

SUL RISCHIO DI INTOSSICAZIONE DA CADMIO NELLA SALDOBRASTURA

P. Chiesura, A. Trevisan, G.P. Gori, A. Buzzo, V. Calzavara¹

«Cadmium intoxication risk in brazing operations».

Four small workshops were investigated where special steels are welded by brazing with high cadmium content metal alloys. High environmental cadmium concentrations (ranging from 0.15 to 1.16 mg/m³) were measured in the brazing operation. The TLV was also exceeded for other jobs in the same area. Cadmium concentration in blood and urine, measured in all 16 exposed workers, were correlated to the length and intensity of exposure. One case of clinical cadmium nephropathy was detected. Two other subjects showed high urinary Beta₂microglobulin levels. In most of the other workers the urinary excretion of enzymes of tubular origin, especially Angiotensin Converting Enzyme, was above the maximum normal level. Prevention requires local exhaustive ventilation and also the use of face masks during brazing operations.

KEY WORDS: *cadmium, brazing, welding fumes.*

INTRODUZIONE

Il cadmio trova largo impiego per la formazione di leghe a basso punto di fusione ed elevata resistenza, e risulta pertanto spesso presente in elevata quantità nelle metallo-leghe di apporto che vengono impiegate per operazioni di saldobrasatura. Il rischio collegato a tale operazione è frequentemente ricordato, ma — per quanto a nostra conoscenza — non ne sono reperibili in letteratura segnalazioni documentate: solo Welinder (7) segnala l'osservazione del rischio nel corso di saldature ad alta frequenza, ma con concentrazioni ambientali di cadmio inferiori al TLV.

Istituto di Medicina del Lavoro, Università di Padova - Direttore: Prof. P. Chiesura.

¹ Servizio di Prevenzione, Igiene e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro, U.S.L. n. 20, Camposampiero (Padova).

La fortuita osservazione (5) di un caso di nefropatia da cadmio in un saldobrasatore, caso che compare anche in questa casistica col n. 1 della tabella 3, ci ha indotto ad approfondire l'argomento, conducendo una indagine in 4 piccole officine artigiane di questo tipo, sostanzialmente omogenee. Allo studio della tecnologia e dell'inquinamento ambientale abbiamo fatto seguire accertamenti clinico-tossicologici in tutti i 16 lavoratori esposti al rischio. I risultati emersi ci sono sembrati meritare segnalazione dettagliata.

Tecnologia e ambienti di lavoro

L'attività esercitata consisteva esclusivamente nella riparazione di frese e lame per macchine adibite alla lavorazione del legno, procedendo alla saldatura sul corpo centrale dello strumento delle lame o dentelli o altri pezzi bisognevoli di sostituzione. La saldatura deve risultare ottimale onde evitare il rischio che lame ruotanti ad alta velocità si stac-

chino durante il loro impiego; poiché si lavora prevalentemente su acciai superrapidi (con contenuto in cobalto fino al 15%) sui quali la saldatura a temperature elevate potrebbe causare decarburazione e quindi saldatura inefficiente, tutte le officine fanno uso di leghe di apporto a base di cadmio onde non superare temperature di 680-700 °C. Le tre metallo-leghe che venivano impiegate contenevano tutte cadmio nella proporzione del 20-22%, essendo il resto costituito prevalentemente da argento (30-42%) e per il restante da rame e zinco in proporzioni pressoché equivalenti. La fusione del metallo di apporto (presentato sotto forma di verghe che vengono interposte tra supporto e pezzo da saldare) si ottiene mediante fiamma ossiacetilenica.

Su questa base tecnologica comune a tutte le aziende si sovrapponevano le seguenti piccole diversità operative:

- nell'officina B si saldavano esclusivamente lame piccole, della lunghezza di 1 cm, mentre in tutte le altre si operava su lame di lunghezza 15-20 cm;
- nell'officina C la saldatura veniva sempre effettuata interponendo fra i due elementi da saldare un'ulteriore lamina di varia componente metallica (esente da cadmio) chiamata trilamina; tale particolare modalità veniva pure adottata di preferenza nell'officina D accanto a quella tradizionale diretta, che era l'unica sempre seguita nell'officina A.

Tali diverse modalità operative delle diverse aziende sono ricordate in tabella 1, assieme alle dimensioni degli ambienti (sempre costituiti da un unico capannone) ed al numero degli addetti.

TABELLA 1 - Caratteristiche delle 4 officine esaminate.

