. Il “materiale plastico” è costituito da una resina polimerica e, in genere, da additivi di varia natura.

Con il termine resina polimerica si descrive una molecola molto grande formata per ripetizione di numerose unità molecolari di partenza chiamate monomeri.

Nella sintesi di queste resine si parte pertanto da molecole di basso peso molecolare, generalmente inferiore a 100 g/mole, le quali polimerizzano, si legano cioè l'una all'altra mediante vari tipi di reazione (policondensazione: formazione del polimero con eliminazione di piccole molecole, come l'acqua; poliaddizione: formazione del polimero per successiva addizione di unità molecolari ripetute), per dare luogo a “macromolecole” aventi pesi molecolari dell'ordine delle centinaia di migliaia o milioni di g/mole. Queste macromolecole, inoltre, possono presentare una struttura tridimensionale molto diversificata: da quella strettamente lineare, presente nella maggioranza delle poliolefine (polietilene, polipropilene) o delle poliamidi (nylon, kevlar) a quelle via via più ramificate fino ad arrivare ai reticoli tridimensionali delle resine termoindurenti (fenoloformaldeide).

* Centro Studi e Servizi per la Prevenzione - Direzione Generale INAIL, Roma.

** Consulenti INAIL.

Il polimero così ottenuto rappresenta “l’ossatura” del materiale stesso, le cui proprietà possono essere sfruttate come tali o modificate in relazione alle necessità legate all’utilizzo finale.

Sono disponibili polimeri di varia natura e caratteristiche, così da permettere una ampia scelta in base alle necessità produttive della lavorazione o del manufatto da realizzare.

I materiali ottenuti, attraverso opportune lavorazioni e processi tecnologici, vengono utilizzati per produrre manufatti dalle caratteristiche più disparate: dalla fibra tessile al cruscotto di un’automobile, dal corpo di una penna al contenitore di un detersivo fino ai componenti della strumentazione per le emodialisi.

Una importante via per modulare le proprietà della resina polimerica è l’impiego di additivi. Queste sostanze hanno dato un contributo decisivo all’utilizzo delle plastiche su vasta scala e si configurano come utili strumenti per la risoluzione di nuovi problemi anche per il futuro.

Gli additivi, dispersi nella matrice polimerica in diverse combinazioni e dosaggi, oltre a garantire la stabilità del materiale con l’invecchiamento, permettono di variare pressoché a piacimento le caratteristiche della materia prima di interesse. In tal modo si ottengono materiali ignifughi o combustibili, plastici od elastici, trasparenti o colorati. La concentrazione degli additivi può andare da poche unità per mille a persino più del peso della resina di base. Gli additivi delle plastiche possono essere classificati in gruppi principali:

1. Antiossidanti - prevengono o ritardano i processi autoossidativi a carico delle catene polimeriche, riducendo i danni associati a tale fenomeno (scolorimento, riduzione della lucidità, tendenza alla rottura, aumento della fragilità);
 2. Fotostabilizzanti - aumentano il livello di protezione delle superfici all’azione degradativa della luce ultravioletta;
 3. Stabilizzanti al calore - prevengono l’insorgere di reazioni di degradazione legate alle temperature di lavorazione o all’esposizione a fonti di calore durante l’utilizzo;
 4. Additivi di processo - consentono la lavorabilità del materiale nella specifica lavorazione adottata;
 5. Ritardanti di fiamma;
 6. Cariche di riempimento ed agenti di rinforzo;
 7. Coloranti e pigmenti;
 8. Additivi per usi speciali - sbiancanti ottici, modificatori di resistenza all’impatto, agenti antistatici, agenti di espansione, ecc.
- Nella Tabella 1 sono riportate le principali famiglie di polimeri con la relativa sigla identificativa.

Tabella 1

Principali classi di resine polimeriche.

