

# Toxische stoffen bij metaalbewerkingen in de Nederlandse industrie; een review

Th.J. Heesen<sup>1</sup>, A.T. van Raalte<sup>1</sup>

## Summary

This article presents a review of toxic substances relevant to the main processes in the Dutch metalprocessing and electronic industry. The nature of the substances in relation to the health hazards are stressed since this is one of the first questions to be answered in a risk analyses. Processes and substances which are described are machining (metal working fluids), welding (welding fume), soldering and brazing (fluxes and solder alloys), coating (solvents, binders, pigments), degreasing and cleaning (solvents, tensides), adhesion (solvents, binders), electro plating (acids, salts), bending (lubricants), mechanical cleaning (dust) and etching (acids). In order to evaluate the hazards knowledge of exposure levels is necessary. However the information on this point is lacking.

*trefwoorden: review, metaalindustrie, elektrotechniek, toxische stoffen, gezondheidsrisico's*

## Inleiding

Bij het opstellen van risico-inventarisaties van werkplekken is een inventarisatie van de grond- en hulpstoffen, en

1. Chemiewinkel, Onderzoeks- en Adviescentrum Chemie Arbeid Milieu, Universiteit van Amsterdam.

## Samenvatting

In dit artikel worden de voornaamste toxische stoffen beschreven, die bij metaalbewerkingen in de Nederlandse metaal- en elektrotechnische industrie worden gebruikt. Van belang van de risicoanalyse is allereerst de chemische samenstelling van grond- en hulpstoffen in relatie tot mogelijke gezondheidseffecten. Dit is onderzocht voor de volgende werkzaamheden: verspanen, lassen en snijden, solderen, ontvetten en reinigen, coaten, galvanische bewerkingen, lijmen, omvormen en mechanisch scheiden. Voor een risico-schatting op het niveau van een bedrijfstak is het vervolgens noodzakelijk inzicht te verkrijgen in het blootstellingsniveau in de bedrijfstak als geheel. Dit blijkt met de thans voorhanden methoden echter niet mogelijk te zijn.

het achterhalen van hun chemische samenstelling, een van de eerste activiteiten. Inzicht in de samenstelling van de hulp- en grondstoffen is ook noodzakelijk bij het opstellen van produktveiligheidsbladen. Deze bladen kunnen tevens een rol spelen binnen het toxische-stoffenbeleid van een onderneming (Ruigewaard, 1992). ►

Over de gezondheidsrisico's van toxische stoffen bij een aantal afzonderlijke metaalbewerkingen is reeds veel geschreven. Bewerkingen die veel aandacht krijgen zijn lassen (o.a. van der Wal 1989), verspanen (o.a. Smit 1986), verchromen en vernikkelen (Brouwer 1987), coaten (Doorgeest 1986, Kettens 1990) en in mindere mate ontvetten. Overzichtstudies over metaalbewerkingen en toxische stoffen verschijnen echter aanzienlijk minder. Een voorbeeld van zo'n studie is de Marktverkenning Metaalproduktindustrie van de Arbeidsinspectie (szw 1989). Het onderzoek dat is uitgevoerd had tot doel om een inventarisatie te maken van relevante toxische stoffen en producten die een rol spelen bij metaalbewerkingen in de Nederlandse metaal- en elektrotechnische industrie. In dit artikel ligt de nadruk op de beschrijving van de chemische samenstelling van de producten in relatie tot de gezondheidsrisico's. Blootstellingsgegevens, die een rol spelen bij de risico-evaluatie, worden achterwege gelaten.

### Onderzoeksmethode

Het onderzoek is in drie stappen uitgevoerd.

a. Selectie van de belangrijkste metaalbewerkingen in de Nederlandse metaal- en elektrotechnische industrie. Op basis van literatuuronderzoek is een groslijst opgesteld van metaalbewerkingen. Deze lijst is aan vijf sleutelfiguren uit de bedrijfstak voorgelegd met het verzoek aan te geven of de lijst volledig is en wat de frequentie is van voorkomen in de Nederlandse bedrijfstak. De sleutelfiguren waren vertegenwoordigers van werkgevers- en werknemersorganisaties, een veiligheidsdienst en het onderwijs en onderzoek. De groslijst is in de vorm van een interview afgenomen. De antwoorden waren gesloten, er waren 5 categorieën: 'komt niet voor', 'komt weinig voor', 'komt voor in gespecialiseerde bedrijven, het aantal bedrijven is beperkt', 'komt regelmatig voor' en tot slot 'komt vaak voor'. Er is geen afbakening gemaakt van de categorieën, dit is aan de interpretatie van de sleutelfiguren overgelaten. Voor het eindoordeel is een gemiddelde genomen van de verschillende antwoorden, alsof het een ordinale schaal betrof.

### 2. Literatuurstudie

### 3. Bedrijfsbezoeken

Bij de Kamer van Koophandel is een bestand opgevraagd van alle bedrijven met meer dan 100 werknemers in de regio Noord-Holland en Utrecht die behoorden tot de metaalproducten-, de machine-, de transportmiddelen- of de elektrotechnische industrie. De reden om te kiezen voor bedrijven met meer dan 100 werknemers was om een zo groot aantal technieken te kunnen observeren tijdens een bezoek. Het bestand was op postcode geordend, hieruit is een willekeurige selectie gemaakt om bedrijven telefonisch te benaderen. Zestien metaal- en elektrotechnische bedrijven zijn bezocht.

