

Versione Aprile 2013

Factsheet

Rischi sanitari della saldatura

Dr. med. Dr. sc. nat. Michael Koller

Dr. med. Marcel Jost

PD Dr. med. David Miedinger, PhD

Dr. med. Klaus Stadtmüller

dipl. chem. FH Markus Blättler

In Svizzera lavorano più di 25'000 saldatori e un gran numero di lavoratori che sporadicamente eseguono lavori di saldatura tecnica. Essi sono esposti a diversi rischi sanitari, tra cui fumi, polveri, vapori e gas, rumore, irradiazione, campi elettromagnetici, vibrazioni, alte temperature e posizioni obbligate. Nella pubblicazione "Saldatura e taglio" della Suva [numero per ordinazioni 44053] vengono presentati i diversi procedimenti di saldatura e taglio e le relative misure di sicurezza dal punto di vista tecnico e di igiene del lavoro. In questo Factsheet tratteremo dei relativi problemi sanitari.

1. Panoramica sui più importanti procedimenti di saldatura e taglio

Con il termine saldatura e processi correlati si intende l'unione, la separazione o il rivestimento di sostanze metalliche con utilizzo di calore o pressione, con o senza materiali aggiuntivi (elettrodi a filo metallico o a bacchetta, piombo, polvere per saldatura). Il calore origina, per esempio, da una fiamma ossidrica o dalla corrente elettrica e in quest'ultimo caso si forma un arco voltaico tra il pezzo metallico e l'elettrodo. Complessivamente esistono circa 140 processi di saldatura normati.

I materiali di base vengono suddivisi in materiali a base di ferro e non a base di ferro. I materiali a base di ferro (o acciai¹) possono essere non legati, debolmente legati o altamente legati. Gli acciai altamente legati complessivamente contengono più del 5% di elementi delle

¹ L'acciaio, secondo la norma DIN EN 10020 è un materiale nel quale la percentuale di ferro è maggiore rispetto a qualsiasi altro elemento, e il cui contenuto di carbonio (C) in generale è inferiore al 2% della percentuale in peso. Se la percentuale di carbonio è superiore si parla di ghisa. Se il grado di purezza di un acciaio è particolarmente elevato si parla di acciaio temprato. Nel linguaggio quotidiano spesso anche gli acciai resistenti alla ruggine sono definiti acciai inossidabili.

leghe, tra cui prima di tutto cromo, nichel e manganese, raramente silicio, rame, wolframio, molibdeno o titanio.

Saldatura per pressione

Nella saldatura per pressione i materiali metallici vengono uniti sotto pressione ed eventualmente con calore localmente limitato. Generalmente non viene utilizzato alcun materiale d'apporto per la saldatura. Fanno parte di questo procedimento, per esempio, la saldatura per resistenza a punti e la saldatura ad attrito.

Saldatura per fusione

Nel processo di saldatura per fusione i punti di contatto delle parti metalliche da unire vengono scaldati sino al punto di fusione e uniti uno con l'altro, solitamente con l'ausilio di un materiale d'apporto di composizione adatta. I procedimenti più noti sono i seguenti: saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito (LBH), saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo (MAG), saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte (MIG/TIG), saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno (WIG), saldatura ad arco sommerso, saldatura a laser, saldatura con procedimento autogeno (saldatura a gas e a fiamma) e saldatura al plasma.

Brasatura

Nel processo di brasatura i pezzi metallici da trattare vengono uniti con l'aiuto di un metallo d'apporto fuso. I materiali di base, prima della giunzione, vengono bagnati senza che essi stessi vengano fusi. Oltre a ciò possono essere usati fondenti e/o gas di protezione per brasatura. Si distingue la brasatura dolce e la brasatura forte. Nella brasatura dolce le leghe sono costituite da stagno, zinco, cadmio e antimonio, un tempo anche da piombo. Nella brasatura forte le leghe sono costituite da rame e argento. I fumi della brasatura dipendono dai fondenti e dalle leghe utilizzate.

Taglio

In questo procedimento termico di taglio il materiale viene liquefatto da un getto di gas e tagliato. Esistono due procedimenti tecnici, in particolare la tecnica autogena per esempio l'ositaglio, e la tecnica di taglio con raggio luminoso come, per esempio, il taglio laser e il taglio al plasma. Nella procedura di taglio termico il fumo è costituito fondamentalmente dal materiale di base. Le singole particelle sono più grandi rispetto a quanto accade nella saldatura e solo in parte penetrano negli alveoli.

2. Le più importanti sostanze pericolose per la salute nella saldatura

Durante la saldatura, a seconda della procedura utilizzata, si liberano svariati fumi, polveri, vapori e gas contenenti diverse sostanze. Complessivamente nei fumi e nei gas si trovano circa 40 sostanze chimiche. Le sostanze nocive originano dallo stesso materiale lavorato che permane nell'aria in forma di particelle metalliche o derivati del metallo (per esempio ossidi), materiali d'apporto (elettrodi, elettrodi a bacchetta, piombo, polvere per saldatura, ecc.) oppure queste vengono asportate dalla ricopertura come lacche o rivestimenti metallici o detergenti. Va tenuto conto anche dei materiali di consumo (gas combustibili, gas protettivi, fondenti ecc.).

Fumo

La fonte più importante del fumo di saldatura è rappresentata dalle sostanze aggiuntive. Il fumo si forma da un lato con la condensazione e l'ossidazione dei metalli nella fase di vapore, e dall'altro in seguito a una combustione incompleta di materiali organici come il materiale d'apporto o il rivestimento.

Gas e vapori

Sostanze nocive gassose originano dai gas combustibili, dall'aria, dai materiali di rivestimento o dalle impurità. Esempi di sostanze nocive gassose sono l'ozono, il monossido di carbonio, l'ossido di azoto, l'acido cloridrico o l'aldeide. Dei gas va anche considerato il rischio di incendio ed esplosione, così come il rischio di intossicazione da biossido di carbonio, ossido d'azoto o argon.

Polveri

Le singole particelle nella saldatura, nel taglio e nella brasatura hanno un diametro da 0,01 fino a 1 µm e pertanto possono raggiungere gli alveoli (**frazione alveolare della polvere**). I saldatori, rispetto ad altri gruppi professionali, sono più fortemente esposti a tali particelle, in particolare quelle con diametro <0,1 µm (particelle ultrafini). Le particelle, solitamente, sono più piccole nei lavori di saldatura rispetto a quelli di taglio. Un'eccezione è rappresentata dai procedimenti di taglio con laser nei quali si formano soprattutto particelle ultrafini.

Una piccola parte dei fumi da saldatura è composta, in forma agglomerata, dalla frazione di polvere inalabile. Nelle procedure di taglio termico o spruzzatura a caldo, per esempio, si possono formare queste grandi particelle con granulometria fino a 100 µm.

Il carico di polveri nella saldatura dipende da fattori specifici per procedura e materiale: la saldatura con elettrodi a bacchetta (barretta) mostra il più alto tasso di emissione rispetto a tutte le procedure di saldatura, la saldatura WIG e quella al plasma mostrano il livello più basso di liberazione di fumi. Tramite adeguate misure di igiene del lavoro, come le apparec-

chiature di aspirazione, l'esposizione ai fumi può essere fortemente ridotta [Pesch: studio WELDOX].

Nella tabella 1 si trova una classificazione delle più importanti sostanze nocive che si liberano nelle singole procedure.