CLASSE	POLIMERO	SIGLA (classificazione ISO)
TERMOPLASTICI		
<i>Poliolefine</i>	Polietilene	PE
<i>Polivinilici</i>	Polipropilene	PP
	Polivinilcloruro	PVC
	Polivinilalcol	PVA
	Polivinilacetato	PVAC
<i>Polistirenici</i>	Polistirene	PS
	Acronitrile/Butadiene/Stirene	ABS
	Stirene/Acrlonitrile	SAN
	Stirene/Butadiene/Metacrilato di metile	MBS
	Stirene/Butadiene/Stirene	SBS
<i>Poliacrilati e Polimetacrilati</i>	Polimetacrilato di metile	PMMA
	Poliacrlonitrile	PAN
<i>Poliacetali</i>	Poliiossimetilene	POM
	Poliiossipropilene	PPOX
<i>Poliammidi</i>	Nylon 6	PA6
	Nylon 6,6	PA6.6
<i>Poliesteri</i>	Polietilentereftalato	PET
	Polibutilentereftalato	PBT
<i>Cellulosici</i>	Acetato di cellulosa	CA
	Nitrato di cellulosa	CN
<i>Clorofluorocarburi</i>	Policlorotrifluoroetilene	PCTFE
	Politetrafluoroetilene	PTFE
TERMOINDURENTI		
Resine fenoliche	Fenolo-formaldeide	PF
Resine melamminiche	Urea-formaldeide	UF
	Melammina-formaldeide	MF
<i>Poliesteri reticolati</i>		
Resine epossidiche		
Poliuretani		PUR
Siliconi		SI

I processi di lavorazione — Nel trovare applicazioni in nuovi settori, le plastiche devono soddisfare un numero crescente di esigenze relative ad impiego, tempo di vita utile, riciclabilità, etc.

Per incontrare i requisiti di un mercato in continua evoluzione sono state sviluppate un gran numero di tecnologie produttive e di formulazioni appropriate di materie prime.

I processi industriali che interessano le materie plastiche sono sostanzialmente divisibili in due grandi settori.

Il primo riguarda la produzione del polimero: si parte dai componenti elementari per arrivare al materiale polimerico che, generalmente, si presenta sotto forma di granuli, polvere, paste, sospensioni, lastre, etc.

Al secondo, invece, appartengono i processi di trasformazione dei materiali polimerici stessi in oggetti utilizzabili sia come componenti di un articolo che

come prodotti finiti.

In base alla tecnologia in uso, al tipo di materiale polimerico, alla formulazione richiesta per il prodotto finito, i processi di additivazione possono ricadere in ciascuna delle due categorie precedenti.

La produzione del polimero risulta appannaggio dei grandi complessi industriali a causa degli elevati investimenti legati alla economia di scala e alla necessità di contenimento dell'inquinamento ambientale collegato. La produzione del manufatto è invece spostata verso la piccola o piccolissima impresa, visti i costi più contenuti delle macchine e degli impianti necessari.

Questa seconda fase della lavorazione comporta tuttavia una serie di problemi ambientali nei luoghi di lavoro, correlati alla degradazione delle materie prime stesse, con conseguente dispersione non facilmente controllabile di inquinanti, generalmente aereiformi, provenienti sia dal polimero vero e proprio che dagli additivi ad esso aggiunti.

Allo stato attuale delle conoscenze, deducibile dalla letteratura scientifica, si può affermare che la filiera delle materie plastiche - dal polimero al manufatto - è stata indagata soltanto in un numero limitato di casi, producendo risultati talvolta contraddittori.

La scarsa conoscenza dei rischi presenti limita gli operatori del settore nell'intraprendere efficaci azioni di prevenzione nei confronti della contaminazione da parte degli inquinanti che si formano per degradazione delle materie prime, lasciando così il campo a cattive abitudini comportamentali, errata progettazione dei sistemi di protezione ed inefficace organizzazione del sistema di monitoraggio del rischio.

Il Polivinilcloruro — I motivi sopra esposti hanno evidenziato la necessità di approfondimento delle conoscenze sul rischio chimico associato alla lavorazione delle materie plastiche, con particolare attenzione al secondo settore e, segnatamente, alla produzione di manufatti a partire da materiali polimerici additivati.

L'esame dei dati economici e produttivi rivela la peculiare caratteristica del polivinilcloruro (PVC): aver raggiunto un ampio sviluppo nel mercato dei polimeri e contemporaneamente rappresentare l'esempio di uno dei materiali polimerici maggiormente e variamente additivati.

Infatti, le proprietà tecnologiche del materiale tal quale sono scadenti e l'utilizzo degli additivi ha permesso una elevata versatilità del sistema polimerico, che, associata al basso costo, ne ha decretato il successo come uno dei materiali plastici più diffusi sul mercato.

La modulabilità delle proprietà del PVC additivato ha consentito l'utilizzo di buona parte dei processi industriali disponibili per la produzione di manufatti: dalla termoformatura all'estrusione, dalla calandratura alla soffiatura.

Il processo tecnologico studiato — Una indagine di igiene industriale impone lo studio approfondito del processo tecnologico di produzione, dei parametri fisici adottati e della loro influenza sul comportamento delle materie prime utilizzate.