Tijdens de bezoeken zijn de werkwijze en de gebruikte hulpstoffen bij de diverse bewerkingen vastgesteld. De werkwijze is beschreven aan de hand van handelingscategorieën (zie tabel 1). Aan de hand van de geleverde beschrijving is op de werkplek de emissie c.q. blootstelling voor de afzonderlijke handelingen beoordeeld. Hiervoor is geput uit het werk van Oostendorp (1985). De scoringsmethode is beschreven in tabel 2. Doel van de gebruikte methode was tweeledig. Enerzijds wordt hiermee de bewerking systematisch gedocumenteerd. Ten tweede krijgt men zo inzicht in hoogbelastende handelingen. Later zijn bij leveranciers de produktveiligheidsinformatiebladen van de gebruikte hulpstoffen opgevraagd. In dit artikel is niet gepoogd om ook een risico-evaluatie te geven. Op basis van blootstellingsgegevens uit de literatuur is dat slechts voor een beperkt aantal bewerkingen

mogelijk: verspanen en lassen en in mindere mate coaten, verchromen en dampontvetten.

Aanvankelijk bestond het idee om ook tot een rangorde te komen van bewerkingen naar risico. Een dergelijke rangorde moet worden opgebouwd uit twee delen. Het eerste deel zou bestaan uit een beoordeling en rangschikking van de blootstelling voor de afzonderlijke bewerkingen. Binnen één bedrijf en voor één stof is daarvoor een methode ontwikkeld (Oostendorp 1985). Voor meerdere stoffen is door middel van de beschreven methoden hiertoe een poging ondernomen. Door combinatie van tijdregistratie voor de verschillende handelingen (tabel 1) en kwalitatieve beoordeling van de emissie (tabel 2) komt men tot een gewogen beoordeling van de blootstelling die gerelateerd is aan de bewerking. Op deze wijze zijn bewerkingen te rangschikken. Binnen één bedrijf zou een dergelijke methode mogelijkheden bieden. Voor een gehele bedrijfstak lijkt dit onmogelijk, gezien de enorme variatie in werkmethode tussen bedrijven onderling. Dat heeft tot gevolg dat ook de tijdsduur varieert en verschillende handelingen en daarmee de blootstellingstijd.

Het tweede onderdeel van een overall rangschikking betreft de beoordeling en rangschikking van mogelijke effecten. Ten aanzien van het wegen van effecten ontbreekt echter theorievorming. Men kan op dit punt pragmatisch te werk gaan en overheidsbeleid als leidraad nemen. Dat zou betekenen dat carcinogenen en reprotoxische stoffen zwaarder gewogen worden dan andere toxische stoffen.

Bovenstaande overwegingen leiden tot de conclusie dat rangschikking naar risico, waarbij het risico wordt uitgedrukt als combinatie van blootstelling en effect, onmogelijk is op het niveau van bedrijf en bedrijfstak. Interessant is dat in de Marktverkenning (szw 1989) wel een evaluatie is gemaakt en zelfs een onderlinge rangschikking van bewerkingen naar risiconiveau. Een onderbouwing voor de rangorde ontbreekt helaas.

Op basis van de gesprekken met sleutelfiguren is een selectie gemaakt van belangrijke metaalbewerkingen in de Nederlandse metaal- en elektrotechnische industrie. Dat wil zeggen technieken waarvan het eindoordeel was dat ze regelmatig voorkomen. Harder, een techniek die ook regelmatig voorkomt, is op verzoek van de opdrachtgever buiten beschouwing gelaten. Het resultaat is weergegeven in tabel 3.

Deze bewerkingen vormden de basis voor gericht literatuur- en werkplekonderzoek. Hieronder worden de resultaten beschreven. Daarbij is de categorie-indeling uit tabel 3 gehanteerd.

## Resultaten

### Verspanen

De samenstelling van koelsmeermiddelen kent grote variaties. Een belangrijk onderscheid is het al dan niet mengbaar zijn met water. Tabel 4 bevat een globale aanduiding van de samenstelling van de producten. Voor elke toevoeging bestaat de keuze uit een groot aantal verbindingen (Pfeiffer 1991, De Boer 1989, Smit 1986).

Ortho-ergisch en allergisch contactcezeem vormen de belangrijkste gezondheidsrisico's. Voor de beoordeling van de koelsmeermiddelen op dit aspect moet op de volgende kenmerken worden gelet:

- Aanwezigheid van secundaire of tertiaire aminen en nitriet. De aanwezigheid van beide stoffen leidt tot de vorming van nitrosoaminen (Pfeiffer 1991, Järholm 1991).
- Mengbaarheid met water. Watermengbare koelsmeermiddelen geven eerder aanleiding tot contactcezeem dan niet watermengbare producten (Smit 1986, De Boer 1989).