Procedimento	Materiale di base	Componenti conduttori	
LBH (saldatura a elettrodo rivestito)	<ul style="list-style-type: none"> - Massimo tasso di emissione rispetto a tutti i procedimenti di saldatura - Il 95% del fumo di saldatura origina dal materiale d'apporto - Composto da ossidi (Fe, Mn, Na, K, Si, Ca, Cr, Ni, Mg, Ti) e fluoruri 		
	non legati/debolmente legati	Frazione alveolare della polvere	
	Cromo-Nichel-Acciaio	Frazione alveolare della polvere Composti del Ni (insolubili) Composti del Cr(VI)	
	Ghisa	Frazione alveolare della polvere Composti del Ni (insolubili)	
MAG (saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo)	<ul style="list-style-type: none"> - Meno fumo rispetto a LBH - Composto soprattutto da ossidi di ferro; negli acciai molto legati, inoltre, anche da ossidi di nichel e ossidi di manganese e Cr(III) - Gas: monossido di carbonio ed eventualmente ozono 		
	non legati/debolmente legati	Frazione alveolare della polvere Manganese Eventualmente CO	
	Cromo-Nichel-Acciaio	Frazione alveolare della polvere Composti del Ni (insolubili) Composti del Cr(VI)	
MIG (Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte)	<ul style="list-style-type: none"> - Meno fumo rispetto a LBH - Ozono in alcuni materiali di alluminio - Attenzione: Cr e Ni in materiali aggiuntivi molto legati 		
	non legati/debolmente legati	Frazione alveolare della polvere Eventualmente Cu	
	Cromo-Nichel-Acciaio,	Frazione alveolare della polvere	

	Nichel (leghe)	Composti del Ni (insolubili) Ozono	
	Materiali di alluminio	Ozono Frazione alveolare della polvere	
Saldatura WIG/TIG (saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno)	<ul style="list-style-type: none"> - Minore emissione di fumi rispetto a tutti i procedimenti di saldatura - Formazione di ozono nelle leghe Al-Si 		
	non legati/debolmente legati Materiali di alluminio	Ozono Frazione alveolare della polvere	
	Cromo-Nichel-Acciaio, Nichel (leghe)	Ozono Composti del Ni (insolubili)	
Saldatura e taglio al plasma	<ul style="list-style-type: none"> - Scarsa formazione di fumo nella saldatura (come per il procedimento WIG), elevata emissione di particolato nel taglio - Eventuale formazione di cromati e ossidi di azoto 		
	non legati/debolmente legati	Frazione alveolare della polvere Eventualmente biossido di azoto	
	Cromo-Nichel-Acciaio, Nichel (leghe)	Frazione alveolare della polvere Composti del Ni (insolubili) Biossido di azoto	
	Materiali di alluminio	Ozono Frazione alveolare della polvere	
Saldatura e taglio laser	<ul style="list-style-type: none"> - Sviluppo di fumo nella saldatura come per il procedimento MAG; nel taglio ugualmente possibili elevate quantità di polvere - Formazione di particelle di Zn nell'acciaio zincato - Ossidi di Co nelle leghe del cobalto, ossidi di Cu e Al nelle sostanze di bronzo-alluminio - Attenzione: irradiazione 		
	non legati/debolmente legati Acciaio zincato	Frazione alveolare della polvere Zinco	
	Cromo-Nichel-Acciaio, Nichel (leghe)	Frazione alveolare della polvere Composti del Ni (insolubili)	

Saldatura per resistenza a punti	Nelle lamiere ingrassate o rivestite possibili grandi quantità di fumi (sostanze organiche)		
	Diversi	Frazione alveolare della polvere Eventualmente Cu	
Saldatura a gas Riscaldamento alla fiamma (procedimento autogeno)	<ul style="list-style-type: none"> - Solitamente ridotto sviluppo di polvere (<1 mg/s) - Attenzione: materiali di lavoro in rame, parti zincate e trattate al cadmio, parti rivestite di coloranti e plastiche 		
	Ferro e acciaio	Biossido di azoto	
Ossitaglio (procedimento autogeno)	- Importante sviluppo di fumo e polvere		
	Ferro e acciaio	Frazione alveolare della polvere Biossido di azoto	
Brasatura			
	A seconda del tipo di piombo e fondente	Frazione alveolare della polvere Biossido di azoto (brasatura alla fiamma) (Pb, Cd, Cu, Ni, Sn, Zn, aldeide, colofonia, cloruro, fluoruro, ecc.)	

Tabella 1 Tecniche di saldatura e fumi e gas che si sviluppano

La Tabella 2 fornisce una panoramica dei valori limite delle più importanti sostanze che si formano durante la saldatura.

Sostanza	Formula	Valore MAC		Valore limite per esposizioni di breve durata	
		ml/m ³ (ppm)	mg/m ³		
Valore limite per le polveri (polveri inerti)			3	a	no
Ossido di alluminio - fumo	Al ₂ O ₃		3	a	sì
Composti del bario, solubili	Ba		0,5	e	sì
Piombo e suoi composti	Pb		0,1	e	sì
Ossido di cadmio	CdO		0,002	a	no
Ossido di calcio	CaO		2	e	sì
Cromo (metallo e composti del cromo III)	Cr		0,5	e	
Composti del cromo VI	Cr (VI)		0,05	e	no
Cobalto e composti del cobalto	Co		0,1	e	no
Ossidi ferrosi	Fe ₂ O ₃		3	a	no
Formaldeide	CH ₂ O	0,3	0,37		sì
Anidride carbonica	CO ₂	5000	9000		no
Monossido di carbonio	CO	30	35		sì
Rame e suoi composti inorganici	Cu		0,1	e	sì
Manganese e suoi composti inorganici	Mn		0,5	e	no
Nichel (metallo, leghe)	Ni		0,5	e	no
Composti del nichel, insolubili	NiO (tra gli		0,05	e	no
Ozono	O ₃	0,1	0,2		sì
Fosgene	COCl ₂	0,01	0,41		sì
Biossido di azoto	NO ₂	3	6		sì
Ossido di azoto	NO	25	30		no
Ossido di zinco (fumo)	ZnO		3	a	sì
Composti di zinco, inorganici	Sn		2	e	sì
a: Frazione alveolare della polvere					
e: Frazione inalabile della polvere					

Tabella 2 Elenco dei più importanti valori MAC secondo la lista dei valori limite (edizione 2013) [numero d'ordine 1903].

Frazione alveolare della polvere (in precedenza detta polvere fine) = globalità delle particelle nell'aria inspirata che possono raggiungere gli alveoli polmonari.

Frazione inalabile della polvere (in precedenza detta polvere totale) = globalità delle particelle nell'aria inspirata che possono essere inalate tramite bocca e naso.

3. Malattie a seconda della sostanza pericolosa

In Tabella 3 si trova un elenco delle più importanti sostanze pericolose che si riscontrano nella saldatura con le possibili conseguenze sulla salute da loro indotte. I problemi sulla salute possono essere indotti dalla stessa sostanza o da un composto di questa (per esempio un ossido); nella tabella questo fatto non viene differenziato.

Sostanza	Affezioni più importanti
Alluminio	Alluminosi
Piombo	Tossicità relativa a sangue, sistema nervoso, reni, apparato digerente e riproduttivo
Cadmio	Lesioni polmonari, polmonite tossica (cancro del polmone?)
Cromo (III)	Irritazione delle mucose
Cromo (VI)	Tumori del naso, cancro del polmone, sensibilizzazione (dermatite)
Cobalto	Sensibilizzazione (asma), polmonite, alveolite
Isocianati	Asma
Rame	Febbre da inalazione di fumi metallici, irritazioni delle vie aeree
Fluoro	Fluorosi, lesioni renali
Ferro	Siderosi (polmone del saldatore), siderofibrosi
Monossido di carbonio	Sintomi a livello del SNC, intossicazione in caso di alte concentrazioni, sintomi cardiovascolari
Magnesio	Febbre da inalazione di fumi metallici
Manganese	Sintomi a livello del SNC, parkinsonismo (manganismo), infiammazione delle vie aeree
Molibdeno	Irritazione delle vie aeree
Nichel	Sensibilizzazione, cancro delle vie aeree
Ozono	Irritazione delle vie aeree
Fosgene	Irritazione delle vie aeree, edema polmonare
Biossido di azoto (Gas nitrosi)	Irritazione delle vie aeree, bronchiolite, edema polmonare
Vanadio	Irritazione delle vie aeree
Zinco	Febbre da inalazione di fumi metallici, neurotossicità
Stagno	Stannosi, neurotossicità

Tabella 3 Sostanze pericolose più importanti e problemi sanitari che possono essere causati dalle stesse o dai loro composti

Ferro

Il fumo di ferro può irritare le vie aeree. Dopo un'esposizione intensa per lungo tempo può verificarsi una siderosi o una siderofibrosi polmonare. La **siderosi** polmonare viene anche definita "polmone del saldatore". In questo caso le particelle di ossido di ferro, prevalentemente inerti, dopo l'inalazione vengono depositate nei tessuti interstiziali e si accumulano nei macrofagi ("tatuaggio da ferro"). Si trovano depositi di ferro soprattutto attorno ai bronchi, ai vasi polmonari e nei linfonodi broncopolmonari. A livello radiografico questi depositi appaiono come ispessimenti distribuiti in modo disseminato e reticolare, con un aspetto che va dal puntiforme fino al nodulare. Le alterazioni osservate con la TC assomigliano a quelle che si possono osservare nei fumatori. Questa alterazione pare associata a una elevata esposizione al fumo di saldatura e diventa visibile solo dopo circa cinque anni di esposizione, mentre la frequenza aumenta con gli anni, soprattutto per le attività di lunga durata [McMillan].

