

Ser. 4
S 115

SZW

Ministerie van Sociale Zaken
en Werkgelegenheid

Arbeidsomstandigheden in de rubber- en kunststof- verwerkende industrie

Overzicht van de voornaamste knelpunten wat
betreft de blootstelling aan geluid, trillingen,
gassen, dampen en stof

S 115

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



NIA0048720

Arbeidsomstandigheden in de rubber- en kunststof- verwerkende industrie

Overzicht van de voornaamste knelpunten wat
betreft de blootstelling aan geluid, trillingen,
gassen, dampen en stof

P.F.M. Beumer (TNO-NIPG, Leiden)

A.B. Hessels (TNO-NIPG, Leiden)

J.H.M.M. Musson (NIA, Amsterdam)

W.E. Verhoeven (NIPG-TNO, Leiden)

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

ISN-nr.
plaats
datum

5839
327.4, 5115

06 MEI 1991

Onderzoek uitgevoerd in opdracht van het
Directoraat-Generaal van de Arbeid door het
Nederlands Instituut voor Praeventieve
Gezondheidszorg TNO

april 1991

CIP-gegevens Koninklijke Bibliotheek, Den Haag

Arbeidsomstandigheden

Arbeidsomstandigheden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie: overzicht van de voornaamste knelpunten wat betreft de blootstelling aan geluid, trillingen, gassen, dampen en stof/P.F.M. Beumer ... [et al.]. - Den Haag: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. - Ill. - ([Studie]/ Directoraat-Generaal van de Arbeid, [Arbeidsinspectie], ISSN 0921-9218; S 115)

Een studie uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO, in samenwerking met het Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden.

- NIPG-publikatienummer 91006. -

Met lit. opg.

ISBN 90-5307-161-X

Trefw.: arbeidsomstandigheden; rubberverwerkende industrie/
arbeidsomstandigheden; kunststofverwerkende industrie.

INHOUD

pagina

1. INLEIDING	1
1.1 Vooraf	1
1.2 Selectie van al dan niet opnemen	2
1.3 Beoordeling	3
1.3.1 Geluid	3
1.3.2 Trillingen	5
1.3.2.1 Handarmtrillingen	5
1.3.2.2 Lichaamstrillingen	6
1.3.3 Toxische stoffen	7
1.4 Algemene informatie over maatregelen	9
1.4.1 Algemeen	9
1.4.1.1 Meerdere bronnen	9
1.4.1.2 Arbeidshygiënische strategie	9
1.4.1.3 Taakroulatie	10
1.4.2 Geluid	11
1.4.2.1 Werkcabines en omkastingen	11
1.4.2.2 Geluidschermen	12
1.4.3.3 Geluidabsorberend plafond	13
1.4.3 Trillingen	14
1.4.3.1 Het isoleren van mechanische trillingen	14
1.4.3.2 Handschoenen en handvatten	18
1.4.3.3 Oplossingen door keuzen in het ontwerpproces	20
1.4.3.4 Effecten van de verschillende soorten oplossingen	24
1.4.4 Toxische blootstelling	25
1.4.4.1 Afzuiging	25

	pagina
1.4.4.2 Ventilatie	25
1.4.4.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen	26
1.5 Rubber- en kunststofverwerkende industrie	26
1.6 Overige belastende arbeidsomstandigheden	28
2. VOORBEWERKEN	29
2.1 Verkleinen van het aangevoerde materiaal	29
2.1.1 Snijmachine	29
2.2 Afwegen en mengen van toeslagstoffen	30
2.2.1 Toeslagstoffen voor rubber (geluid, trillingen, toxische stoffen)	31
2.2.2 Toeslagstoffen voor kunststof (geluid, trillingen, toxische stoffen)	37
3. VORMGEVEN	43
3.1 Verwarmen en transport (toxische stoffen)	43
3.2 Kalanderen (geluid, toxische stoffen)	45
3.3 Extruderen, spuitgieten en persen (geluid, toxische stoffen)	46
3.4 Overige vormgevingstechnieken (toxische stoffen)	48
3.5 Loopvlakvernieuwing (geluid, toxische stoffen)	50
3.6 Vulkaniseren	51
3.6.1 Discontinue vulkanisatie (geluid, toxische stoffen)	52
3.6.2 Continue vulkanisatie (toxische stoffen)	54