**Tabel 1. Handelingscategorieën**

1	Apparaat in- of afstellen
2	Werkstuk (ver)plaatsen (zowel heen als terug)
3a	Vorbewerking
3b	Bewerken
3c	Nabewerken
4	Schoonmaak/onderhoud apparaat

**Tabel 2. Scoring van emissie per handeling voor afzonderlijke technieken**

Emissie luchtverontreiniging	
0	Gesloten systeem tijdens handeling
1	Open systeem tijdens handeling, geen emissieverhogende factoren
2	Open systeem tijdens handeling, wel emissieverhogende factoren (stof-, damp- of gasvorming; hoge temperatuur, snel bewegende afzuiging) en plaatselijke afzuiging.
3	Open systeem tijdens handeling, wel emissieverhogende factoren (stof-, damp- of gasvorming; hoge temperatuur, snel bewegende afzuiging) geen plaatselijke afzuiging.
Mogelijkheid huidcontact	
N	Nee, geen huidcontact tijdens handeling
J	Ja, huidcontact tijdens handeling

- Aanwezigheid van biociden. Deze zijn veelal aanwezig in watermengbare producten. Ze zijn de belangrijkste componenten met allergene eigenschappen (De Boer 1989). Met name formaldehyde(donors) staan hierom bekend.

Overigens moet rekening worden gehouden met het feit dat ortho-ergisch eczeem bij metaalbewerkers niet alleen kan worden toegeschreven aan koelsmeermiddelen. Ook andere belastende factoren spelen daarbij een rol (Smit 1986).

#### Lassen en snijden

De gezondheidsrisico's bij het lassen en snijden worden niet bepaald door de gebruikte hulpstoffen maar door de omvormingsproducten: de metaaloxiden en vrijkomende gassen. De acute gezondheidseffecten van lasrook bestaan uit irritaties van de bovenste luchtwegen en metaaldampkoorts. Lasrook kan leiden tot een verminderde longfunctie. Een chronisch effect is een verminderde reproductiecapaciteit bij mannen. Tot slot zijn er aanwijzingen dat lasrook tot een verhoogd risico op longkanker kan leiden (WGD 1993).

Bij de risico-inventarisatie zijn de volgende aspecten van belang:

- Nikkel en chroom in het werkstukmateriaal (gelegeerd

- staal). Beide metalen hebben carcinogene en allergene eigenschappen na inhalatie van de lasrook (WGD 1985 a,b) Lasrooktechnieken waar chroom- en nikkeloxyden bij vrijkomen vallen onder het regime van het Besluit kankerverwekkende stoffen en processen (SZW 1994).
- Cadmium in het werkstukmateriaal. Cadmiumhoudende lasrook kan leiden tot emphyseem (Morgan 1989). Cadmium is een verdacht carcinogeen, het kan bovendien de nierfunctie verstoren (WGD 1980).
- Aluminium, mangaan en lood in het werkstukmateriaal. Deze metalen hebben een neurotoxische werking (Sjögren 1990).
- Basische elektroden bij het elektrodelassen. Deze elektrode veroorzaken een emissie van fluorideverbindingen (van der Wal 1989).
- MIG- en TIG-lassen in verband met ozonvorming; plasmalassen in verband met stikstofdioxidevorming (van der Wal 1989). Beide gassen hebben irriterende werking op de ogen en luchtwegen. Chronische blootstelling kan leiden tot bronchitis.
- De aanwezigheid op het werkstuk van een coating (met polymeren of metalen) of een walshuid, geeft aanleiding tot extra verontreiniging van de lasrook (Engstrom 1990).
- Additionele werkzaamheden die belastend zijn: ontvetten in verband met (gechloreerde) organische oplosmiddelen, slijpen in verband met stof.

#### Solderen

Bij solderen wordt gebruik gemaakt van soldeer (toevoegmateriaal) en flux (vloeimiddel). Een belangrijk onderscheid is hard- en zachtsolderen. Dit heeft invloed op zowel de samenstelling van het soldeer als het fluxmiddel (zie tabel 5) (Van Dijk 1989, Anonymus 1992).

De gezondheidsrisico's bij het solderen worden, net als bij het lassen, voornamelijk bepaald door de lasrook. Irritatie en metaaldampkoorts zijn de belangrijkste acute effecten. Daarnaast kan er huidblootstelling aan flux plaatsvinden; de zouten en zuren in de flux kunnen irritaties veroorzaken. Bij de beoordeling van soldeertechnieken moet met name op de volgende punten worden gelet:

- Van lood is bekend dat het de heamsynthese kan verstoren, neuro- en reprotoxische eigenschappen heeft (WGD 1980a).
- Cadmium, zie lassen.
- Colofoniumhars in de flux kan aanleiding geven tot astma (Gupta 1991, Gannon 1991).