Se oltre ai depositi di ossido di ferro è presente anche una fibrosi, si parla di **siderofibrosi**. A volte si osserva anche un'inflammatione associata. La siderofibrosi viene classificata nei gradi da I a III secondo Müller e Verhoff a seconda dell'entità dei depositi, della fibrosi e dell'inflammatione [Müller]. Le alterazioni fibrotiche compaiono con la maggior frequenza in chi effettua saldature con elettrodo a bacchetta, in quanto questa procedura ha il più alto tasso di emissioni. Nell'area linguistica anglo-americana in questi casi si parla di "*Arc Welder's Lung*". La presenza di ozono (nella saldatura di materiali a base di alluminio e acciaio temprato) o ossidi di azoto (nella saldatura con fiamma a gas) aumenta l'effetto fibrotico del fumo di saldatura.

Le semplici siderosi solitamente non causano limitazioni della funzione polmonare e hanno una progressione minima o nulla. Queste non posseggono quindi alcun valore di malattia. Una siderofibrosi viene riconosciuta come malattia professionale con un'adeguata valutazione dell'anamnesi lavorativa e dei reperti clinici in caso di attività per anni come saldatore e presenza delle relative condizioni quali situazioni di scarsa aerazione in cantine, tunnel, contenitori, cisterne.

Manganese

Il manganese e i suoi composti inorganici in caso di inalazione hanno un effetto tossico sui polmoni e sul sistema nervoso centrale. Nelle fasi iniziali di un'intossicazione da manganese prevalgono l'insonnia, l'instabilità emotiva, i disturbi della memoria, la cefalea, i crampi muscolari o effetti neurologici subclinici come un'alterazione del *finger tapping* (atto di sollevamento e abbassamento di un dito). Dopo l'inalazione di polveri contenenti manganese nei polmoni si può verificare una reazione infiammatoria con bronchite o polmonite.

In caso di esposizione cronica al manganese, questo metallo di transizione si accumula nel tronco encefalico e nei gangli della base. In questa sede altera il sistema dopaminergico e causa un parkinsonismo (**manganismo**), tuttavia sovente non vengono soddisfatti i criteri per una vera sindrome di Parkinson [Racette]. Il ferro utilizza in parte le stesse vie di trasporto del manganese (transferrina), per cui viene discusso l'effetto protettivo di un livello marziale sufficientemente alto nel sangue.

Una metanalisi pubblicata nel 2009 ha studiato la relazione tra la concentrazione di polvere di manganese e l'intensità dell'effetto (nel caso concreto il *finger tapping*), per calcolare un rapporto dose-effetto [Meyer-Baron]. Un simile rapporto potrebbe, per esempio, essere utilizzato per il calcolo di un valore limite. La linea di regressione calcolata in questa analisi ha tuttavia mostrato un piccolo margine di adattamento e la pendenza della retta non risultava significativamente diversa da 0; ciò significa che non è stata osservata un'associazione certa tra concentrazione di polvere e intensità dell'effetto.

In caso di esposizione al manganese, come è il caso soprattutto nella saldatura MAG, l'accertamento più importante nell'ambito del monitoraggio biologico è la determinazione della concentrazione di manganese nel sangue [Plitzko]. Lo studio sul manganese di Heidelberg [Lischka] ha mostrato che con valori ematici inferiori al valore BAT di 20 µg/l non sono presumibili effetti neurotossici.

Nichel

Il disturbo di salute più frequente indotto dal nichel è la dermatite da contatto. Si tratta di una sensibilizzazione di tipo tardivo (reazione di tipo IV) e può comparire dopo un contatto di lunga durata con il nichel. Ne è colpito il 10-20% della popolazione totale; le donne si sensibilizzano più spesso rispetto agli uomini.

Nei lavori di saldatura, al contrario, non c'è un contatto con la cute ma soprattutto un'assunzione inalatoria di nichel. In questo caso è particolarmente tossico il tetracarbonilnichel, $Ni(CO)_4$, che si forma con la reazione tra nichel e monossido di carbonio. Dopo l'assunzione inalatoria di tetracarbonilnichel si possono verificare cefalea, nausea, cianosi, debolezza, febbre e polmonite.

In seguito all'esposizione a composti del nichel è stato osservato un aumento del tasso di cancro di cavità nasali e seni paranasali e delle basse vie aeree (laringe compresa). Il meccanismo non dovrebbe essere direttamente genotossico, fatto che fa pensare all'esistenza di una concentrazione soglia in rapporto all'effetto cancerogeno. I composti del nichel, nella lista svizzera dei valori limite, sono classificati nella classe 1 di cancerogenicità, ciò significa che l'effetto cancerogeno è sufficientemente dimostrato con studi clinici sugli esseri umani. Secondo lo IARC, tuttavia, negli esseri umani questa forza probante vale soltanto per il solfato di nichel e per solfuro e ossido di nichel. Il nichel metallico è stato classificato nella categoria 3 di cancerogenicità, ciò significa che in base ad adeguate sperimentazioni sugli animali esi-

stono indizi per un effetto cancerogeno, ma che le informazioni per una decisione non sono sufficienti. Si parlerà nel dettaglio dei tumori maligni nella sezione 4.

Cromo

Nel fumo di saldatura dell'acciaio inossidabile e altre leghe contenenti cromo e materiali d'apporto sono presenti cromo (VI) e cromo (III). Il cromo (III) ha una minore importanza tossicologica rispetto al cromo (VI). Il primo è corrosivo e può causare ulcerazioni croniche dopo il contatto con il setto nasale e la cute e può inoltre scatenare reazioni cutanee allergiche di tipo IV o asma. Il cromo (VI) nella lista dei valori limite è classificato nella classe 1 di cancerogenicità (il cromo (III) e il cromo metallico non sono cancerogeni). Il cromo (VI) aumenta il rischio di cancro del polmone e probabilmente di cancro delle cavità nasali e dei seni paranasali, come è stato osservato in particolare nei lavoratori addetti alla galvanizzazione e alla cromatura e anche alla produzione di cromati e pigmenti cromati. In una metanalisi sul rapporto tra esposizione ai composti del cromo (VI) e rischio di carcinoma bronchiale nei lavoratori esposti è stato calcolato un SMR (*Standardized Mortality Ratio*) rispettivamente di 1.41 e 1.12 dopo la correzione per l'abitudine al fumo [Cole]. La presenza di una concentrazione soglia è in discussione.

Piombo

Un tempo sono state utilizzate vernici e lacche contenenti piombo, oggi proibite secondo l'ORRPChim, così come vernici e lacche contenenti cadmio. Peraltro, in alcuni contesti, sono ancor sempre utilizzate leghe contenenti piombo. Il piombo può causare danni al sistema nervoso. Se viene colpito il sistema nervoso centrale, si possono osservare sintomi sotto forma di sindrome neurastenica. In questo caso, tuttavia, sono necessarie esposizioni elevate per tempi lunghi che oggi non si verificano praticamente più. Se perdura l'esposizione possono comparire anche disturbi al sistema nervoso periferico. Un esempio noto di questa tossicità è la mano cadente nel saturnismo. Altri quadri clinici sono le anemie con colorazione basofila degli eritrociti, alterazioni del metabolismo delle porfirine con aumento di acido delta-aminolevulinico e coproporfirina nell'urina o alterazioni funzionali tubulari renali con microproteinuria e alterazioni del sistema riproduttivo [pubblicazione della Suva sul piombo].