	pagina
4. AFWERKEN	55
4.1 Verspanende bewerkingen (geluid, trillingen, toxische stoffen)	55
4.2 Controleren (toxische stoffen)	57
4.3 Verwerken van afvalprodukten (geluid, toxische stoffen)	58
5. OVERIGE WERKZAAMHEDEN	60
5.1 Reinigen	60
5.1.1 Zuigen (geluid, toxische stoffen)	60
5.1.2 Blazen (geluid, toxische stoffen)	62
5.1.3 Ontvetten met oplosmiddelen (toxische stoffen)	63
5.2 Onderhoud	64
5.2.1 Onderhoudswerk (geluid, trillingen, toxische stoffen)	64
5.3 Intern transport	68
5.3.1 Heftrucks (geluid, trillingen, toxische stoffen)	68
LITERATUUR	73
BIJLAGE	77

1. INLEIDING

1.1 Vooraf

In dit rapport zijn de bevindingen weergegeven van een literatuuronderzoek naar de arbeidsomstandigheden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie. Het doel van het onderzoek is een inventarisatie van de voornaamste knelpunten. De inventarisatie is beperkt tot geluid, trillingen en blootstelling aan gassen, dampen en stof.

De algemene informatie betreffende trillingen is grotendeels aangeleverd door het NIA (Y. Musson). De overige informatie is afkomstig van het NIPG (Beumer, Hessels en Verhoeven).

Algemeen

De schrijvers zijn zich bewust dat een dergelijk overzicht van de voornaamste knelpunten in de rubber- en kunststofverwerkende industrie niet het stempel van volledigheid toekomt. De literatuurstudie is beperkt gebleven tot de belangrijkste publicaties, op grond waarvan wordt aangenomen dat de meeste problemen zijn gedekt. Hiaten in de informatie komen vooral voort uit de grote diversiteit in arbeidssituaties: de verschillen tussen grote en kleine bedrijven, tussen relatief moderne en relatief oudere bedrijven, tussen kleine en grote werkstukken. Daarnaast is in de literatuur van een groot aantal problemen weinig of geen (met name kwantitatieve) informatie te vinden. Door het verwerken van commentaar van deskundigen op een concept-versie van het rapport zijn de genoemde beperkingen van dit overzicht zo veel mogelijk ondervangen.

Kwantitatieve informatie

Een belangrijk deel van de hier opgenomen informatie over intensiteiten (niveaus en dergelijke) is gebaseerd op incidentele situaties. Het generaliseren van dergelijke informatie vereist voorzichtigheid.

Mogelijke maatregelen

De weergegeven verbeteringsmogelijkheden zijn de voornaamste mogelijkheden die in de literatuur zijn genoemd. Uiteraard staat niet zonder meer vast dat ze zinvol zijn in ogenschijnlijk vergelijkbare situaties. Voordat ze in andere situaties worden toegepast is vaak in ieder geval enige aanpassing nodig.

De presentatie van de informatie over trillingsproblematiek is enigszins afwijkend: over de verbeteringsmogelijkheden is (vergeleken met geluid- en toxische problemen) relatief de meeste informatie te vinden in het algemene deel (paragraaf 1.4.3). Voor de andere aspecten is de meeste informatie over de verbeteringsmogelijkheden te vinden bij het betreffende knelpunt. De voornaamste reden voor deze afwijkende presentatievorm is dat anders vooral voor trillingen te vaak herhaling van informatie zou plaatsvinden. Een andere belangrijke reden hiervoor is dat relatief weinig informatie is gevonden over specifieke trillingsproblemen en over de oplossingsmogelijkheden die daarvoor gelden. Een gevolg hiervan is wel dat voor een juist begrip van de informatie per knelpunt (hoofdstuk 2 en verder) het algemene deel (hoofdstuk 1) als bekend moet worden verondersteld.

Aanvullend onderzoek

Gezien de beperkingen van een literatuurstudie zoals deze (zie algemeen) is ons inziens aanvulling met praktijkervaringen zinvol. Hierbij denken we aan het inventariseren van praktijkervaringen van arbo-deskundigen zoals arbeidshygiënisten, ergonomen en veiligheidskundigen. Dit kan een belangrijke aanvulling geven van kwantitatieve informatie over de blootstelling en van informatie over de praktische haalbaarheid van maatregelen.