Officina	N. sogg.	dimensioni (m)	cubatura (m ³)	modalità operative
A	5	50x13x4.5	2950	- lame grandi - saldatura diretta
B	3	30x5x3.6	540	- lame piccole - saldatura diretta
C	4	30x10x4.5	1350	- lame grandi - saldatura con trilamina
D	4	25x14x5	1750	- lame grandi - saldatura con trilamina o senza

METODI

I 16 lavoratori impiegati nelle 4 aziende sono stati tutti sottoposti a visita, ad esami clinici di base (pressione arteriosa, urine, emocromo, VES, Rx torace, spirometria, ecc.), ai tests di dose per l'assorbimento del cadmio (cadmiemia e cadmiuria) e agli abituali tests indicatori di danno renale da cadmio (proteinuria, dosaggio della Beta-2-microglobulina urinaria = B2U creatininemia); si è inoltre proceduto a valutare l'eliminazione urinaria di tre enzimi di provenienza tubulare (gammaglutamiltranspeptidasi = γ GT; angiotensin converting enzyme = ACE; lattico deidrogenasi = LDH) quali indicatori precoci di iniziale disfunzione tubulare. Sono stati impiegati i seguenti metodi: la proteinuria totale (PRU) è stata dosata col metodo di Piscator (2); la γ GT (E.C. 2.3.2.2) nell'urina con kit cinetico della Boehringer (Mannheim, RFT) a 30°C; L'ACE (E.C. 3.4.15.1) urinario col metodo di Summary (3); la LDH (E.C. 1.1.1.27) urinaria con kit cinetico della Boehringer (Mannheim, RFT) a 30°C. Sono state inoltre determinate le B2U con metodo RIA (Phadebas, Pharmacia-Diagnostics, Uppsala, Svezia), dopo alcalinizzazione con NaOH all'1%.

Le concentrazioni di cadmio in aria furono determinate raccogliendo su filtro con campionatori fissi Zambelli (Milano, Italia) polveri e fumi sviluppati durante un intero ciclo di saldatura della durata di circa 1 ora. Sui filtri, digeriti a caldo con acido nitrico, il cadmio venne dosato mediante AAS con fornace a grafite.

RISULTATI

Le concentrazioni di cadmio in aria sono riportate in tabella 2. Separatamente per le 4 officine vengono indicati i risultati ottenuti sia nella zona di saldatura che a distanza («centro ambiente»), per valutare l'eventuale diffusione del rischio agli altri operatori non direttamente coinvolti nella saldatura. Nell'officina A un terzo campionamento fu effettuato a circa 2 m. dal banco di saldatura, ove si trovava un tornio di frequente impiego. Nella tabella sono inoltre riportati, indicati tra parentesi, i risultati dei controlli ripetuti nelle stesse posizioni dopo installazione di un aspiratore al di sopra del banco di saldatura.

TABELLA 2 - Concentrazione ambientale di cadmio (mg/m^3). Tra parentesi sono indicati i risultati dei controlli effettuati nelle officine A e B dopo installazione di aspiratore alla saldatura.

	Punto di prelievo		
	alla saldatura	a 2 metri	centro ambiente
A (con aspiraz.)	1.16 — (0.22)	0.20 — (0.02)	0.11 — (0.01)
B (con aspiraz.)	0.15 — (tracce)		0.13 — (tracce)
C	0.61		0.10
D	0.15		0.02

I controlli clinici e gli esami routinari di laboratorio non evidenziarono particolare incidenza di alcuna patologia; in particolare non ipertensione arteriosa, nessun segno di enfisema, non disturbi dell'olfatto, non anemia. Proteinuria era presente solo nel caso 1 che, come già segnalato (5), risultò affetto da un insieme di disfunzioni renali indicative di una tipica completa nefropatia da cadmio.

I dati di laboratorio di più diretto interesse tossicologico sono riportati in tabella 3.

TABELLA 3 - Esposizione (in anni e come Indice Cumulativo di Esposizione) e dati di laboratorio dei singoli casi. Con (S) accanto al numero sono indicati gli addetti alla saldatura. I limiti normali ($\bar{x} + 2 \text{SD}$) sono indicati nell'ultima riga.