Il presente lavoro, svolto nell'ambito di un progetto di ricerca avviato dall'INAIL, riassume i risultati relativi ad una indagine di igiene industriale eseguita presso una azienda produttrice di arredi metallici rivestiti per esterni in differenti periodi dell'anno.

Il processo di rivestimento con PVC di arredi metallici presuppone una preliminare preparazione della superficie al processo di rivestimento mediante deposizione di uno strato antiossidante a base di fosfati, previo sgrassaggio e lavaggio con soluzioni debolmente alcaline. A ciò fa seguito un trattamento a spruzzo di un impregnante di supporto a base di resine epossiacriliche (“primer”), necessario a conferire la richiesta adesività tra il metallo e lo strato di polimero. Il rivestimento con PVC si ottiene in una vasca di immersione per adesione della polvere di PVC additivato (“compound”) al pezzo metallico, previamente riscaldato fino a 280 °C. La formazione del film polimerico è il risultato della successiva fusione alla temperatura operativa di 220 °C dei granuli di polvere. Tutte le varie fasi di trattamento dei pezzi vengono effettuate in appositi tunnel. Il “compound” deve essere formulato in maniera da garantire le adeguate proprietà al film di rivestimento: fluidità per la deposizione, plasticità per la resistenza alle differenze di temperatura, resistenza meccanica all’abrasione e resistenza chimica durante la vita utile (protezione contro gli agenti chimici, biologici ed atmosferici). A tal fine esso contiene varie sostanze chimiche, tra le quali i plastificanti, in quantità e tipologia tale da favorire una dispersione omogenea del materiale sulla superficie ed una minore fragilità del film deposto sull’arredo.

Materiali e metodi.

Il “primer” ed il “compound” di PVC sono stati forniti dalla fabbrica di arredi in cui sono stati eseguiti i campionamenti ambientali. Tutti i reattivi utilizzati per le analisi sono di grado analitico.

Caratterizzazione delle materie prime — Sia nelle analisi di solubilizzazione/precipitazione che nei processi di estrazione in Soxhlet sono stati utilizzati solventi di differente polarità.

Simulazione di laboratorio — La figura 1 mostra schematicamente l’apparato e le condizioni impiegate negli esperimenti di degradazione termica controllata dei campioni di PVC. Il solvente per il desorbimento delle fiale di campionamento in carbone e per il recupero dei fumi condensati nella trappola fredda è il solfuro di carbonio (CS₂).

Campionamenti negli ambienti di lavoro — Un campionamento specifico per la determinazione della quantità totale di sostanze organiche volatili (SOV) è stato effettuato in ogni postazione di campionamento (Figura 2) secondo il metodo NIOSH 1501 [4] modificato, impiegando tubi di adsorbimento in carbone (SKC 226-09, 200/400 mg). Si è utilizzata una velocità di flusso di 0.4 l min⁻¹ con un volume di aria campionata variabile tra 35 e 150 l e CS₂ quale solvente di desorbimento.

Gli esteri dell’acido ftalico sono stati concentrati all’interno di tubi di adsorbimento in Tenax (SKC 226-56, 70/140 mg) al flusso di 1 l min⁻¹ secondo il metodo OSHA 104 [5] modificato, con un volume d’aria campionata variabile tra 210 e 310 l. Per desorbire i campioni si è impiegato il toluene.