1.2 Selectie van al dan niet opnemen

Het voorliggend rapport bevat een overzicht van de voornaamste knelpunten bij de blootstelling aan geluid, trillingen en toxische stoffen in de rubber- en kunst-

stofverwerkende industrie. De keuze om een bepaalde belastende situatie in het overzicht op te nemen is in de eerste plaats gebaseerd op twee overwegingen:

- aantal mensen dat er aan blootgesteld is;
- niveaus, met name de kans op blijvende gezondheidseffecten.

Bedoelde kwantitatieve informatie over deze twee aspecten is beperkt in de geraadpleegde literatuur te vinden. Het zelf verzamelen van die informatie in de praktijk maakt geen deel uit van de opdracht. Daarom is de wijze van selecteren voor een deel die van een "educated guess", die middels de commentaarronde bij deskundigen nader getoetst wordt.

1.3 Beoordeling

Voor een selectie van welke belastende situaties wel en niet in het overzicht zijn opgenomen heeft centraal gestaan de kans op nadelige gezondheidseffecten door die blootstelling. Dit houdt met name in dat hinderlijke situaties, die geen kans op nadelige gezondheidseffecten met zich meebrengen, in principe buiten het overzicht zijn gebleven.

1.3.1 Geluid

Mogelijke gezondheidseffecten

Blootstelling aan lawaai kan leiden tot gehoorschade. Bij gemiddelde geluidsniveaus op de arbeidsplaats boven 80 dB(A) loopt men kans op den duur gehoorschade op te lopen. Andere mogelijke gezondheidseffecten van lawaai tijdens het werk zijn vooral stress-achtige verschijnselen zoals hinder, verhoogde bloeddruk, slechtere nachtrust enz. Dergelijke, vaak reversibele verschijnselen kunnen over het algemeen bij aanzienlijk lagere geluidsniveaus optreden (globaal boven 60 dB(A)).

Richtlijnen

De voornaamste richtlijn voor de beoordeling van lawaai op de arbeidsplaats is de wettelijke bepaling op dit punt. Deze komt globaal neer op het volgende [Iping, 1987]:

- gemiddelde geluidsniveaus boven 80 dB(A) kunnen schadelijk zijn voor het gehoor. De werkgever is verplicht boven deze grens afdoende gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking te stellen;
- als er werkzaamheden voorkomen met een gemiddeld geluidsniveau boven 85 dB(A), wordt de werkgever geacht geluidreducerende maatregelen te treffen, voorzover dit redelijkerwijs gevergd kan worden;
- als er werkzaamheden voorkomen met een gemiddeld geluidsniveau boven 90 dB(A), is de werknemer verplicht gehoorbeschermingsmiddelen te gebruiken.

Situaties in het overzicht

Bij de afweging om een situatie wel of niet op te nemen in dit rapport is uitgegaan van een gemiddeld geluidsniveau tijdens de werkdag, uitgedrukt in dB(A). Als het daggemiddelde boven 80 dB(A) is, is de situatie in principe opgenomen (tenzij de situatie op zeer beperkte schaal voorkomt). Als het gemiddeld geluidsniveau tijdens een werkzaamheid duidelijk boven 80 dB(A) is en waarschijnlijk is dat het daggemiddelde ook boven 80 dB(A) kan zijn, is de situatie ook opgenomen. Er is van afgezien ook situaties met niveaus tussen 60 en 80 dB(A) op te nemen, omdat dan vrijwel alle produktieruimtes in de rubber- en kunststofverwerkende industrie in het overzicht zouden voorkomen en het onderscheid tussen ernstige en minder ernstige situaties verdwenen is.

1.3.2 Trillingen

1.3.2.1 Handarmtrillingen

Mogelijke gezondheidseffecten

Het bekendste gezondheidseffect is het ontstaan van witte of dode vingers. Witte vingers zijn een resultaat van perifere vaat- en zenuwaandoeningen. Andere gezondheidseffecten die in de literatuur worden genoemd zijn verminderde spierkracht, pijn en stijfheid in spieren, afwijkingen aan botten en gewrichten en een aantal algemene klachten [Musson, Burdorf & Van Drimmelen, 1986].