Rame

I più frequenti problemi di salute associati agli effetti del rame sono i disturbi gastroenterici e le lesioni epatiche dopo la ingestione, per esempio nelle bevande che sono state conservate in vasi che rilasciano rame.

Nei saldatori, dopo l'esposizione a fumi di rame, sono state osservate irritazioni delle vie aeree e febbre da inalazione di fumi metallici, che si manifesta con iperpiressia, cefalea, secchezza delle fauci e della gola con gusto metallico, nausea e dispnea. La febbre da inalazione

di fumi metallici inizia alcune ore dopo l'esposizione per terminare dopo 1-2 giorni. Verrà descritta nei particolari nella sezione 4.

Zinco

L'ossido di zinco si forma, per esempio, durante la saldatura di metallo galvanizzato. Dopo l'inalazione di ossido di zinco (e altri composti dello zinco) può comparire una febbre da inalazione di fumi metallici. Un eccesso di zinco nel cervello esercita un effetto dannoso sui neuroni. Dopo l'ingestione di zinco si possono avere disturbi gastroenterici come vomito o lesioni pancreatiche (danni alle cellule beta o fibrosi) o si possono verificare effetti tossici cerebrali. Lo zinco, inoltre, inibisce l'assorbimento del rame nell'intestino e può causare una carenza del rame stesso.

Stagno

Lo stagno e i suoi composti inorganici possono essere presenti nei metalli (leghe) d'apporto e sono relativamente poco tossici. Un'inalazione cronica può portare alla cosiddetta stannosi, una pneumoconiosi benigna. Dopo l'ingestione si può verificare una gastroenterite acuta. Alcuni composti organici dello stagno (trietil- e trimetilstagno) sono neurotossici e, in elevata concentrazione, causano encefalopatie ed edema cerebrale. Il tributilstagno può causare irritazioni o ustioni cutanee.

Cadmio

Il cadmio un tempo era un componente di alcuni metalli (leghe) d'apporto, ma oggi, a norma dell'ORRPChim, è vietato. La tossicità dipende dal tipo di composto del cadmio. Il cloruro, l'ossido e il carbonato di cadmio sono più tossici del solfuro di cadmio. Un'esposizione di lunga durata al cadmio può causare lesioni polmonari ostruttive e danni renali con conseguente osteoporosi. Un'esposizione a fumi di saldatura contenenti cadmio può causare irritazioni polmonari con decorso grave. Il cadmio e i suoi composti appartengono alla categoria 2 di cancerogenicità secondo la lista svizzera dei valori limite, ciò significa che questa sostanza dovrebbe essere considerata cancerogena. È in discussione il fatto che il cadmio aumenti il rischio di cancro del polmone e parimenti viene discussa un'associazione con il cancro renale e pancreatico.

Alluminio

Dopo un'esposizione a concentrazioni elevate e per molti anni a fumi di saldatura contenenti alluminio si può sviluppare una pneumoconiosi detta alluminosi. Mentre l'alluminio si è dimostrato neurotossico negli esperimenti sugli animali, portando alla deposizione dei cosiddetti "*neurofibrillary tangles*" nei neuroni, il significato di questa neurotossicità negli esseri umani non è chiaro. I *neurofibrillary tangles* compaiono anche nella malattia di Alzheimer, tuttavia

esistono poche evidenze riguardo al ruolo causale dell'alluminio in questa demenza [Casarett]. È parimenti controverso il ruolo dell'alluminio in altri disturbi cognitivi.

Ozono

L'ozono si forma a partire dall'ossigeno con la radiazione UV dell'arco elettrico, per esempio nelle procedure di saldatura MIG, WIG e ad arco al plasma. L'ozono può causare secchezza delle mucose, cefalea, infiammazione delle basse vie aeree e quindi bronchite, asma, edema o fibrosi polmonare. L'effetto cancerogeno è in discussione, tuttavia al momento mancano dati per una valutazione definitiva. Nella lista svizzera dei valori limite, perciò, l'ozono è classificato nella categoria 3 delle sostanze cancerogene.

Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio si forma dalla combustione incompleta di gas combustibili, fondenti e rivestimenti. Esso causa cefalea, vertigini e nausea. Dato che è inodore, inavvertito e ad alte concentrazioni in ambienti chiusi, può portare a morte per intossicazione.

Ossidi di azoto (gas nitrosi)

Essi si formano dall'ossidazione dell'azoto nell'aria ai margini della fiamma o dell'arco elettrico. A temperature superiori a 1000°C si forma prima di tutto monossido di azoto che, a temperatura ambiente, si ossida a biossido di azoto. Il biossido di azoto, come l'ozono, può causare secchezza delle mucose, cefalea, infiammazione delle basse vie aeree, edema e fibrosi polmonare.

Altre sostanze

Ulteriori possibili sostanze nocive sono i fluoruri, il fosgene, il vanadio e le aldeidi di materiali di rivestimento, ingrassanti e sgrassanti, ma anche gli isocianati durante la termodegradazione delle lacche poliuretatiche. Nel trattamento delle superfici di un pezzo tramite sabbiatura possono essere rimossi ruggine, sporcizia, colori e altre impurità. Durante queste attività, a seconda del metodo, si può verificare un'esposizione ai silicati che possono ugualmente portare a infiammazione e fibrosi del parenchima polmonare.

4. Malattie secondo sistema organico e quadri patologici

Vie aeree

Secondo un'indagine dell'Istituto di ricerca delle associazioni di categoria per la medicina del lavoro di Bochum (*Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin*) non si può presumere in generale una relazione causale tra saldatura e patologie delle vie aeree, ma questa deve essere valutata individualmente caso per caso [Wieners]: sono cioè da considerare l'anamnesi lavorativa, la visita clinica, le condizioni sul posto di lavoro e altri fattori. Nell'esposizione al fumo di saldatura a volte si può osservare una riduzione temporanea dei parametri di funzionalità polmonare durante i giorni lavorativi. Nei giorni senza esposizione, tuttavia, queste riduzioni sembrano scomparire [Antonini, Beckett].

L'esposizione a fumo e gas di saldatura (vedi per esempio l'ozono) può causare **irritazioni** delle alte e basse vie aeree. In questo caso sono colpiti soprattutto i saldatori che lavorano con acciaio galvanizzato e senza ruggine (contenente anche cromo). Il cadmio può indurre irritazioni particolarmente gravi.

Il rischio di contrarre una **bronchite cronica**² è massimo nei lavori con acciaio galvanizzato e senza ruggine. Nuovi grandi studi (ECRHS II o RHINE) hanno mostrato tassi di rischio tra 1,4 e 2,1, a seconda del procedimento di saldatura ed entità di esposizione [Lillienberg, Holm]. La frequenza di una bronchite cronica nei fumatori che lavorano come saldatori, inoltre, sembra essere maggiore rispetto ai fumatori che non fanno lavori di saldatura [Tarlo].