Casi	Esposizione		CdS mcg/l	CdU mcg/g C	PrU mg/g C	B ₂ U mg/g C	CrP mg/dl	γ GTU U/g C	ACEU U/g C	LDHU U/g C
	anni	I.C.E.								
<i>Officina A</i>										
1 (S)	25	29.00	41.4	90.8	966.7	58.879	1.20	55.0	141.3	24.6
2	20	3.36	16.2	31.0	73.1	0.130	0.86	27.7	65.2	14.9
3	20	3.36	17.9	26.0	185.6	0.529	0.84	47.2	119.2	15.5
4	16	2.92	16.2	22.9	80.6	0.050	0.99	29.0	57.5	18.7
5	12	1.42	8.5	6.9	57.6	0.112	0.92	28.4	51.8	5.1
<i>Officina B</i>										
6 (S)	10	1.50	30.0	59.5	162.5	3.810	1.15	36.1	175.9	30.8
7	3	0.39	3.1	2.4	33.8	0.043	0.86	26.6	60.8	10.0
8	5	0.65	6.9	3.7	40.3	0.036	1.03	24.9	57.8	13.2
<i>Officina C</i>										
9 (S)	10	6.71	8.8	11.2	90.4	0.120	0.97	18.1	61.9	11.9
10	4	0.45	3.2	1.5	56.6	0.080	0.82	26.2	53.3	9.3
11	5	0.50	5.0	2.6	58.8	0.079	0.92	26.2	58.9	8.7
12	2	0.20	3.1	1.0	67.7	0.031	0.84	18.0	29.2	7.5
<i>Officina D</i>										
13 (S)	3	0.45	6.2	3.9	44.2	0.028	0.99	20.6	37.8	7.6
14	3	0.06	2.5	1.3	30.0	0.016	0.88	29.8	53.0	10.1
15	2	0.03	1.2	0.8	18.0	0.040	0.67	21.6	33.5	5.2
16	3	0.06	1.1	1.4	68.1	0.066	0.79	33.8	117.1	15.2
Valori normali ($\bar{x} + 2 \text{SD}$)			4.1	4.9	250.0	0.2	1.09	30.8	50.7	16.0

I singoli lavoratori sono divisi per azienda; con una « S », accanto al numero d'ordine, sono indicati i soggetti ai quali spettava in esclusiva la delicata mansione della saldatura e che pertanto si dedicavano ad essa quotidianamente per un tempo medio di 1 ora al giorno. Degli altri soggetti, solo i numeri 2, 3 e 4 praticavano la saldatura in modo occasionale, all'incirca da una a tre volte al mese; tutti gli altri non la praticavano mai e pertanto la loro esposizione al cadmio era dovuta solo all'inquinamento ambientale diffuso. L'entità della esposizione per ogni singolo caso è indicata nelle prime due colonne.

DISCUSSIONE

I risultati ottenuti confermano che l'operazione di saldobrasatura con metallo-leghe con alto tenore di cadmio può comportare un rischio di notevole gravità. I valori di esposizione da noi riscontrati per gli addetti alla saldatura andavano da 3 a 20 volte il TLV « ceiling » ACGIH e l'intensità dell'inquinamento all'origine risulta tale da realizzare una situazione di rischio che si estende a tutto l'ambiente di lavoro, per lo più strutturato su base artigianale, coinvolgendo anche gli addetti ad altre mansioni.

Il fatto che l'inquinamento sia risultato di entità sensibilmente diversa nelle diverse aziende può forse essere imputato sia alla modalità poco standardizzata che caratterizza ogni attività artigiana, sia a differenze intrinsecamente legate all'operazione specifica: per esempio è verosimile che nella saldatura di pezzi piccoli sia consumata, a parità di tempo globale dedicato alla saldatura, una minor quantità di lega di apporto, e quindi minori siano la dispersione ambientale e la concentrazione di cadmio.

Resta comunque il fatto che l'inquinamento superava, in genere ampiamente, i valori accettabili e ciò trova preciso riscontro nei dati rilevati nei soggetti esposti. Non solo infatti vi era un caso (n. 1) con conclamata nefropatia da cadmio, ma per numerosi altri

cadmiemia e cadmiuria risultarono superiori al normale e superiori anche al TLV Biologico di 10 mcg/gCr (1). I valori sono tuttavia notevolmente diversi nelle diverse aziende e anche da caso a caso nell'ambito di una stessa officina: per verificare se e come tali differenze si correlano alla diversità di mansione e quindi di inquinamento del microambiente e alla diversa durata di esposizione, abbiamo elaborato per ogni soggetto un Indice Cumulativo di Esposizione (ICE) calcolato moltiplicando la esposizione espressa in anni per il tasso di inquinamento da noi rilevato nel posto di lavoro abituale espresso in mg/mc. Per i casi 2, 3 e 4 che praticavano sporadicamente la saldatura, è stato aggiunto un fattore arbitrario di 1.16, equivalente all'ipotesi che nei 20 anni di lavoro avessero totalizzato un anno di saldatura. Malgrado le imprecisioni inevitabili di una simile valutazione, la correlazione tra ICE e i valori di cadmiemia e cadmiuria è risultata molto buona (figg. 1 e 2), a conferma che l'analisi della situazione è sostanzialmente fedele. Tale correlazione d'altra parte sottolinea quel meccanismo di accumulo che è alla base dell'intossicazione da cadmio e ne risulta evidenziato, con immediatezza, il rischio per gli addetti di superare livelli accettabili di accumulo biologico, solo che l'esposizione in tale attività venga prolungata per un tempo sufficiente.