#### Ontvetten en reinigen

De samenstelling van ontvetters en reinigers is in drie groepen in te delen: gechloreerde koolwaterstoffen, niet-gechloreerde koolwaterstoffen en waterige oplossingen. Tabel 6 bevat een overzicht, daarbij is gebruik gemaakt

**Tabel 3. Veel voorkomende metaalbewerkingen in de Nederlandse metaal- en elektrotechnische industrie**

Categorie	Bewerkingen
Verspanen	draaien, boren, frezen, kotten, brootsen en trekfrezen, schaven en steken, zagen
Lassen en snijden	weerstandlassen, lassen met beklede elektroden, MIG/MAG-, TIG-, CO <sub>2</sub> -lassen
Solderen	bout-, vlam-, dompel-, inductief-, oven- en weerstandsolderen
Ontvetten en reinigen	handmatig met kwast e.d., dompelen, dampontvetten, sproeien, hoge-drukreinigen, ultrasoon reinigen
Coaten	handmatig, spuiten (natlak of poeder)
Galvanische bewerkingen	anodiseren, passiveren, chromateren, chemisch oxyderen, elektrolytisch aanbrengen van metaallaag (verchromen e.d.)
Lijmen	handmatig met kwast e.d., dompelen, drukken, spuiten
Omvormen en mechanisch scheiden	buigen, felsen, dieptrekken, knippen, ponsen, uitsnijden
Diverse	stralen, etsen, beitsen, slijpen, polijsten, schuren

**Tabel 4. Samenstelling van de twee typen koelsmeer-vloeistoffen**

Niet-watremengbaar	Watremengbaar
Minerale oliën gehalte: 6;-100%	Minerale oliën gehalte: 0*-85%
Polaire additieven	
Hoge-druk(HD)additieven	Hoge-druk(HD)additieven
Biociden (soms)	Biociden
Corrosieremmers	Corrosieremmers
Anti-schuim additieven	Anti-schuim additieven
	Emulgatoren
	Water conditioner (ontharder)
Kleurstoffen	Kleurstoffen
Geurstoffen	Geurstoffen

*Toelichting:* De synthetische koelsmeermiddelen bevatten geen minerale olie.

van Sorensen (1991) en Minkwitz (1991).

Een belangrijk gezondheidsrisico's van organische oplosmiddelen is de narcotische werking. Blootstelling kan zowel via inhalatie als via de huid plaatsvinden. Daarnaast kan huidcontact aanleiding geven tot irritaties en contacteczeem. Waterige reinigers zijn niet vluchtig. Het blootstellingsrisico bestaat voornamelijk uit huidcontact. Deze middelen kunnen, met name in onverdunde vorm, een corrosieve werking hebben.

Bij ontvetters en reinigers zijn de volgende aspecten van belang:

- Koolwaterstoffen, gechloreerd en niet-gechloreerd, in verband met neurotoxische werking. Er zijn aanwijzingen dat langdurige blootstelling leidt tot een blijvende beschadiging van het centrale zenuwstelsel (Grasso 1988).
- Gechloreerde koolwaterstoffen in verband met hepatorenephrotoxische werking (WGD 1981, 1987 en DGA 1987).

#### Coaten

In de samenstelling van coatings zit een enorme variatie (tabel 7). De coatings zijn op basis van het gehalte aan oplosmiddelen in te delen in vier groepen:

- Oplosmiddelhoudend (>15% organisch oplosmiddel)

- Oplosmiddelarm (<15% organisch oplosmiddel)
  - Watergedragen verven (minimale hoeveelheden oplosmiddel)
  - Poederverven (geen oplosmiddel)
- Bij de beoordeling van coatings zijn de volgende punten van belang:
- Het gehalte aan organische oplosmiddelen in verband met de neurotoxische eigenschappen.
  - De bindmiddelen polyurethaan en epoxy. Bij PUR kan het monomeer diisocynaat de oorzaak zijn van irritatie en sensibilisatie (WGD 1991). In epoxy zijn het de reactieve verdunners glycidylethers, en amines die irriterende en allergene eigenschappen hebben.
  - Steenkoolpek (bindmiddel) kan carcinogene PAK's bevatten (Kettens 1990); deze producten vallen daarom onder het regime van het Besluit kankerverwekkende stoffen en processen.
  - De pigmenten gebaseerd op lood- en chroomverbindingen. Chromaten vallen eveneens onder het regime van het Besluit kankerverwekkende stoffen en processen.

#### Galvanische bewerkingen

Onder galvanische bewerkingen worden in de praktijk niet alleen elektrolytische bewerkingen verstaan. Ook het chemisch aanbrengen van metaal- en conversielagen vallen er onder. Er bestaat een grote variatie aan badsamenstellingen, zowel wat betreft de dosering als de samenstelling. In tabel 8 is een globale indeling opgenomen (Vorm 1985).

Bij de beoordeling van de gezondheidsrisico's staat de acute giftigheid van de geconcentreerde zuren, logen, zouten en cyanideverbindingen voorop. De stoffen hebben een irriterende, en in geconcentreerde vorm een bijtende, werking op de huid. Elektrolytische bewerkingen emitteren een nevel. De nevel is overwegend zuur, en soms alkalisch van samenstelling. De nevel heeft een irriterende werking op de bovenste luchtwegen.

Daarnaast verdienen de volgende punten aandacht:

- Chroom- en nikkelverbindingen hebben allergene eigenschappen (contacteczeem), kunnen de nierfunctie verstoren en zijn verdacht carcinogeen (WGD 1985 a,b). Nikkelverbindingen hebben ook neuro- en reprotoxische eigenschappen. Inademing van chroomzuur kan leiden tot irritaties aan de bovenste luchtwegen en perforatie van het neustussenschot.