Richtlijnen

In Nederland bestaan nog geen wettelijke grenzen of advieswaarden voor trillingsbelasting. Door de Nederlands Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) is een voorstel ontwikkeld voor grenswaarden [NVVA, 1988]. Als uitgangspunt wordt daarin voor een dagelijkse blootstellingsduur van 4 uur een grenswaarde van 3 m/s^2 gehanteerd. Bij deze grenswaarde wordt dan toegestaan dat 10 % van de populatie na 10 jaar symptomen van witte vingers krijgt. Om een absolute limiet te stellen ongeacht de blootstellingsduur wordt een maximaal toelaatbare waarde aanbevolen van 10 m/s^2 . Deze grenswaarden zijn bij langdurige blootstelling geen veilige grens, waaronder geen gezondheidseffecten zijn te verwachten. Lichtere stadia van witte vingers kunnen ook onder deze grenswaarden optreden. Voor andere mogelijke gezondheidseffecten ontbreken dosis-effect relaties, zodat het niet mogelijk is veilige grenswaarden hiervoor aan te geven. Brammer [1982] geeft als veilige grens 1 m/s^2 aan.

De Nederlandse overheid heeft onlangs ook voorstellen gedaan voor richtlijnen [Iping, 1989]. De in het beleidsvoornemen genoemde grenswaarden hebben betrekking op een effectieve dagelijkse blootstelling van 4 uur. Deze voorstellen voor richtlijnen komen neer op het volgende:

- gezondheidsgrens van $1,5 \text{ m/s}^2$. Dit is in feite een streefwaarde;
- actiegrens van 3 m/s^2 . Hierboven dient een werkgever, voorzover dat redelijkerwijs kan worden verlangd, maatregelen te nemen om het

trillingsniveau op of onder 3 m/s^2 te brengen. Wanneer technische maatregelen niet mogelijk zijn, dient de werkgever over te gaan op organisatorische maatregelen in de vorm van verkorting van de blootstellingsduur.

Zoals uit de toelichting op het voorstel van de NVVA moge blijken is ook de door de overheid voorgestelde actiegrens geen veilige grens: onder die grens zijn nog steeds gezondheidseffecten mogelijk, zeker bij zeer langdurige blootstelling.

Situaties in het overzicht

Als centrale beoordelingsgrootte wordt in principe uitgegaan van het zogenaamde 4-uurs equivalent gewogen versnellingsniveau. Deze waarde kan worden berekend uit de gewogen effectieve versnelling gedurende de blootstelling en uit de blootstellingsduur per dag (zie bijlage 1). Als grenswaarde die hier wordt gehanteerd voor het al dan niet opnemen van een situatie in het overzicht wordt uitgegaan van de gezondheidsgrens van $1,5 \text{ m/s}^2$, zoals weergegeven in de ontwerp-richtlijn van de overheid [Iping, 1989].

1.3.2.2 Lichaamstrillingen

Mogelijke gezondheidseffecten

In volgorde van toenemende intensiteit kunnen lichaamstrillingen aanleiding geven tot verminderd comfort, vermoeidheid, en tenslotte (acute) gezondheidsschade. De gezondheidseffecten kunnen zeer divers zijn, met name klachten aan spieren, gewrichten en ingewanden, hoofdpijn en beïnvloeding van de bloedcirculatie [Musson, Burdorf & Van Drimmelen, 1986].

Richtlijnen

Door de Nederlandse overheid zijn voorstellen gepresenteerd voor richtlijnen [Iping, 1989]. Deze voorstellen komen globaal neer op het volgende:

- gezondheidsgrens $0,25 \text{ m/s}^2$. Dit is in feite een streefwaarde. Deze waarde komt overeen met de waarde die in een ontwerp-richtlijn van de EEG voorkomt voor fabrikanten van trillende machines en gereedschappen;
- actiegrens $0,5 \text{ m/s}^2$. Boven deze waarde zijn maatregelen noodzakelijk, analoog aan de ontwerp-richtlijn voor handarmtrillingen. De actiegrens is geen absoluut veilige grens, waarbeneden gezondheidseffecten zeker voorkomen worden.

De waarden gelden voor een 8-urige blootstelling per dag. Bij korter durende blootstelling gelden overeenkomstig de rekenregels van de ISO hogere grenswaarden (zie bijlage 1).

Situaties in het overzicht

Als grenswaarde voor het al dan niet opnemen van situaties in het rapport is uitgegaan van de gezondheidsgrens van $0,25 \text{ m/s}^2$, zoals aangegeven in de ontwerp-richtlijn van de overheid.