Per quanto riguarda gli indici di danno renale, ci sembra vada sottolineato che se vi è un solo caso di danno conclamato (caso 1) e nessun altro con proteinuria elevata, in altri 2 casi con indici di notevole assorbimento (casi 3 e 6), l'iniziale danno tubulare è denunciato da un'eliminazione urinaria di B2U di significato patologico. Molto più numerosi infine i casi in cui si riscontra nell'urina un'aumentata concentrazione di enzimi provenienti dall'orletto a spazzola delle cellule tubuloproximali: per quel che riguarda in particolare l'Angiotensin Converting Enzyme il valore massimo normale (media + 2DS) è superato in 13 casi su 16, così confermando nostre pre-

cedenti osservazioni (2) sulla sensibilità e precocità di questo indice d'interessamento tubulare. Ben diverso appare il significato dell'aumentata eliminazione urinaria di LDH che è enzima di origine citoplasmatica e segnala quindi un più profondo danno cellulare: la LDH risultò infatti aumentata in tre soli casi (1, 4 e 6) tutti caratterizzati da valori assai elevati di cadmiemia e cadmiuria e accompagnata, in 2 casi su 3, da patologica eliminazione di B2U.

l'ambiente privo di rischio salvo che per una isolata posizione di lavoro. È probabile che con qualche ulteriore provvedimento si possano ottenere risultati ancora migliori e soddisfacenti ma in caso contrario riteniamo sia da prescrivere l'uso di maschera da parte dell'addetto alla saldatura. Oltre che indispensabile, tale provvedimento risulta anche di facile attuazione dato che l'operatore si trova in genere impegnato in tale attività per non più di un'ora al giorno.

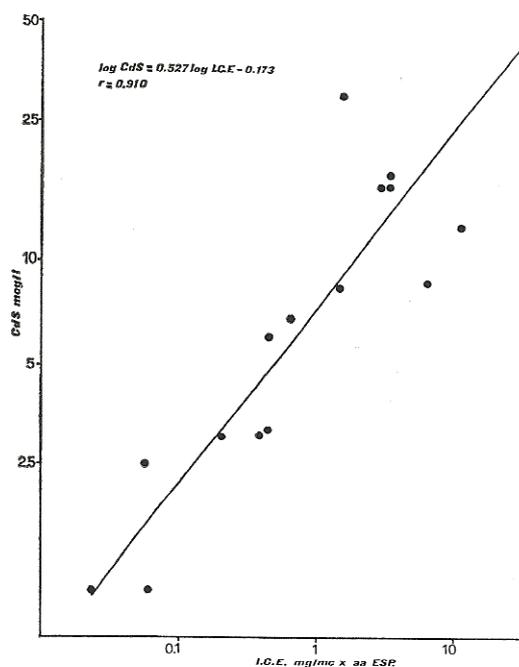


Fig. 1 - Correlazione tra i valori di cadmiemia (CdS) ed Indice Cumulativo di Esposizione osservati nei 16 lavoratori esaminati.

Ai fini della prevenzione, va anzitutto preso atto che gli operatori non ritengono di poter rinunciare all'impiego di leghe ad alto tenore di cadmio, per il timore di saldature imperfette, con conseguente grave rischio per gli utilizzatori dell'utensile. Tuttavia in 2 aziende abbiamo potuto verificare che la semplice installazione di un aspiratore sul banco di saldatura è stata sufficiente a ridurre notevolmente l'inquinamento, rendendo