Gli studi forniscono risultati disomogenei sull'associazione tra **asma** e saldatura. Ciò non deve sorprendere, dato che per l'asma sono noti diversi meccanismi e agenti scatenanti. Diversi studi sembrano poter stabilire una relazione [Bakerly, Banga, El-Zein] e una revisione pubblicata di recente ritiene che al fumo di saldatura vada il più alto grado di evidenza come fattore causale per l'asma o anche per la BPCO [Baur]. Lo studio ECRHS II, al contrario, è giunto alla conclusione che la saldatura non è associata a un aumento della prevalenza di sintomi asmatici (in questo studio basato sulla popolazione, tuttavia, non erano stati arruolati solo saldatori ma anche lavoratori che non effettuavano lavori di saldatura come occupazione principale) [Lillienberg]. In ogni caso un'asma si può manifestare in caso di sensibilizzazione specifica verso una sostanza (per esempio Cr(VI) o Ni) presente nel fumo di saldatura con un'esposizione molto intensa per un breve periodo nell'ambito di una cosiddetta "*reactive airways dysfunction syndrome*" e forse anche con esposizioni ripetute, ma di intensità media, sotto forma di asma irritativa. Se nel caso in questione si osserva un'asma è necessario considerare in particolare una possibile sensibilizzazione verso nichel o cromo. Eventualmente va preso in considerazione un test di broncoprovocazione specifica o la determinazione seriale dei picchi di flusso.

² La bronchite cronica è una diagnosi clinica e richiede la presenza di una tosse produttiva per quattro o più giorni alla settimana per tre o più mesi all'anno per almeno due anni consecutivi. L'agente scatenante più frequente della bronchite cronica è il fumo di sigaretta.

È noto che alcuni metalli come il cadmio possono causare lesioni polmonari di tipo ostruttivo. Un rapporto causale tra l'esposizione al fumo di saldatura e la comparsa di una **BPCO** non ha tuttavia potuto essere dimostrato in modo conclusivo, nonostante la plausibilità delle limitate evidenze disponibili in diversi studi. Un nuovo lavoro di revisione e metanalisi di studi longitudinali nei saldatori ha mostrato che nei saldatori si osserva di fatto una maggiore perdita di funzione polmonare per anno, rispetto ai lavoratori senza esposizione al fumo di saldatura, ma che questo effetto non è statisticamente significativo e soprattutto aumenta molto in caso di contemporanea abitudine al fumo di sigaretta [Szram]. In uno studio di coorte pubblicato in Francia nello stesso anno per mezzo di una matrice di esposizione è stata valutata l'esposizione al fumo di saldatura nei lavoratori manuali. La funzione polmonare basale di quei lavoratori con esposizione professionale al fumo di saldatura era inferiore rispetto a quella dei lavoratori senza detta esposizione. La velocità della perdita della funzione polmonare, tuttavia, nei lavoratori con esposizione al fumo di saldatura, non era significativa benché fosse maggiore. In questo studio, però, nei non-fumatori si è osservato un rapporto esposizione-effetto in relazione alla riduzione del valore di FEV1 [Thaon]. L'abitudine al fumo è il fattore di rischio più importante per la BPCO. Per questo motivo nei fumatori, nel singolo caso, è difficile se non impossibile differenziare la quota di esposizione professionale al fumo di saldatura da quella del fumo di sigaretta nella genesi di una BPCO. Di solito la gravità di una BPCO in persone che non hanno mai fumato è meno marcata.

Dopo un'esposizione di breve durata e intensa a gas e fumi di saldatura contenenti ferro si può verificare il cosiddetto **polmone del saldatore** che è una pneumoconiosi (si veda la sezione "Ferro"). Nel polmone del saldatore si verifica una *siderosi*, ovvero un deposito inerte di particelle di ossido di ferro nei tessuti interstiziali e nei macrofagi ("tatuaggio da ferro"). In caso di deposito di stagno si parla di **stannosi**, mentre una pneumoconiosi da alluminio è detta **alluminosi**.

Altre sostanze lesive per i polmoni sono l'ossido di azoto e l'ossido di cadmio che, in caso di esposizione intensa, possono causare una **polmonite tossica** ed **edema polmonare** [per esempio Erkinjuntti o Wieners], o il tetracarbonilnicel, in relazione al quale sono state descritte **polmoniti**.

L'inalazione di fumo di saldatura pare esercitare un effetto sul sistema immunitario. L'esposizione sembra avere un effetto negativo su gravità e decorso temporale delle **infezioni** delle alte e delle basse vie aeree [Zeidler]. Alcuni studi caso-controllo in Inghilterra hanno mostrato che i saldatori hanno un aumento del rischio di ammalarsi e di morire di polmoniti gravi [Palmer]. L'esposizione ai fumi di saldatura nei 12 mesi precedenti comportava un OR di 2.3 (IC 95%: 1.2-4.3) [Palmer]. Il rischio, tuttavia, sembra essere più alto solo nei lavoratori che praticano attualmente la saldatura e si riduce di nuovo dopo la fine dell'attività di saldatore. Per quanto riguarda il **cancro del polmone**, questo verrà trattato nella sezione "Neoplasie maligne".

Sistema nervoso

Un'esposizione di lunga durata a metalli come manganese [Lischka, Plitzko, Meyer-Baron] o piombo [Pletscher] può portare a deficit neurologici e neuropsicologici. Anche l'ossido di zinco e alcuni composti dello stagno sono lesivi per le cellule nervose. Al contrario, per quanto riguarda la neurotossicità negli esseri umani, il ruolo dell'alluminio non è stato chiarito definitivamente.

Il cosiddetto manganismo è stato studiato in modo particolarmente approfondito in quanto esso è stato inizialmente osservato nei saldatori. All'inizio di un'intossicazione da manganese i sintomi più frequenti sono insonnia, instabilità emotiva, disturbi della memoria, cefalea o crampi muscolari. Successivamente possono aggiungersi sintomi di parkinsonismo a causa dell'alterazione del sistema di trasmissione nervosa dopaminergica. Tuttavia, di solito non è presente una vera sindrome parkinsoniana. Alle valutazioni neuropsicologiche, per esempio, sono state descritte alterazioni dell'apprendimento verbale, della memoria di lavoro e della flessibilità cognitiva [Bowler].

Anche se nel fumo di saldatura possono essere presenti i metalli qui citati, in uno studio recentemente pubblicato sulla correlazione esposizione-effetto non è stata dimostrata alcuna neurotossicità clinica della saldatura [Ross]. A questo studio hanno partecipato 352 saldatori e 361 subacquei che effettuavano lavori di saldatura.

Febbre da inalazione di fumi metallici (febbre del saldatore)

Metalli come lo zinco o il rame e loro composti possono scatenare la cosiddetta febbre del saldatore o da inalazione di fumi metallici [per esempio 20]. Si tratta di una reazione infiammatoria sistemica dell'organismo con aumento di diversi indici di infiammazione (leucociti, PCR) e contemporanea riduzione del fibrinogeno [Kim]. Gli studi più datati avevano mostrato che fino a un terzo dei saldatori aveva sofferto di questi sintomi nel corso della loro attività professionale [McMillan].

I sintomi iniziali sono l'irritazione del cavo orale e della faringe seguita da cefalea e dolori muscolari simil-influenzali, febbre, nausea o tosse irritativa. Tipicamente all'esame radiologico dei polmoni non sono visibili alterazioni. I sintomi scompaiono nel giro di uno o due giorni. Non raramente un'esposizione ai fumi di saldatura porta a una discreta tolleranza, che dopo pochi giorni senza esposizione scompare nuovamente. I sintomi possono anche manifestarsi in modo più intenso all'inizio della settimana lavorativa e ridursi nei giorni successivi, motivo per cui la febbre da inalazione di fumi metallici nelle nazioni anglosassoni a volte è stata anche definita "*monday morning fever*". Solitamente non compaiono esiti a lungo termine.

Neoplasie maligne

Alcune sostanze nel fumo di saldatura sono cancerogene, come per esempio il cromo (VI) o alcuni sali di nichel, in particolare l'ossido e il solfuro di nichel. Queste, nella lista svizzera dei valori limite, sono classificate nella categoria C1 delle sostanze di cui è noto l'effetto cancer-

geno. Esse possono aumentare il rischio di cancro delle cavità nasali e dei seni paranasali, della laringe o delle basse vie aeree [Balindt, Grimsrud, IIW, Moulin]. Il ruolo cancerogeno del cadmio che, allo stesso modo, può trovarsi nel fumo di saldatura non è completamente chiarito, motivo per cui esso nella lista svizzera dei valori limite è stato classificato nella classe 2 di cancerogenicità. Allo stesso modo, nell'esposizione al fumo di saldatura, vengono discusse come meccanismo di lesione la presenza di un'inflammatione cronica del parenchima polmonare e la produzione di radicali di ossigeno (*oxidizing species*) [Tarlo].