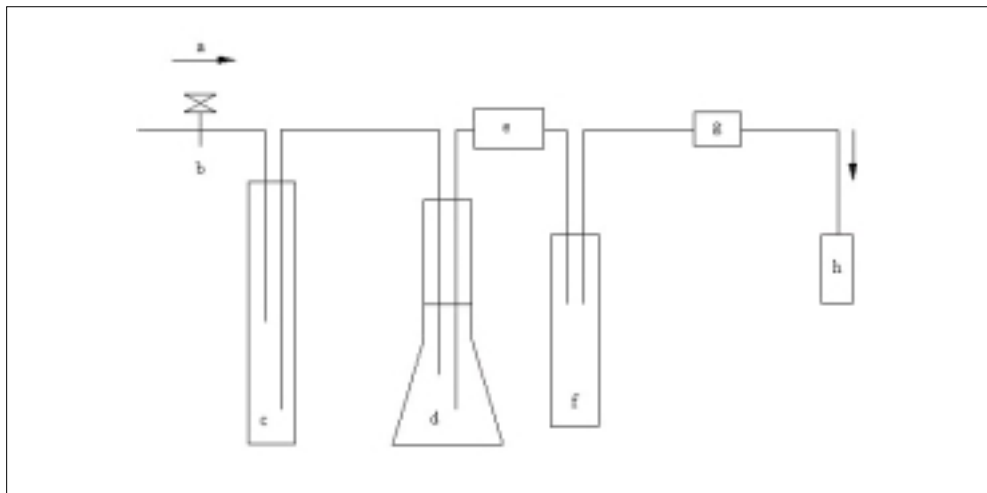


Fig. 1: Apparato impiegato per gli esperimenti di degradazione termica controllata su campioni di PVC.
(a) flusso d'aria; (b) valvola di regolazione del flusso d'aria; (c) serbatoio d'aria; (d) contenitore per i campioni riscaldati fino a $T = 240 \pm 245^\circ\text{C}$; (e) nastro riscaldante; (f) trappola fredda, $T = -15^\circ\text{C}$; (g) fiala di adsorbimento in carbone; (h) pompa a diaframma, velocità di flusso = 1.5 l min^{-1} .

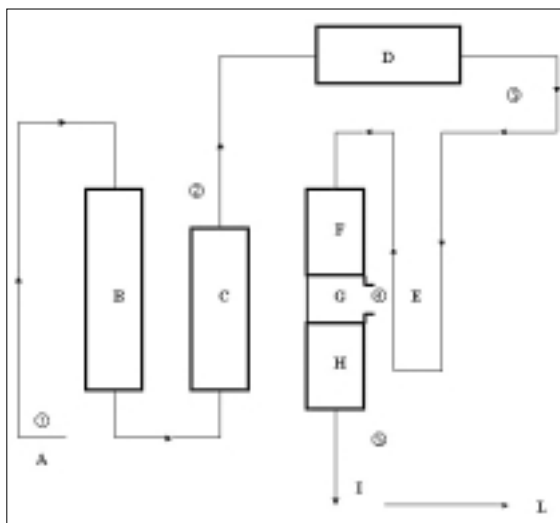


Fig. 2: Layout dell'impianto di rivestimento in PVC di arredi metallici; i numeri indicano le postazioni di campionamento.
A i pezzi metallici sono caricati da due operatori sui carrelli di una giostra di carico.
B pulizia e lavaggio.
C tunnel di fosfatazione.
D tunnel di deposizione del primer, dotato di sistema interno di aspirazione dei vapori.
E punto di controllo della vasca contenente PVC; un operatore controlla l'immersione corretta dei carrelli e regola da quadro le temperature del processo.
F tunnel di riscaldamento dei pezzi, dotato di sistema di aspirazione interna dei fumi.
G vasca contenente PVC, dotato di sistema di aspirazione interna dei fumi.
H forno di fusione del PVC adesivo, dotato di sistema di aspirazione interna dei fumi.
I zona di scarico dei carrelli; due operatori trasferiscono i pezzi su una seconda giostra di carico L diretta verso la sezione di assemblaggio e confezionamento.

L'acido cloridrico (HCl), proveniente dalla degradazione del compound di PVC, è stato assorbito per gorgogliamento in soluzione di NaOH 0.05 N al flusso di 2 l/min, e successivamente dosato come cloruro mediante cromatografia ionica.

Apparecchiatura cromatografica — L'analisi delle specie desorbite è stata effettuata impiegando un gas cromatografo Finnigan GC 9001 dotato di due colonne: una SGE-BP5 (25 m x 0.22 mm ID; 0.25 µm spessore film) ed una Rtx-5MS (30 m x 0.25 mm ID; 0.25 µm spessore film) accoppiate ai rivelatori FID e Finnigan-MAT GCQ-MS rispettivamente. Le condizioni analitiche adottate sono mostrate nella Tabella 2. L'assegnazione dei picchi sul cromatogramma è stata eseguita impiegando, quando opportuno, la biblioteca degli spettri di massa contenuta nel software dello strumento. La conferma della identificazione dei segnali cromatografici deriva dal confronto contro standard; i dati quantitativi sono stati ottenuti per interpolazione delle concentrazioni incognite su rette di taratura costruite a partire da soluzioni standard.

Tabella 2

Condizioni analitiche operative del gas cromatografo e dei rivelatori a ionizzazione di fiamma (FID) e di massa (MS).