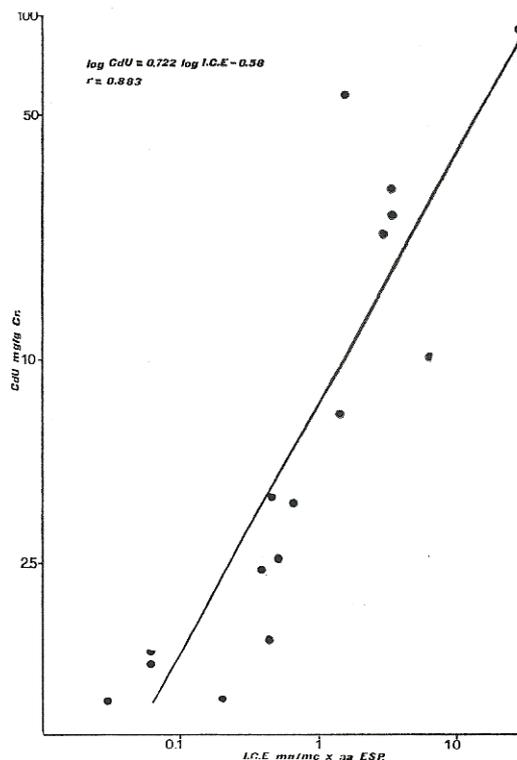


Fig. 2 - Correlazione tra i valori di cadmiuria (CdU) e Indice Cumulativo di Esposizione osservati nei 16 lavoratori esaminati.

La saldobrasatura con leghe ad elevato tenore di cadmio (20% circa) va dunque considerata attività con elevato rischio di intossicazione. Il rischio investe direttamente gli addetti alla saldatura, ma la strutturazione per lo più artigianale di attività di questo tipo comporta che esso si estenda anche a chi,

nell'ambiente di lavoro in genere unico, effettua altre mansioni. Sulla base dei valori di cadmiemia e cadmiuria e degli indicatori di interessamento renale possiamo infatti giudicare intossicati o ad alto rischio di intossicazione almeno 6 dei 16 lavoratori esaminati, che rappresentano la totalità della manodopera impiegata nelle 4 aziende. Le strutture di medicina del lavoro devono pertanto ricercare con cura nel loro territorio l'esistenza di siffatte attività di lavoro, per intervenire con misure di prevenzione che sono di facile attuazione e di buona efficacia.

RIASSUNTO

Sono state esaminate 4 officine di piccole dimensioni nelle quali veniva effettuata saldobrasatura con metallo-leghe ad elevato tenore di cadmio (20-22%) per la riparazione di utensili in acciai speciali per la lavorazione del legno. L'esposizione a cadmio è risultata molto elevata per gli addetti alla saldatura ed eccessiva anche per gli addetti ad altre mansioni. Nei 16 lavoratori esposti, l'accumulo di cadmio nell'organismo è risultato proporzionale al rischio ambientale e al tempo di esposizione. Nel soggetto più esposto e più gravemente intossicato fu riscontrato un quadro tipico di nefropatia da cadmio. In altri, un iniziale danno del tubulo renale era denunciato dall'aumentata eliminazione uri-

naria di B2U; in altri ancora vi era solo aumentata concentrazione urinaria di enzimi provenienti dall'orletto a spazzola delle cellule tubulari, in particolare di ACE. Per la prevenzione appare consigliabile, oltre all'aspirazione localizzata, anche l'uso di maschera durante le operazioni di saldatura che richiedono un tempo limitato pari a circa un'ora per turno.

BIBLIOGRAFIA

1. ALESSIO L., Odone P., BERTELLI G., FOÀ V.: Cadmium, in Alessio L., Berlin A., Roi R., Boni M.: Human biological monitoring of industrial chemicals series. Luxembourg CEC, 1983.
2. CHIESURA P., TREVISAN A., BUZZO A., MORETTO A.: Monitoraggio biologico dell'esposizione in addetti alla metallurgia del cadmio. *Med. Lav.* 1983; 74: 404-413.
3. PISCATOR M.: Proteinuria in chronic cadmium poisoning. 2 - The applicability of quantitative and qualitative methods of protein determination for the demonstration of cadmium proteinuria. *Arch. Environ. Health* 1962; 5: 55-62.
4. SUMMARY J.J.: The spectrophotometric determination of human serum carboxypolypeptidase with angiotensin converting enzyme-like activity. *Clin. Sci. Mol. Med.* 1976; 50: 321-327.
5. TREVISAN A., BONADONNA A.: Su di un caso di nefropatia conclamata da cadmio. *Med. Lav.* 1984; 75: 322-327.
6. TREVISAN A., CHIESURA P., BUZZO A., GORI G.P., CALZAVARA V.: Valutazione del rischio nella saldobrasatura con metalloleghe al cadmio. *Atti del VI Convegno di Igiene Industriale, Roma* 1983; 290-292.
7. WELINDER H., SKERFVING S., HENRIKSEN O.: Cadmium metabolism in man. *Br. J. Ind. Med.* 1977; 34: 221-228.

Accettato il 23/7/1984.