Il rischio di cancro al polmone nei saldatori secondo le metanalisi più attuali è superiore a quello della popolazione generale con un valore di 1,26 [Ambroise]. L'aumento del rischio potrebbe essere ricondotto prima di tutto ai composti del cromo (VI) e ai sali di nichel presenti nel fumo di saldatura, anche se ciò, in questo stesso studio, non ha potuto essere dimostrato direttamente. Il rischio, che deriva esclusivamente dai composti del cromo (VI), espresso come SMR (*Standardized Mortality Rate*), ha un valore di 1,41 o di 1,12 dopo la correzione per l'abitudine al fumo [Cole]. Per i sali di nichel, che aumentano ugualmente il rischio di cancro del polmone, non è noto alcun valore di *risk ratio*.

Dato che i composti del nichel e del cromo (VI) sono sostanze presenti nella lista a norma dell'art. 9.1 LAINF, la componente causale rappresentata da una delle due sostanze in un caso di cancro del polmone deve ammontare almeno al 50%. Questo corrisponde a un rischio relativo di 2, che secondo le conoscenze attuali non viene raggiunto. Perciò, in caso di diagnosi di cancro del polmone dopo esposizione a composti di nichel o cromo (VI), non viene solitamente ammesso il riconoscimento di una malattia professionale. Ogni singolo caso, tuttavia, deve essere valutato in modo individuale considerando l'anamnesi lavorativa (utilizzo di fili di saldatura, *arcing time/trigger time*), esami clinici, condizioni riscontrate sul posto di lavoro (per esempio campionamento del personale o misurazioni dell'aria ambientale) e altri fattori (per esempio sincarcinogenesi in associazione con amianto). Va inoltre tenuto conto che per i tumori solidi del polmone è di regola presente un tempo di latenza di almeno 10 anni fino a un massimo di 50 anni [HSL].

Occhi

L'arco elettrico e la fiamma di saldatura producono radiazioni ottiche nel campo dell'infrarosso fino all'ultravioletto. L'intensità dipende, tra l'altro, dal procedimento utilizzato, dal gas protettivo e dal materiale in lavorazione. Quindi, in caso di misure di protezione carenti, o a causa di riflessi, si possono avere lesioni corneali. A rischio non è soltanto il saldatore ma lo sono anche le persone che si trovano nelle vicinanze. L'irradiazione ultravioletta può causare un'inflammatione congiuntivale e corneale (cheratocongiuntivite fotoelettrica). Questo "abbagliamento del saldatore" compare alcune ore dopo la saldatura e scompare senza reliquati sospendendo l'esposizione dopo uno o due giorni. L'irradiazione infrarossa della saldatura può causare alterazioni associate al calore.

Ulteriori lesioni degli occhi possono essere causate da gas, fumi, scintille, ecc. che colpiscono direttamente gli occhi non protetti.

Cute

La luce ultravioletta presente nella saldatura ad arco elettrico e a fiamma, può causare una dermatite da UV ("ustione solare") delle zone di cute non protetta come collo o avambracci. Dopo diversi anni di saldatura sono state descritte anche alterazioni cutanee croniche. Ulteriori informazioni sui danni cutanei da UV si possono trovare nella pubblicazione della Suva "Berufliche Hautkrankheiten" (Fr.: "Les dermatoses professionnelles") [Rast].

Scintille, scorie, parti metalliche incandescenti o anche esplosioni o incendi possono causare ustioni, in particolare a mani e viso.

In caso di sviluppo di allergie verso sostanze utilizzate sul posto di lavoro (per esempio contatto con lubrificanti) e a causa del frequente lavaggio delle mani possono comparire eczemi cutanei.

Vibrazioni

Spesso i lavoratori che effettuano lavori di saldatura utilizzano anche apparecchiature vibranti per pulire o rettificare i pezzi [Parizek]. In caso di utilizzo per tempi lunghi di questi apparecchi possono comparire alterazioni sensoriali e vascolari delle dita nel contesto della sindrome di Raynaud.

Udito

A seconda della procedura di saldatura, del pezzo in lavorazione o dei parametri elettrici, l'esposizione al rumore è notevole e può superare il picco di rumore citato nella lista svizzera dei valori limite pari a L_{EX} 85 dB (A) [Ladou]. Questo è il caso in particolare per il taglio al plasma, le macchine ossitaglio, il riscaldamento alla fiamma oppure quando esistono contemporaneamente altre fonti di rumore in posti di lavoro adiacenti. Ulteriori informazioni sulla stima dell'esposizione al rumore sul posto di lavoro si trovano nelle tabelle del rumore della Suva e sul sito extra.suva.ch nella sezione "Rumore".

Campi elettromagnetici

Nella saldatura elettrica si formano campi elettrici e magnetici (EMF). Per quanto riguarda i rischi per la salute i campi elettrici sono trascurabili date le correnti relativamente basse. Al contrario i campi magnetici possono essere significativi a causa delle alte intensità di corrente. Correnti elevate fino a 750 A vengono utilizzate soprattutto nei procedimenti di saldatura ad arco elettrico MIG, MAG e WIG e nella saldatura a punti. I campi magnetici generano correnti nel corpo stesso perché influenzano le molecole cariche elettricamente. I fenomeni irritativi delle cellule muscolari e nervose o anche i cosiddetti fosfeni retinici sono effetti indesiderati diretti, scientificamente accertati, dei campi magnetici elevati. Questi sono fenomeni

luminosi percepiti soggettivamente che sono prodotti dall'irritazione elettrica delle cellule retiniche. Per la pratica in medicina del lavoro, invece, ha importanza la possibilità che venga esercitata un'influenza su pacemaker, defibrillatori impiantabili, neurostimolatori e altri dispositivi attivi.

Per impedire con certezza effetti disturbanti diretti, la Suva ha definito valori limite sul posto di lavoro per i campi magnetici [Gube]. Questi fanno riferimento ai "*reference levels*", che l'ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) ha definito e verificato regolarmente. Tuttavia un disturbo della funzione di dispositivi medici attivi è possibile anche nel rispetto dei valori limite sul posto di lavoro. Dato che le impostazioni di funzionamento (soprattutto la soglia di discriminazione elettrica) dei dispositivi medici attivi vengono adattate alle necessità dei singoli pazienti, il concetto di valore limite è poco significativo per la protezione del portatore del dispositivo; nei casi dubbi è necessaria una valutazione del posto di lavoro per effettuare un'analisi del rischio. Dato che l'esposizione a campi elettromagnetici secondo la tabella 1 della linea guida CFSL 6508 è definita come "pericolo particolare", il datore di lavoro in queste circostanze deve convocare medici del lavoro e altri esperti di sicurezza sul lavoro. Nella norma SN EN 50527-1:2010 viene definita la procedura secondo la quale dovrebbe essere effettuata la valutazione della possibile esposizione ai campi magnetici per le persone con dispositivi attivi. La SN-EN 50527-2.1 è la norma per la valutazione dei portatori di pacemaker. La EN 50505 è una norma internazionale specifica per la valutazione dell'esposizione a EMF di persone impiegate in lavori di saldatura.

Quelle che seguono sono possibili misure pratiche per la riduzione dell'esposizione ai campi magnetici durante la saldatura:

- scegliere correnti di saldatura possibilmente basse
- aumentare la distanza tra lavoratore e cavo di saldatura/fonte di corrente per la saldatura
- disporre il cavo di saldatura con andata e ritorno possibilmente vicine una all'altro
- attuare misure di schermatura
- evitare il più possibile di portare il cavo di saldatura sul corpo o sulla spalla
- definire e marcare le aree pericolose e limitare l'accesso ai portatori di dispositivi
- fornire informazioni accurate per i portatori di dispositivi in caso di posti di lavoro mobili.