	FID	MS
colonna	SGE-BP5 5% difenile	Restek Rtx®-5MS Crossbond® 5% difenile
programma di temperatura	40 °C x 5 min, 20 °C/min fino a 320 °C (x 5 min)	
velocità lineare del gas di trasporto	Costante a 30 cm/s	
iniettore	VOCs split 1:10 Ftalati splitless	
temperatura dell'iniettore	280 °C	250 °C
temperatura linea di trasferimento	-	275 °C
temperatura del rivelatore	280 °C	200 °C
energia elettronica	-	70 eV
corrente di emissione	-	250 µA

Risultati e discussione.

Le informazioni di carattere igienistico-industriale presenti in letteratura circa il comportamento termico del PVC additivato alle temperature caratteristiche del processo di lavorazione indagato sono molto scarse.

L'analisi preliminare del ciclo tecnologico ha evidenziato la possibilità che la contaminazione ambientale possa essere originata sia dalla dispersione delle singole sostanze componenti le materie prime, sia dalla loro degradazione in relazione alle condizioni di processo adottate.

Si è proceduto, quindi, alla caratterizzazione delle materie prime: “compound” e “primer”. L’analisi del “compound” di PVC, condotta secondo la procedura indicata in Figura 3, ha rivelato la presenza di ftalati come plasticizzanti e del 2, 6-ditert-butil-4-metil-fenolo (BHT) come agente antiossidante (vedi Tabella 3). Il colore verde della polvere di PVC è determinato da una miscela di pigmenti organici appartenenti alla categoria delle ftalocianine clorurate [6]. L’analisi dei vapori del solvente del primer ha rivelato la presenza di tricloroetilene, etilbenzene e isomeri dello xilene.

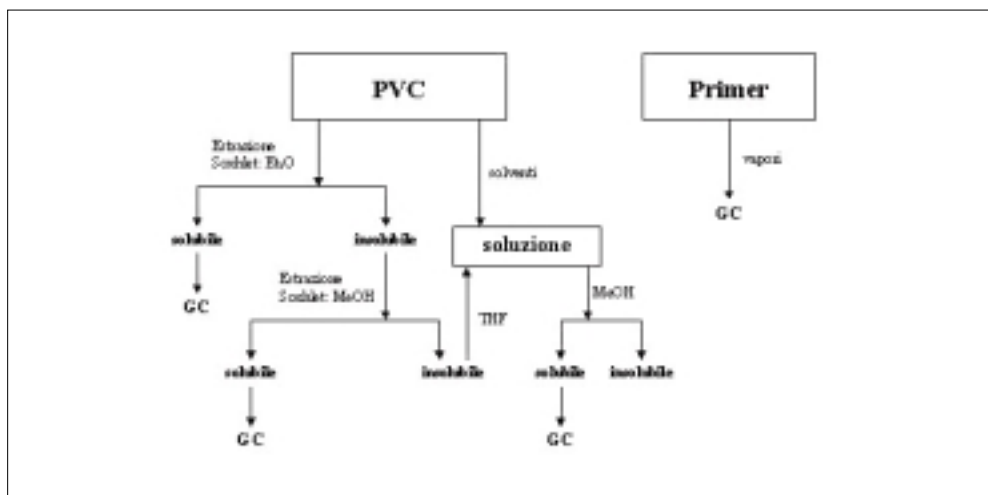


Fig. 3: Procedura d’analisi per la determinazione della composizione del PVC e dei vapori del primer.

Tabella 3

Lista delle sostanze identificate nell’analisi del “compound” di PVC e dei vapori del primer.

Compound di PVC	Vapori del primer
2-etil-1-esanolo	tricloroetilene
2, 6-ditert-butil-4-metil-fenolo	etilbenzene
dibutilftalato	xilene, miscela di isomeri
butilbenzilftalato	
di-2-etilstilftalato	
diottilftalato, miscela di isomeri	
dinonilftalato, miscela di isomeri	

Al fine di relazionare i risultati delle indagini ambientali con il comportamento del “compound” sotto l’azione degli stress termici, sono stati effettuati esperi-

menti di degradazione termica in condizioni controllate con recupero dei fumi svolti. Gli esperimenti sono stati condotti impiegando l'apparato schematizzato in Figura 1. I campioni di PVC sono stati riscaldati fino a $240\pm 245^{\circ}\text{C}$, temperatura alla quale si suppone che eventuali fumi di degradazione siano completamente formati. I fumi vengono condensati mediante una trappola fredda (Figura 1, f), mentre le specie più volatili sono adsorbite su una fiala di campionamento in carbone (Figura 1, g), posta immediatamente a monte della pompa di aspirazione (Figura 1, h). I risultati dell'analisi gascromatografica con rivelatore di massa (GC/MS) sulle specie desorbite sono sintetizzati nella Tabella 4.