**Tabel 5. Samenstelling van veel gebruikte typen hard- en zachtsoldeer en fluxmiddelen**

Techniek	Bestanddelen soldeer	Bestanddelen fluxmiddel	
Zachtsolderen	- Tin-lood - Tin-lood-zilver - Tin-lood-cadmium - Tin-zilver - Tin-koper - Zink-cadmium - Zink-aluminium	<i>Niet-agressieve flux</i> harsen, soms met (gechloreerd) organisch oplosmiddel o.a.: kolofoniumhars adipine zuur trichloorethyleen isopropanol methanol glycoldiethers	<i>Agressieve flux:</i> metaalzouten met soms vrij zuur, o.a.: zinkchloride ammoniumchloride fosforzuur zoutzuur butylalcohol
Hardsolderen	- Zilver-koper-cadmium-(zink) - Zilver-koper-zink-met tin of silicium - Zilver-koper-fosfor - Koper-zink - Aluminium-silicium	fluoboraten soms met boorzuur en fluoriden, o.a.: kaliumfluoboraat kaliumboraat boorzuur borax	

### Lijmen

Lijmen hebben een vergelijkbare samenstelling als coatings. De gezondheidsrisico's zijn dan ook vergelijkbaar. Het belangrijkste onderscheid is de afwezigheid van pigment in lijmen. Een ander belangrijk onderscheid is dat de gebruikte hoeveelheden, en daarmee samenhangend vaak ook de blootstelling, over het algemeen lager zijn dan bij coaten.

### Omvormen en mechanisch scheiden

Er is weinig informatie over de samenstelling van de gebruikte smeermiddelen. Tabel 9 bevat een algemene indeling (anonymus 1991).

### Stralen, schuren en slijpen

Belangrijke mechanische reinigingsmethoden zijn stralen, schuren en slijpen. De samenstelling van straal- en schuurmiddelen staan in tabel 10 (Anonymus 1991, Clayton 1982).

Bij de gezondheidskundige beoordeling moet rekening worden gehouden met de samenstelling van het werkstuk en coatings of verontreinigingen op het werkstuk. Bij polijsten en slijpen kunnen bovendien koelsmeermiddelen worden gebruikt. Stralen, slijpen, polijsten en schuren kennen droge en natte uitvoeringen; dit is van belang voor de beoordeling van de blootstelling.

### Etsen en beitsen

Etsen wordt voornamelijk in de elektrotechnische industrie gebruikt voor het vervaardigen van printplaten. Beitsen is een reinigingstechniek waarbij een oxydelaag verwijderd wordt. Tabel 11 bevat een opsomming van ets- en beitsmiddelen, gebaseerd op Smit (1987) en Van der Vorm (1985).

De gezondheidsrisico's worden in eerste instantie bepaald door spatten of morsen van (geconcentreerde) oplossingen van zuren en logen. Daarnaast kunnen er ook dampen vrijkomen van zout-, salpeter- of zwavelzuur. Daarbij kunnen irritaties aan de ogen, bovenste luchtwegen en

huid ontstaan. Alleen voor chroomzuur bestaat er een risico op chronische effecten.

### Discussie

Bij de selectie van technieken zijn vijf sleutelfiguren geraadpleegd. Er was een goede overeenstemming tussen de verschillende respondenten over de relevantie van technieken voor de Nederlandse bedrijfstak. Tijdens het literatuuronderzoek en bij de bedrijfsbezoeken is van vrijwel alle geselecteerde technieken informatie verzameld. In 16 bedrijven is van 139 verschillende werkplekken, verdeeld over 45 technieken, informatie verzameld over de toxische stoffen (produkten). Tabel 12 geeft een overzicht van de top drie van veelvoorkomende technieken zoals die tijdens de bedrijfsbezoeken zijn aangetroffen. Slechts enkele van de geselecteerde technieken zijn in het onderzoek niet aan bod gekomen. Harden, een bewerking die veel voorkomt en ook vanuit arbeidshygiënisch oogpunt van belang is, is in het onderzoek niet verder meegenomen. Thermisch reinigen en handmatig reinigen (schuren en borstelen) en een aantal soldeertechnieken zijn tijdens de bedrijfsbezoeken niet aangetroffen. Galvanische bewerkingen zijn aanvankelijk niet aangetroffen in de steekproef van bezochte bedrijven. Hiervoor zijn speciaal twee gespecialiseerde bedrijven uitgezocht. Tot slot bleek uit literatuurinformatie dat anodiseren slechts in enkele bedrijven voorkomt, in tegenstelling tot de mening van de respondenten.

Overigens is de aard van de gebruikte stoffen in de bedrijfstak wel aan verandering onderhevig. Onder druk van strengere milieuwetgeving is de laatste jaren een grote verschuiving waar te nemen in het gebruik van ontvetters en reinigers. Gechloreerde koolwaterstoffen worden vervangen door niet-gechloreerde koolwaterstoffen en waterige reinigers. Daarnaast valt ook een verschuiving te wachten naar het gebruik van oplosmiddel-arme verfsystemen.