1.3.3 Toxische stoffen

Mogelijke gezondheidseffecten

De gezondheidseffecten, die mensen kunnen ondervinden als gevolg van blootstelling aan gassen, dampen en stof, zijn zeer divers. Ze hangen met name af van de volgende aspecten:

- chemische samenstelling van de blootstelling (bij mengsels);
- deeltjesgrootte (bij stof);
- andere belastingsvormen, zowel tijdens als voor en na de blootstelling (hitte, fysieke inspanning, roken);
- intensiteit van blootstelling (concentratie en tijdsduur);
- gezondheid;
- inwerkingsweg op het lichaam (via de ademhaling, via de huid, via de ogen of via de spijsvertering).

Mede door de boven aangegeven diversiteit aan invloedsfactoren kunnen de gezondheidseffecten ook sterk uiteenlopen. Een relevant onderscheid voor de effecten is [Arbojaarboek, 1989]:

- acute effecten. Deze bereiken vaak binnen enkele minuten na de blootstelling hun hoogtepunt en zijn vaak omkeerbaar. Ook mogelijk is dat de effecten met enige vertragingstijd optreden, bijvoorbeeld enige uren na de blootstelling;
- chronische effecten, door langdurige of herhaaldelijke blootstelling. Dergelijke effecten nemen na beëindiging van de blootstelling meestal niet of zeer langzaam in sterkte af.

Grenswaarden voor beoordeling

Voor de beoordeling staan de zogenaamde MAC-waarden van de stoffen centraal. De MAC-waarde van een gas, damp, nevel of stof is die concentratie in de lucht op de werkplek die:

- voorzover de huidige kennis reikt;
- bij herhaalde blootstelling;
- ook gedurende een langere, tot zelfs het arbeidsleven omvattende periode;
- in het algemeen;
- de gezondheid van werknemers;
- zowel als hun nageslacht;

niet benadeelt [Arbojaarboek, 1989].

Enige kanttekeningen:

- MAC-waarden houden geen rekening met opname van de stof via de huid en/of door de mond;
- MAC-waarden gelden in principe niet bij mengsels. Voor enkele mengsels zijn grenswaarden opgesteld, zoals voor lasrook;
- MAC-waarden zijn geen absoluut veilige grenzen voor iedere werknemer;
- ook in bijzondere werksituaties (bijvoorbeeld bij fysiek zware arbeid) kunnen de MAC-waarden onvoldoende bescherming bieden;
- voor zeer veel stoffen bestaan (nog) geen MAC-waarden.

Situaties in het overzicht

Als grenswaarde voor het al dan niet opnemen van situaties in het rapport is in principe uitgegaan van een concentratie ter grootte van de helft van de MAC-waarde. Daar waar geen kwantitatieve gegevens beschikbaar waren over de voorkomende concentraties is geschat of dergelijke concentraties redelijkerwijs kunnen optreden. Daar waar geen MAC-waarde beschikbaar is of bij complexe mengsels is het criterium voor vermelding in het overzicht of er sprake is van ernstige hinder.

1.4 Algemene informatie over maatregelen

In deze paragraaf is informatie opgenomen over algemene principes voor maatregelen en algemene aspecten die een rol spelen bij het treffen van maatregelen.

1.4.1 Algemeen

1.4.1.1 Meerdere bronnen

Typerend voor een groot deel van de in het rapport vermelde situaties is dat de blootstelling niet wordt veroorzaakt door slechts één bron, maar vaak door meerdere bronnen. Voor het treffen van maatregelen is dan van groot belang dat het uiteindelijke effect van de maatregel aan een bron sterk wordt bepaald door de relatieve bijdrage van die bron aan de totale blootstelling op de arbeidsplaats. Dit is een van de voornaamste redenen dat generaliseren van het effect van een bepaald type maatregel grote voorzichtigheid vereist.

1.4.1.2 Arbeidshygiënische strategie

In het algemeen is bij het treffen van maatregelen de zogenaamde arbeidshygiënische strategie de beste benadering. Deze strategie houdt de volgende volgorde in:

1. *Elimineren van de bron.*

Eerst wordt gekeken naar mogelijkheden om te voorkomen dat de bron wordt gebruikt, bijvoorbeeld door toepassing van een andere bewerkingswijze.

2. *Maatregelen aan de bron.*

Als de bron niet kan worden voorkomen is het zaak de produktie van belastende omstandigheden door de bron zoveel mogelijk te beperken. Dit houdt bijvoorbeeld in een zo stil mogelijke motor.