Tabella 4

Composizione qualitativa dei fumi originati dagli esperimenti di degradazione a temperatura controllata del "compound" di PVC, la cui identità è stata confermata per confronto con standard

COMPOSTO
benzilidrazina
ossido di mesitile
benzaldeide
benzene
toluene
p-clorotoluene
trans-2-ottenale
2-etil-1-esanolo
anidride ftalica
dibutilftalato
butilbenzilftalato
bis (2-etilesil)ftalato
diottilftalato
dinonilftalato

La strategia di campionamento ambientale adottata ha preso in considerazione le sorgenti più probabili delle emissioni di SOV e di ftalati, ovvero: l'uscita del tunnel di deposizione del "primer", la bocca della vasca di immersione dei pezzi riscaldati nella polvere del compound di PVC e l'uscita del tunnel di fusione, rispettivamente i punti ③④ e ⑤ di Figura 2. Le posizioni ①② sono state assunte come livelli di fondo della contaminazione ambientale durante le campagne di campionamento, in quanto localizzate in aree sufficientemente lontane e protette dagli effetti delle sorgenti esaminate.

I risultati mostrati nella Tabella 5, a), b) e c), indicano un livello di contaminazione da SOV nettamente dipendente dalle condizioni climatiche riscontrate durante le campagne. L'eventuale effetto di ristagno dei contaminanti ambientali presente nei campionamenti invernali può essere collegato con la presenza di fenomeni di bassa pressione barometrica all'atto del campionamento. L'effetto meteo-climatico esercitato sulla dispersione degli agenti chimici è ben evi-

denziato dalla differenza dei valori stagionali di concentrazione rilevati per il tricloroetilene e per il 2-butossietanolo (butilcellosolve), anch'essi solventi per il "primer".

Tabella 5

Risultati delle campagne di campionamento nell'ambiente di lavoro

a) USCITA TUNNEL PRIMER - POSTAZIONE ③

Sostanza	Concentrazione mg/m ³		Concentrazione ppm _v		Limite ACGIH TLV-TWA ppm _v (valido al 1997)
	estate	inverno	estate	inverno	
benzene	0.3	0.3	<0.1	0.1	10
2-etil-1-esanolo	-	-	-	-	-
tricloroetilene	2.2	20	0.4	3.8	50
toluene	-	0.5	-	0.1	50
etilbenzene	0.7	3.2	0.2	0.7	100
m,p-xilene	2.0	17.8	0.5	4.1	100
o-xilene	0.5	1.5	0.1	0.3	100
butilcellosolve	-	8.8	-	1.8	25

b) PROSSIMITA' DELLA VASCA DI IMMERSIONE - POSTAZIONE ④

Sostanza	Concentrazione mg/m ³		Concentrazione ppm _v		Limite ACGIH TLV-TWA ppm _v (valido al 1997)
	estate	inverno	estate	inverno	
benzene	0.9	0.1	0.3	<0.1	10
2-etil-1-esanolo	0.9	-	0.2	-	-
tricloroetilene	-	0.9	-	0.2	50
toluene	-	0.7	-	0.2	50
etilbenzene	-	0.5	-	0.1	100
m,p-xilene	-	1.3	-	0.3	100
o-xilene	-	0.3	-	0.1	100
butilcellosolve	-	0.5	-	0.1	25

c) PROSSIMITA' DELLA VASCA DI IMMERSIONE - POSTAZIONE ⑤

Sostanza	Concentrazione mg/m ³		Concentrazione ppm _v		Limite ACGIH TLV-TWA ppm _v (valido al 1997)
	estate*	inverno	estate	inverno	
benzene	0.3	0.1	<0.1	<0.1	10
2-etil-1-esanolo	-	-	-	-	-
tricloroetilene	-	0.3	-	<0.1	50
toluene	-	0.6	-	0.2	50
etilbenzene	-	0.4	-	0.1	100
m,p-xilene	-	0.9	-	0.2	100
o-xilene	-	0.3	-	<0.1	100
butilcellosolve	-	-	-	-	25

* ftalati e m,p-xilene in tracce

I valori attuali di TLV (1996) per le sostanze identificate sono riportati, per confronto, nelle stesse Tabelle e mostrano come le concentrazioni riscontrate si

trovino nettamente al disotto delle soglie stabilite dagli standard di buona tecnica considerati.