De informatie uit de bedrijfsbezoeken geeft een waardevolle aanvulling op de literatuurgegevens. Zo zijn er geen

**Tabel 6. Drie typen ontvetters en reinigers: samenstelling en toepassing**

Gechloreerde koolwaterstoffen	Niet-gechloreerde koolwaterstoffen	Waterige oplossingen
<i>Bestanddelen</i> Trichloorethaan Trichlooretheen ('tri') Tetrachlooretheen ('per') Chloorfluorkoolwaterstoffen (vaak CFK 113) ('freon') Dichloormethaan	<i>Bestanddelen:</i> Alifatische koolwaterstoffen (mengsel) Kookpunt fracties (benzine, terpentine e.d.)  <i>en verder (mengsels van):</i> Alcoholen (o.a. isopropylalcohol) Esters Ketonen Terpenen Glycolethers	<i>Bestanddelen:</i>  <i>(Alkalische oplossingen):</i> Hydroxyden of zouten met tensiden (o.a. natrium- en kaliumhydroxyde, natriumcarbonaat, boraat, niet- en anionische tensiden)  <i>(Neutrale oplossingen):</i> Niet- en anionische tensiden met corrossieremmers, complexvormers en emulgatoren  <i>(Zure oplossingen):</i> Tensiden met o.a. fosfaten, fosforzuur of organische zuren en activatoren
<i>Toepassing:</i> Handmatig Dompelen 'Heet'-dompelen	<i>Toepassing:</i> Handmatig Dompelen	<i>Toepassing:</i> Handmatig Dompelen 'Heet'-dompelen Hogedrukspuit Elektro-ontvetten Glijlijpen ('Trommelen')

**Tabel 7. Bestanddelen en veel voorkomende componenten in coatings**

Hoofdbestanddeel	Bestanddelen
Oplosmiddelen	kookpuntbenzines, terpentine, toluen, xyleen, ethanol, isopropanol, ethylacetaat, isobutylacetaat, methylethylketon (MEK), methylisobutylketon (MIBK), aceton, cyclohexanon, glycolen en glycolacetaaten, en water
Bindmiddelen	alkydharsen, polyesters, fenolformaldehydesharsen (inclusief derivaten van fenol zoals resorcinol), aminoharsen, polyurethanen, epoxyharsen (waaronder epoxy-teer combinaties), acrylaatharsen, vinylharsen, chloorrubbers, siliconeharsen, asfalt, bitumen, teer, of combinaties van deze bindmiddelen
Vulstoffen	bariet (bariumsulfaat), krijt (calciumcarbonaat), magnesium- en aluminiumsilicaten (kaoline), siliciumoxyde
Pigmenten	<i>anorganisch</i> : titaanwit, roet, ijzeroxyde, ijzercyanide, chroomoxyde, chromaatgeel, zinkchromaat, molybdaatrood, cadmiumrood, grafiet <i>organisch</i> : ftalocyanideblauw, ftalocyanidegroen, acrylamidegeel, toluidinerood
Corrosiewerende middelen	loodmenie, zinkchromaat, zinktetroxychromaat, strontiumchromaat, loodsilicochromaat, zinkfosfaat, bariummetaboraat, zinkstof
Biociden	organotinverbindingen en koperoxyde (in aangroeiwerende verven), quaternaire ammoniumverbindingen, fenolen, fenolaten, formaldehyde en formaldehydedonoren
Overige toevoegingen	anti-uitzakmiddelen, anti-uitzweemmiddelen, antivelmiddelen, neutralisatiemiddelen (in watergedragen verven), siccatieven, vloeimiddelen, matteringsmiddelen, verdikkingsmiddelen, uv-stabilisatoren, oppervlakte-actieve stoffen

Bron: naar Kettenis 1990.

**Tabel 8. De globale samenstelling van baden bij het vernikkelen, verchromen, verzinken, fosfateren, chromateren en passiveren**

Bewerking	Werkstukmateriaal	Samenstelling bad
Vernikkelen	Staal	nikkelsulfaat, nikkelchloride, boorzuur, zouten (20-70°C).
	Roestvrijstaal	nikkelchloride, zoutzuur (20-40°C).
	Aluminium	zie staal
Verchromen	Staal	chromozuur en ander zuren (40-55°C).
	Roestvrijstaal	zie staal
Verzinken	Staal	zinkoxyde, zinkcyanide, zinkchloride, zinksulfaat of zinkfluoboraat, natriumhydroxyde of zuren, zouten (15-50°C).
Fosfateren	Aluminium	zinkoxyde, natriumhydroxyde, zouten (20°C).
	Staal	fosforzuur of andere fosforverbindingen, organische oplosmiddelen
Chromateren	Aluminium	zinkfosfaat met fluoriden en andere complexvormers
Passiveren	Staal	chromaten, zuren
	Roestvrijstaal	salpeterzuur of kaliumdichromaat (50°C).

*Toelichting:* Voor zover bekend wordt ook de bedrijfstemperatuur van het bad aangegeven.

of zeer weinig arbeidshygiënische studies over fosfateren, chromateren en passiveren, over ontvetten met niet-gelochloreerde koolwaterstoffen, ontvetten met waterige reinigers en over lijmen. Daarnaast is het aspect van huidblootstelling onderbelicht in de literatuur. Tot slot worden bij inhalatoire blootstellingstudies niet alle agentia gemeten. Voor een review van toxische stoffen in de bedrijfstak zijn dus niet alleen blootstellingsgegevens van belang maar ook informatie over gebruikte producten en inzicht in de wijze van verwerking.