3. *Maatregelen direct om de bron.*

Vervolgens is het zaak te kijken naar mogelijkheden de geproduceerde belastende omstandigheden te omkapselen, bijvoorbeeld door het omkassen van een bron of het afschermen of afzuigen direct bij de bron.

4. *Maatregelen in omgeving.*

Vervolgens komen maatregelen in de verdere omgeving aan de orde, bijvoorbeeld een geluidabsorberend plafond of een goede ventilatie.

5. *Organisatorische maatregelen.*

Bij organisatorische maatregelen moet men denken aan het beperken van de blootstellingsduur, bijvoorbeeld door roulatie.

6. *Persoonlijke beschermingsmiddelen.*

Tenslotte, als geen van de boven genoemde principes voldoende effect oplevert, moet men denken aan persoonlijke beschermingsmiddelen: gehoor-
kappen, handschoenen, ademhalingsbescherming enz.

De genoemde mogelijkheden voor maatregelen moet men daarom zien in het licht van de boven toegelichte arbeidshygiënische strategie. Dit houdt bijvoorbeeld in dat een schoner produktieproces in principe de voorkeur verdient boven het aanbrengen van een afzuig- en ventilatiesysteem.

1.4.1.3 Taakroulatie

Men kan de blootstelling per persoon beperken door een taak door meer mensen uit te laten voeren. Om te beoordelen of hierdoor betere arbeidsomstandigheden worden bereikt moeten de volgende punten in aanmerking worden genomen:

- voor de tot dan toe meest blootgestelde mensen is het een verbetering, voor de mensen die voortaan meer blootgesteld worden echter een verslechtering;
- als in plaats van dit belastende werk werkzaamheden worden uitgevoerd die zeker zo belastend zijn (bijvoorbeeld in plaats van lawaai veel trillingen), is ook voor de tot dan toe meest blootgestelde mensen eerder sprake van een verschuiving van problemen in plaats van een verbetering;
- in het algemeen is bij korter durende blootstelling aan belastende arbeidsomstandigheden de kans groter dat persoonlijke beschermingsmiddelen niet worden gebruikt ("het duurt maar even"). Daardoor kan de effectieve blootstelling zelfs groter worden;
- uit het oogpunt van de functieinhoud kan het een verbetering betekenen, als tenminste sprake is van een taakverrijking (bijvoorbeeld een meer samenhangend takenpakket) en niet van verbreding met hetzelfde type werk (bijvoorbeeld naast slijpen voortaan ook zagen).

1.4.2 Geluid

1.4.2.1 Werkcabines en omkastingen

Beschrijving

Het principe is dat werk in een aparte, afgescheiden ruimte wordt uitgevoerd. Dit betreft dan werk dat overlast voor de omgeving veroorzaakt, met name lawaai en de produktie van gassen, dampen en stof.

Effect

Afhankelijk van de uitvoering van de cabine of omkasting en de frequentie van het geluid zijn geluidreducties tot 40 dB(A) realiseerbaar. De kleinste reducties worden bereikt met name bij laagfrequent geluid en tamelijk lichte panelen of wanden. Ook kieren, gaten, openingen bij de in- en uitvoer van het produkt en openingen en doorvoer van afzuigleidingen en deursluitingen beperken al snel het maximaal te bereiken effect. Als het oppervlak van de opening 1 % is van het totale oppervlak, is de maximaal te bereiken reductie nog 20 dB(A). De

grootste reducties worden bereikt wanneer zeer goed afgedichte cabines met zware wanden worden geïnstalleerd, vooral bij middenfrequent geluid.

Praktische aspecten

- **Geluidisolatie.**

Een zeer belangrijke eis aan de uitvoering is dat de wand van de omkasting of cabine voorzien zal moeten zijn van geluidisolierend en -absorberend materiaal en trillingsvrij en goed afgedicht op de vloer gemonteerd moet worden [Steenbrugge, Gerretsen & Tukker, 1985].

- **Transport van werkstukken.**

Voor omvangrijke en/of zware werkstukken is het vaak erg moeilijk om deze naar een aparte ruimte te vervoeren. Dit probleem is nog groter als deze ruimte niet over een kraanbaan beschikt die goed aansluit op de kranen in de aangrenzende ruimte, of als grondvervoer moeilijk is.