La maggiore contaminazione ambientale dovuta ai SOV si riscontra all'uscita del tunnel di deposizione del primer (postazione ③), ed è dovuta al fatto che la essiccazione del pezzo viene completata all'esterno del tunnel stesso, con la conseguente diffusione dei solventi presenti nella formulazione. Dal confronto dei valori riscontrati nelle tre posizioni campionate è possibile constatare una dispersione ambientale degli inquinanti decrescente all'aumentare della distanza dalla sorgente di emissione.

Non è stato possibile individuare la presenza degli esteri dell'acido ftalico al disopra dei limiti di rilevabilità della procedura analitica complessiva [5], che prevede, nelle condizioni più conservative adottabili, ovvero per la determinazione del dimetilftalato, un valore di 27 µg/m³.

Al contrario è stata rilevata la presenza di 2-etil-1-esanolo nel campionamento estivo, come possibile prodotto di degradazione termica degli esteri dell'acido ftalico, ed in particolare del di-2-etilesil-ftalato (diottilftalato).

Una categoria di agenti chimici cui è stata prestata particolare attenzione è quella delle sostanze aromatiche. E' noto, infatti, dalla letteratura, che il PVC, in condizioni di stress termico, degrada liberando HCl e causando la formazione di insaturazioni lungo le catene polimeriche. Queste ultime, sotto l'azione di stress termici, possono frammentare e dar luogo a ciclizzazione con formazione di anelli aromatici.

La presenza dello xilene e dell'etilbenzene è stata messa in relazione essenzialmente con le emissioni del "primer", nella cui formulazione entrano come solventi. Il benzene ed il toluene rilevati nelle postazioni ③④ e ⑤, potrebbero invece originare dalla degradazione delle catene polimeriche del PVC, secondo il meccanismo sopra descritto.

I risultati ottenuti per la determinazione dell'HCl indicano come la posizione ④ sia la più contaminata da questo agente; il valore riscontrato (0.3 mg/m³) risulta comunque essere nettamente al di sotto degli standard occupazionali internazionalmente adottati (7.5 mg/m³ TLV-STEL dell'ACGIH).

In Figura 4 è riportato un esempio di cromatogramma GC/FID relativo alla posizione ③.

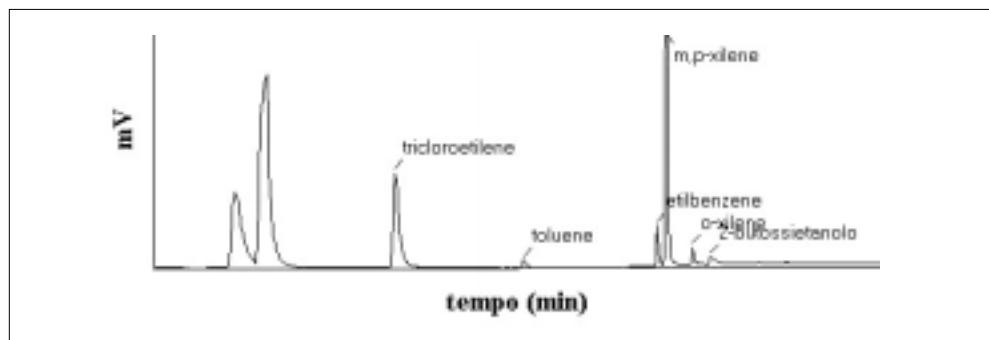


Fig. 4: Profilo cromatografico con rivelazione FID del desorbito da fiala di carbone campionato nella postazione ③.

Conclusioni.

Il lavoro presentato è lo stadio iniziale di un progetto, realizzato dal Centro per la Prevenzione dell'INAIL nel campo dell'igiene industriale, riguardante la quantificazione del rischio chimico correlato alla lavorazione di materie plastiche e derivante dalla dispersione ambientale delle materie prime o dalla degradazione dei composti polimerici e degli additivi utilizzati. Lo studio è stato svolto sul processo industriale di rivestimento di arredi metallici che utilizza compound di PVC, materiale plastico caratterizzato da una delle più grandi produzioni su scala industriale.

La degradazione della materia prima nelle condizioni di processo è stata simulata in laboratorio al fine di ottenere informazioni preliminari sul comportamento di una delle più semplici formulazioni impiegate in questo settore della produzione industriale. L'analisi chimica dei degradati ha presentato una notevole complessità dal punto di vista analitico per la presenza di numerose specie chimiche.