Het achterhalen van goede produktinformatie verloopt soms moeizaam. Hoewel over het algemeen de leveranciers coöperatief waren, was de beschikbare informatie

soms summier of onvoldoende.<sup>2</sup> Voor de bedrijfsbezoeken is een methode ontwikkeld voor observaties van werkplekken. Daarbij is een combinatie gemaakt van een beschrijving van de handelingen (tabel 1) en een beoordeling van de blootstelling tijdens die handelingen (tabel 2). Deze methode is van nut gebleken voor een systematische beschrijving van het grote aantal verschillende bewerkingen.

Zoals in de inleiding al is gesteld, is inzicht in de samenstel-

2. Daarbij moet wel vermeld worden dat dit plaats vond voor het van kracht worden van het Besluit Produktveiligheidsinformatiebladen (1993).

**Tabel 9. Indeling van smeermiddelen voor omvormen en mechanisch scheiden**

Produkt	Bestanddelen
Oliën, vetten en zepen	Overeenkomsten met koelsmeermiddelen
Vaste smeermiddelen	o.a. grafiet, molybdeensulfide, talk, zinkstearaat, mica, krijt, teflonkorrels, glaspoeder
Foliën en lakken	Polymeren

**Tabel 10. Samenstelling van straal- en schuurmiddelen**

Produkt	Bestanddelen
Straalmiddel	gietijzer, smeltslak, korund, glas, basalt, stauroliet
Schuurmiddel	siliciumcarbide, korund, diamant, boriumnitride, boriumcarbide, veldspaat, amaril, ijzeroxyde, krijt, vuursteen, puimsteen

ling en mogelijke risico's van hulpstoffen een eerste stap bij de risico-evaluatie en risicobeheersing. Het onderhavige onderzoek vormde de basis voor het opstellen van een systeem van produktveiligheidskaarten voor de bedrijfstak.

**Naschrift**

1. Het onderzoek is gefinancierd door de Raad voor Overleg in de Metaal- en elektrotechnische industrie (ROM).

2. Meer informatie over het onderzoek is beschreven in het rapport (er is een wetenschappelijke en een gepopulariseerde versie) dat ten grondslag ligt aan dit artikel. De referenties zijn als volgt: Voor de wetenschappelijke versie:

Heesen, Th.J. van A.T. van Raalte. Toxische stoffen in de metaal- en elektrotechnische industrie.

Literatuur- en praktijkonderzoek in opdracht van de Raad van Overleg in de Metaal- en elektrotechnische industrie (ROM), Chemiewinkel, Onderzoeks- en Adviescentrum Chemie Arbeid Milieu, Universiteit van Amsterdam, 1994.

Voor de populaire versie:

Heesen, Th.J. en A.T. van Raalte. Gezond werken met toxische stoffen in de metaal- en elektrotechnische industrie. Chemiewinkel, Onderzoeks- en Adviescentrum Chemie Arbeid Milieu, Universiteit van Amsterdam:

Leidschendam: Raad van Overleg in de Metaal- en elektrotechnische industrie (ROM), 1994.

Beide boekjes zijn te bestellen bij ROM, Postbus 407, 2260 AK Leidschendam, tel. 070-3209399.

**Literatuur**

- Anonymus; 'Koelsmeermiddelen voor de metaalindustrie; special report', MB Produktietechniek, 57 (1991), nr.12, 408:431.

- Anonymus; Solderen, H. Drijfhout & Zoons, Amsterdam, 1992.

- Boer, E.M. de; Occupational dermatitis by metalworking fluids; an epidemiological study and an investigation on skin irritation using Laser Doppler Flowmetry, Centrale Drukkerij Vrije Universiteit, Amsterdam, 1989.

- Brouwer, D.H., H.C.M. Mulder; Inventarisatie van het voorkomen en gebruik van en blootstelling aan nikkel en -verbindingen in de Nederlandse bedrijfssituatie, MBL-TNO, Rijswijk 1987.

- Clayton, G.D., F.E. Clayton; Patty's Industrial Hygiene (p. 1116-1167), 3rd ed. John Wileys & Sons, 1982.

- DGA; Protocollen voor bedrijfsgezondheidszorg: tetrachlooretheen, S30-6, DGA, Voorburg, 1987.

- Dijk, M. van; Solderen, Chemische Fabrik 'Schiedam', 2e druk, 1989.

- Doorgeest, T. e.a.; Chronische effecten tengevolge van blootstelling aan organische oplosmiddelen, S29-1, DGA, Voorburg, 1986.

- Engström, B., et. al.; 'Exposure to paint degradation products when welding, flame cutting or straightening painted steel'. Am.Ind.Hyg.Assoc.J., 51(1990), 561:565.

- Gannon, P.F.G., P.S. Burge; 'A preliminary report of a surveillance scheme of occupational asthma in the West Midlands', Br. J. Indus. Med., 18(1991), no.9, 579:582.

- Grasso, P.; 'Neurotoxic and neurobehavioral effect of organic solvents on the nervous system', Occ. Med. - State of the Art Reviews-, 3 (1988), no.3, 525:539.