Apparato riproduttivo

Esistono indizi che nei saldatori, in particolare di acciai altamente legati, possa comparire una limitazione dose-dipendente della qualità dello sperma, fatto che potrebbe portare ad alterazioni della fertilità [OSHA, Rom, IARC].

Apparato locomotore

Gran parte del lavoro di un saldatore è statica. A seconda dell'equipaggiamento, devono essere sorretti contemporaneamente il cannello e la visiera di protezione. A volte devono essere sollevate parti da lavorare pesanti. I problemi ergonomici dipendono anche dalla dimensione delle parti da lavorare: per i piccoli pezzi prodotti in serie possono essere utilizzati tavoli di lavoro; a questo proposito, per la lavorazione di pezzi più grandi, raramente sono disponibili posti di lavoro adattati secondo un concetto ergonomico. Negli spazi ristretti e per il lavoro da effettuare al di sopra del capo si producono allo stesso modo situazioni sfavorevoli con posizioni obbligate. Anche il procedimento di saldatura utilizzato influenza il carico dell'apparato locomotore. Nella saldatura con elettrodo a bacchetta questo deve essere sostituito dopo circa 2 minuti, fatto che rende poco ordinata l'attività di saldatura; negli altri procedimenti di saldatura (MIG/MAG), a questo proposito è possibile lavorare al pezzo per un tempo più lungo e quindi il carico di lavoro statico è maggiore.

5. Prevenzione nel settore della medicina del lavoro e monitoraggio biologico

Per la protezione dei lavoratori da sostanze pericolose per la salute sul posto di lavoro hanno la priorità le misure di igiene del lavoro. Queste, a seconda della situazione, possono essere integrate dalla prevenzione nel settore della medicina del lavoro [DGUV].

Misure di igiene del lavoro

Le misure di igiene del lavoro vanno programmate e realizzate secondo il principio STOP: S (Sostituzione), T (misure Tecniche), O (misure Organizzative), P (misure Personali). Questo principio viene spiegato in dettaglio nella pubblicazione della Suva "Saldatura e taglio".

Prevenzione nel settore della medicina del lavoro

La prevenzione nel settore della medicina del lavoro a norma dell'Ordinanza sulla prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali ha soprattutto lo scopo di riconoscere i lavoratori con fattori di rischio individuali e quindi con un aumento del rischio di malattie professionali, rilevare precocemente le malattie professionali in stadio iniziale e riconoscere un inquinamento e sollecitazioni interne inammissibili per mezzo del monitoraggio biologico prima della comparsa di una malattia professionale.

I lavoratori con rischi speciali vengono sottoposti, con una disposizione della Suva, alla prevenzione nel settore della medicina del lavoro. Per i saldatori la Suva richiede delle visite preventive di medicina del lavoro quando, in base alla valutazione dei rischi, sono presenti rischi speciali, per esempio nel superamento dei valori limite o esposizioni speciali. In sangue o

urina del saldatore vengono misurati parametri biologici per rilevare sollecitazioni interne inammissibili (vedi monitoraggio biologico).

Monitoraggio biologico

Con monitoraggio biologico si intende la valutazione dell'esposizione dei lavoratori a sostanze chimiche con la determinazione della sostanza in materiali biologici come sangue, urine o aria espirata, la determinazione dei metaboliti o di un parametro dell'organismo che venga influenzato dalla sostanza da lavoro [Jost, Lista dei valori limite]. I valori misurati vengono confrontati con i valori limite biologici (BAT) elencati nella lista dei valori limite. In questo modo può essere valutato il carico interno prodotto da una sostanza da lavoro o una reazione dell'organismo alla sostanza da lavoro stessa, da cui si stima un rapporto dose-effetto tra la concentrazione della sostanza da lavoro nell'aria e l'effetto sull'organo bersaglio. Con il monitoraggio biologico vengono rilevate tutte le vie di assorbimento di una sostanza da lavoro, quindi non solo l'inalazione, ma anche l'assunzione attraverso cute e tratto gastroenterico.

La concentrazione nei sopracitati materiali biologici è influenzata da diversi fattori, pertanto non sempre si trova una correlazione soddisfacente tra le misurazioni nell'aria ambientale e i valori biologici. Infatti l'assorbimento per via inalatoria può oscillare a seconda del volume respiratorio al minuto e l'assorbimento della cute a seconda della qualità delle misure di protezione; il metabolismo subisce delle variabilità individuali a seconda della situazione e, per emivite di eliminazione lunghe, una sostanza si può accumulare nell'organismo (*body burden*) ed essere rilasciata dai tessuti ancora dopo molto tempo. Le interazioni con altri solventi o sostanze, inoltre, influenzano la tossicodinamica e la tossicocinetica. Nel monitoraggio biologico i fattori influenzanti devono essere assolutamente riconosciuti con un'anamnesi accurata e considerati nella valutazione.

Per le seguenti sostanze, alle quali possono essere esposti i lavoratori durante la saldatura, esistono valori BAT.

Sostanza da lavoro	Parametro biologico	Valore BAT	Materiale	Momento di prelievo del campione
Alluminio	Alluminio	60 µg/g creatinina	urina	a
Piombo	Piombo	Uomini: 400 µg/l Donne >45 aa: 400 µg/l Donne <45 aa: 100 µg/l	sangue	b
Composti inorganici del fluoro	Fluoruro	7 mg/g creatinina	urina	b
		4 mg/g creatinina	urina	d
Cadmio	Cadmio	5 µg/g creatinina	urina	a
Cobalto	Cobalto	30 µg/l	urina	b
Monossido di carbonio	CO-Hb	5%	sangue	b
Manganese	Manganese	20 µg/l	plasma/siero	b
Nichel	Nichel	45 µg/l	urina	c, b
Composti del nichel, insolubili	Nichel	10 µg/l	urina	c, b
Sali di nichel, solubili	Nichel	40 µg/l	urina	c, b

Tabella 4 Valori BAT di alcune sostanze che si formano durante la saldatura [Lista dei valori limite 2013]; a: nessuna limitazione, b: fine dell'esposizione o del turno, c: in caso di esposizione per periodi lunghi dopo la fine di diversi turni, d: prima dell'inizio di un turno

6. Aspetti legali del riconoscimento delle malattie professionali

Secondo le disposizioni di legge contenute nella Legge federale sull'assicurazione contro gli infortuni (LAINF), le malattie contratte nella pratica professionale della saldatura vengono riconosciute dalla Suva come malattie professionali purché l'associazione causale venga stabilita con preponderante probabilità secondo il dettato dell'art. 9.1 LAINF. Se la sostanza in questione è presente nell'elenco delle sostanze nocive dell'allegato 1 OAINF, la malattia viene riconosciuta come malattia professionale se questa è stata causata prevalentemente dall'esposizione a questa sostanza durante l'attività professionale (LAINF, art. 9.1). Per quanto riguarda le sostanze che non figurano nell'elenco, la malattia deve essere causata in modo affatto preponderante dall'esercizio dell'attività professionale con questa sostanza da lavoro perché possa essere riconosciuta una malattia professionale (LAINF, art. 9.2). Le prestazioni dopo il riconoscimento di una malattia professionale corrispondono a quelle degli infortuni; le malattie professionali sono quindi assimilate a questi a norma di legge (LAINF art. 9 cpv. 3).

7. Bibliografia

Ambroise D. et al.: Update of a meta-analysis on lung cancer and welding; Scand J Work Environ Health 2006; 32 (1): 22 - 31.

Antonini J. M. et al.: Pulmonary effects of welding fumes: review of worker and experimental animal studies. Am J Ind Med 2003; 43 (4): 350 -360.

Bakerly N. D. et al.: Fifteen-year trends in occupational asthma: data from the Shield surveillance scheme; Occup Med 2008; 58 (3): 169-174.

Bakerly N. D. et al.: Fifteen-year trends in occupational asthma: data from the Shield surveillance scheme; Occup Med 2008; 58 (3): 169-174.

Balindt P.: Lungenkrebsrisiko durch berufliche Exposition gegenüber Nickel und seinen Verbindungen. Inaugural-Dissertation. Hohe Medizinische Fakultät der Ruhr-Universität Bochum (2009).