Il riscontro di un basso livello di contaminazione ambientale nell'impianto esaminato è indice di un buon controllo della dispersione degli inquinanti. L'ottenimento di tale risultato deriva da opportune scelte ed interventi operativi, effettuati nelle varie fasi del ciclo produttivo.

In primo luogo, l'adozione di materie prime già adeguatamente formulate per l'utilizzo finale, evitando una manipolazione di sostanze, consente una preventiva riduzione a monte del rischio chimico. In modo particolare, nel caso in studio, ciò consente di avere una riduzione della esposizione degli operatori agli esteri dell'acido ftalico.

L'adozione di particolari scelte tecnologiche nella sottrazione degli inquinanti dagli ambienti di lavoro attraverso sistemi localizzati di aspirazione e sistemi di ventilazione forzata in zone critiche del processo, concorre nell'ulteriore diminuzione del rischio chimico connesso alle lavorazioni.

Il posizionamento di ventilatori all'uscita del tunnel di fusione, in grado di spingere ulteriormente i fumi nel sistema di aspirazione localizzata, determina un efficace "effetto barriera" alla diffusione dei prodotti di degradazione polimerica nell'ambiente di lavoro.

Al contrario, una non corretta scelta dei tempi di lavorazione relativamente alla fase di essiccazione dei pezzi dopo la deposizione del "primer", con conseguente immissione nell'ambiente dei pezzi metallici non ancora perfettamente asciugati, origina nell'ambiente di lavoro una dispersione non trascurabile dei solventi utilizzati.

Sono in corso ulteriori ricerche con lo scopo di caratterizzare con maggiore dettaglio il rischio chimico connesso alla lavorazione di altri sistemi polimerici ed all'utilizzo di altri processi tecnologici.

RIASSUNTO

Il Centro Studi e Servizi per la Prevenzione dell'INAIL ha intrapreso un progetto di ricerca volta alla elaborazione di soluzioni tecnologico-gestionali per la riduzione dell'esposizione ad agenti chimici nel comparto della trasformazione delle materie plastiche. La fase iniziale del progetto ha previsto l'acquisizione di dati di igiene industriale attraverso campagne di campionamento dell'aria

ambiente in insediamenti produttivi caratterizzati dal tipo di materiale impiegato e dal particolare processo tecnologico per la sua lavorazione. In questa prima indagine è stato studiato il comportamento del poli(vinilcloruro) additivato nel processo di rivestimento di arredi metallici. Il basso livello di contaminazione ambientale da sostanze organiche volatili, riscontrato sull'impianto, è indice di una adeguata politica di controllo aziendale sulla problematica, frutto delle scelte tecnologiche adottate.

SUMMARY

Centro Studi e Servizi per la Prevenzione of INAIL started a research project oriented to the development of technological and operative solutions aimed to the reduction of exposure to volatile organic compounds in the sector of plastic materials processing. The starting step of the projet needs the field collection of industrial hygiene data through workplace air sampling at industrial plants, chosen for the specific material and processing technology. In this first part of the study the behavior of poly(vinylchloride) compound has been investigated in the process of metallic furniture coating. The workplace pollution level originating from volatile organic compounds is low. This evidently comes from the management approach to pollution control through right technological solutions.

BIBLIOGRAFIA

ACGIH: DOCUMENTATION OF THRESHOLD LIMIT VALUES AND BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, USA, 1996.

CHAN Y.: DIMETHYL PHTHALATE, DIETHYL PHTHALATE, DIBUTYL PHTHALATE, DI-2-ETHYLEXYL PHTHALATE, DI-N-OCTYLPHTHALATE - OSHA METHOD 104, Occupational Safety and Health Administration Salt Lake Technical Center, Salt Lake City, USA, 1994.

DAMM W., HERRMANN E.: COLORANTS, in: PLASIC ADDITIVES, R. Gachter and H. Muller Eds., Hanser/Gardner Publ., Cincinnati, USA, 1996, pp. 638-708.

FORREST M.J., JOLLY A.M., HOLDING S.R., RICHARDS S.J.: ANN. OCCUP. HYG., 1995, 39, 35-53.

MCNEILL I.C., MEMETEA L., COLE W.J.: POLYM. DEG. STAB., 1995, 49, 181-191.

NIOSH: HYDROCARBONS NIOSH METHOD 1501, in: NIOSH MANUAL OF ANALYTICAL METHODS, third edition, vol.1, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, USA, 1984.

VAINIOTALO S., PFAFFLI P.: ANN. OCCUP. HYG., 1990, 34, 585-590.