- Gupta, B.N. et. al.; 'A study of respiratory morbidity and pulmonary function among solderes in the electronic industry', Am. Industr. Hyg. Assoc. J., 52(1991), no. 2, 45:51.

- Järholm, B. et. al.; 'Short communication: N-nitrosodiethanolamine in commercial cutting fluids without nitrites', Ann. Occ. Hyg. 25(1991), no.6, 659:663.

- Kettenis, J.J.; Knelpunten bij toepassing van minder gezondheid-belastende verven in de metaalindustrie, S 90, DGA, Voorburg, 1990.

- Minkwitz, D.; Ersatzstoffe für Halogenkohlenwasserstoffe bei der Entfettung und Reinigung in industriellen Prozessen, GA 38, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund, 1991.

- Morgan, W.K.C.; 'On welding, wheezing and whimsy'. Am. Ind. Hyg. Assoc.J. 1989, 50(1989), 59:69.

- Oostendorp, Y., H. Kromhout; Model voor werkplekonderzoek naar de blootstelling aan chemische stoffen. Vakgroep Luchthygië en -verontreiniging. R-154, Wageningen, 1985.

**Tabel 11. Veel gebruikte stoffen bij het etsen en beitsen**

Produkt	Bestanddelen
Etsmiddel <sup>1</sup>	zoutzuur, salpeterzuur, fluorwaterstof, fosforzuur
Beitsmiddel	zoutzuur, salpeterzuur, zwavelzuur, fosforzuur, chroomzuur, natrium- of kaliumhydroxyde, aminen <sup>2</sup> (o.a. triethanolamine)

**Toelichting:**

1. Voor verwijdering masker wordt een reinigingsmiddel op basis van gechloreerde koolwaterstoffen gebruikt.

2. Beitsrem, wordt soms toegevoegd om aantasting van het werkstukmateriaal te voorkomen.

**Tabel 12. Frequentie van meest voorkomende bewerkingen tijdens bedrijfsbezoeken**

Bewerking	Frequentie aantal bedrijven (n/N) (N = 16)
draaien, mig/mag-lassen	8/16
boren, slijpen	7/16
frezen, dampontvetten, alkalisch onvetten	6/16
zagen, coaten-nat, lijmen, buigen	5/16
tig-lassen, elektrode-lassen, hardsolderen, koudontvetten	4/16
snijbranden, coaten-poeder, knippen, ponsen, beitsen, impregneren	3/16

- Pfeiffer, W. u.a.; Kühlschmierstoffe; Umgang, Messung, Beurteilung, Schutzmassnahme, BIA-Report 3/91, BIA, Sankt Augustin 1991.
- Ruigewaard, P.W.G.; 'Toxische stoffenbeleid stapsgewijs op maat', Arbeidsomstandigheden 68 (1992) nr. 12; 715:718.
- Smit, H.A., H. Compaan, M. Matthijsen; Gezondheidsaspecten van het werken met metaalbewerkingsvloeistoffen; een literatuurstudie, S16, DGA, Voorburg, maart 1986:
- Smit, Th. e.a.; Informatiebundel metaalbewerkingen, Ministerie van VROM, Den Haag, 1987
- Sjögren, B. et. al.; Neuropsychiatric symptoms among welders exposed to neurotoxic metals'. *British Journal of Industrial Medicine* 47(1990), 704:707.
- Sorensen, F., H. Petersen; 'A process-base method for the substitution of hazardous chemicals and its application to metal degreasing', *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, 8 (1990), no. 1, 69:84.
- szw; Marktverkenning Metaalproduktenindustrie, een analyse in het kader van het werkplan Arbo-'91, DGA, Voorburg, juli 1989.
- szw; Werken met kankerverwekkende stoffen en processen, P 187, Arbeidsinspectie, SDU Uitgeverij, Den Haag 1994.
- Vorm-Gouman, E. van der; Informatiebundel Galvanische bedrijven, Ministerie van VROM, Den Haag, 1985.
- Wal, J. van der; Onderzoek naar de expositie van lassers aan luchtverontreiniging S46-1, DGA, Voorburg 1989.
- WGD; Rapport inzake grenswaarde anorganisch lood, RA 2/80, DGA, Voorburg, 1980a
- WGD; Rapport inzake grenswaarde cadmium, RA 5/80, DGA, Voorburg, 1980b
- WGD; Rapport inzake grenswaarde 1,1,1 trichloorethaan, RA 3/81, DGA, Voorburg, 1981.
- WGD; Rapport inzake grenswaarde chroom en chroomverbindingen, RA 6/85, DGA, Voorburg 1985a.
- WGD; Rapport inzake grenswaarde nikkel en nikkelverbindingen, RA 3/85, DGA, Voorburg 1985b.
- WGD; Health-based recommended occupational exposure limits for fluorocarbons (except FC11), RA 15/87, DGA, Voorburg 1987.
- WGD; Health-based recommended occupational exposure limits for diisocyanates, RA 3/91, DGA, Den Haag 1991.
- WGD; Health-based recommended occupational exposure limit for ARC welding fume particles not containing chromium and nickel, RA 1/93, DGA, Den Haag, 1993.