Banga A. et al.: A study of characteristics of Michigan workers with work-related asthma exposed to welding; J Occup Environ Med 2011; 53 (4): 415-419.

BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin): TRGS (Technische Regel für Gefahrstoffe) Merkblatt Nr. 528: "Schweisstechnische Arbeiten" (2009).

BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin): TRGS (Technische Regel für Gefahrstoffe) Merkblatt zur Berufskrankheit Nummer 4115 "Lungenfibrose durch extreme und langjährige Einwirkung von Schweißrauchen und Schweißgasen - (Siderofibrose)" (Bek. des BMAS vom 30.12.2009).

Baur X. et al.: Bronchial asthma and COPD due to irritants in the workplace - an evidence-based approach; J Occup Med Tox 2012; 7 (19): 1 - 31.

Beckett W. S. et al.: Airway reactivity in welders: a controlled prospective cohort study. J Occup Environ Med 1996, 38 (12): 1229 - 1238.

Blättler M. A.: Schweißen und Schneiden. Schutz vor Rauchen, Stauben, Gasen und Dämpfen. Suva. Bestellnummer 44053 (2012).

Bowler R. M. et al.: Neuropsychological sequelae of exposure to welding fumes in a group of occupationally exposed men; Int J Hyg Environ Health 2003; 206: 517-529.

Casarett & Doull's Toxicology, Seventh Edition, Curtis D. Klaassen (2008).

Cole P., Rodu B.: Epidemiologic studies of chrome and cancer mortality: a series of metaanalyses; Regul Toxicol Pharmacol 2005; 43: 225-231.

DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung: Information, Handlungsanleitung für die arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G39 "Schweißrauche", BGI/GUV-I 504-39 Juni (2009).

EKAS (Eigenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit): Richtlinie Nr. 6509 "Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren zum Bearbeiten metallischer Werkstoffe" (1999).

El-Zein M. et al.: Prevalence and association of welding related systemic and respiratory symptoms in welders; *Occup Environ Med* 2003; 60 (9): 655-661.

Erkinjuntti-Pekkanen Riitta et al.: Two year follow-up of pulmonary function values among welders in New Zealand; *Occup Environ Med* 1999; 56: 328-333.

Grimsrud T. C. et al.: Exposure to different forms of nickel and risk of lung cancer; *Am J Epidemiol* 2002; 156: 1123-1132.

Gube M. et al.: Experimental exposure of healthy subjects with emissions from a gas metal arc welding process - part II: biomonitoring of chromium and nickel. *Int Arch Occup Environ Health* 2013; 86: 31 - 37.

Hakansson N. et al.: Arc and resistance welding and tumours of the endocrine glands: a Swedish case-control study with focus on extremely low frequency magnetic fields; *Occup Environ Med* 2005; 62: 304-308

Holm M. et al.: Incidence and prevalence of chronic bronchitis. Impact of smoking and welding. The RHINE study; *Int J Tuberc Lung Dis* 2012; 16 (4): 553-557.

HSL (Health and Safety Laboratory): Annex 2 - Draft Statement of Evidence - Health effects arising from inhalation exposure to welding fume. 1 - 10 (2009).

IARC (International Agency for Research on Cancer): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Chromium, Nickel and Welding. Volume 49. 1990: 447 - 525.

IIW (International Institute of Welding), Commission VIII - Health, Safety and Environment: Lung cancer and arc welding of steels 2001; 55: 12 - 20.

Jost M. und Pletscher, C.: Biologisches Monitoring und biologisches Arbeitsstofftoleranzwerte. *SuvaMedical* 2009; 80:28-38.

Kim J. et al.: Exposure to welding fumes is associated with acute systemic inflammatory response; *Occup Environ Med* 2005; 62: 157-163.

Koller M. et al.: Rischi sanitari della saldatura. Factsheet Suva.

LaDou J.: *Current Occupational & Environmental Medicine*. Fourth Edition. McGraw Hill (2007).

Lillienberg L. et al.: A Population-based Study on Welding Exposures at Work and Respiratory Symptoms; *Ann Occup Hyg* 2008; 52 (2): 107-115.

Lischka K. et al.: Heidelberger Mangan-Studie Follow-up. Forschungsprojekt F 1858 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2007).

McMillan G. in: Hendrick David J. et al.: *Occupational Disorders of the Lung. Recognition, Management, and Prevention*. Elsevier Science 2002: 467 - 482.

Meyer-Baron M. et al: Performance alterations associated with occupational exposure to manganese - a meta-analysis; *Neurotoxicology* 2009; 30: 487 - 496.

Moulin J. J. et al.: A meta-analysis of epidemiologic studies of lung cancer in welders; *Scand J Work Environ Health* 1997; 23: 104 - 113.

Müller K.-M., Verhoff M. A.: Graduierung der Sideropneumokoniosen; Pneumologie 2000; 54: 315 - 317.

Nordberg G. F. et al.: Handbook on the toxicology of metals, third edition, Academic Press (2007).

OSHA (Occupational and Health Administration): Occupational Safety and Health Guideline for Welding Fumes. <http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/weldingfumes/recognition.html> (accessed on 17th Jan 2013).

Palmer K. T. et al.: Exposure to metal fume and infectious pneumonia. Am J Epidemiol 2003; 157 (3): 227 - 233.

Palmer K. T. et al.: Mortality from infectious pneumonia in metal workers: a comparison with deaths from asthma in occupations exposed to respiratory sensitizers. Thorax 2009. 64 (11): 983 - 986.

Parizek M.: Arbeitsmedizinische Aspekte bei Schädigungen durch Vibrationen. Suva. Bestellnummer 2869/16 (1998).

Pesch B. et al.: WELDOX - Metallbelastungen beim Schweißen und deren gesundheitliche Auswirkungen. IPA-Journal 2011; 2: 12 - 17.

Pletscher C., Liechti B.: Gesundheitliche Gefährdung am Arbeitsplatz durch Blei. Suva. Bestellnummer 2869/06 (2007).

Plitzko S. et al.: Qualitative und quantitative Erfassung von Schweißrauchen als Grundlage für die Bewertung der inneren Manganbelastung (Biomonitoring); Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 2006; 66: 25.

Racette B.: Exposure to manganese and parkinsonism - epidemiological evidence. Vortrag am International Symposium "Exposure to Manganese and Neurotoxicity in Welders", IPA Bochum, 09.05.2012.

Rast H.: Berufliche Hautkrankheiten. Suva. Bestellnummer 2869/11 (2009).

Rom W. M.: Environmental & Occupational Medicine. Third edition. Lippincott-Raven Publishers (1998).

Ross J. A. S. et al.: Cognitive Symptoms and Welding Fume Exposure. Ann Occup Hyg 2013; 57(1): 26-33.

Suva: Grenzwerte am Arbeitsplatz. Bestellnummer 1903.

Szram J. et al.: Welding, longitudinal lung function decline and chronic respiratory symptoms: a systematic review of cohort studies. Eur Respir J 2012; Epub ahead of print.

Tarlo S. M. et al.: Occupational and environmental lung diseases. Wiley-Blackwell (2010).

Thaon I. et al.: Increased lung function decline in blue-collar workers exposed to welding fumes. Chest 2012; 142 (1): 192 - 199.

Triebig G. et al.: Arbeitsmedizin. 3. vollständig neubearbeitete Auflage. Gentner-Verlag (2011).

Wieners D. et al.: Epidemiologische und klinische Untersuchungen akuter und chronischer obstruktiver Atemwegserkrankungen durch Schweissgase und -rauche; Zblatt Arbeitsmed 2000; 50 (2): 46 - 64.

Wieners D. et al.: Inhalative Belastungen durch Schweissverfahren; Zblatt Arbeitsmed 2000; 50: 38 - 44.

Zeidler-Erdely P. C. et al.: Immunotoxicology of arc welding fume: worker and experimental animal studies. J Immunotoxicol 2012; 9 (4): 411 - 425.411 - 425.