- **Benodigde tijd voor die werkzaamheden**

Als de overlast veroorzakende werkzaamheden relatief kort duren ten opzichte van de transporttijd van het werkstuk van en naar deze ruimte, dan is het niet realistisch te verwachten dat men deze ruimte voor dit werk gebruikt. Het is daarom in ieder geval gunstig om de overlast gevende werkzaamheden in zolang mogelijk aaneengesloten tijdsdelen te clusteren.

1.4.2.2 Geluidschermen

Beschrijving

Door rondom een geluidbron schermen te plaatsen kan het geluid enigszins worden afgeschermd. Voor een afschermend effect is minimaal vereist dat de bron aan het zicht wordt onttrokken.

Effect

Het geluidreducerend effect is vaak beperkt tot ca. 5 dB(A), maximaal wordt ca. 10 dB(A) reductie bereikt. De grootste reductie wordt bereikt als een groot scherm dicht bij de bron wordt geplaatst en de ruimte over een absorberend plafond

beschikt. De kleinste reducties bereikt men in akoestisch harde ruimtes als het scherm tamelijk ver van de bron is geplaatst.

Praktische aspecten

- **Routing**

Het voornaamste nadeel van schermen is dat ze de doorgang bemoeilijken.

- **Benodigde ruimte**

Schermen nemen ook ruimte in, niet alleen door het scherm zelf, maar ook doordat met schermen de vrije ruimte aan weerszijden van het scherm niet meer gecombineerd kan worden benut.

1.4.2.3 Geluidabsorberend plafond

Beschrijving

Door een geluidabsorberend plafond wordt de geluidreflectie tegen het plafond beperkt. Dergelijke plafonds worden tegenwoordig op grote schaal toegepast, zowel in kantoren als in fabrieken.

Effect

Over het algemeen is het effect van een geluidabsorberend plafond beperkt tot een reductie van het algemeen halniveau met ca. 3 dB(A). In de directe omgeving van geluidbronnen is het effect meestal nihil. De subjectieve verbetering is over het algemeen aanzienlijk groter dan de gemeten geluidreductie zou doen vermoeden, waarschijnlijk doordat het geluid minder diffuus is ("het komt niet meer van alle kanten op je af"). In het algemeen heeft een geluidabsorberend plafond vooral zin als het achtergrondniveau in de ruimte wezenlijk bijdraagt aan het totale geluidsniveau op de arbeidsplaats. Dit is bijvoorbeeld als er sprake is van een groot aantal min of meer even lawaaiige machines in dezelfde ruimte.

Geluidabsorberende plafonds zijn in een grote verscheidenheid standaard te koop. De keus uit het marktaanbod vereist een zorgvuldige afweging van aspecten zoals kans op vervuiling, vereiste lichtreflectie, bouwfysische aspecten (bijvoorbeeld combineren met thermische isolatie), kans op mechanische beschadiging en eventuele hygiënische eisen.

1.4.3 Trillingen

1.4.3.1 Het isoleren van mechanische trillingen

Toelichting

Isoleren van trillingen geschiedt meestal door de eigenfrequentie van een systeem (bijvoorbeeld handgrepen + handen of stoel + chauffeur) lager te kiezen dan de frequentie van de trillingsbron. Dit is passieve trillingsisolatie. De eigenfrequentie van een systeem is de frequentie waarmee het systeem uittrilt nadat het in trilling is gebracht. Deze is afhankelijk van constructieve eigenschappen. Een trillingsbron is veelal gegeven: voor roterend handgereedschap zijn dit meestal niet-gebalanceerde draaiende delen, voor slaand gereedschap het slagmechanisme en bij voertuigen vooral het wiel-wegcontact.

Een voorbeeld kan het principe van trillingsisolatie duidelijk maken. Een niet-machine hangt vrijwel stil aan een (slap) elastiekje dat wordt vastgehouden door een snel op- en neergaande hand. De niet-machine is door het elastiekje geïsoleerd van de trillingen van de hand, de trillingsbron. Het systeem elastiekje plus niet-machine heeft een lage eigenfrequentie ten opzichte van de frequentie van de trillingsbron. Deze lage eigenfrequentie is een gevolg van de combinatie van een relatief grote massa en een relatief slap veerelement. Het gevaar van een dergelijke isolatie komt naar voren wanneer de frequentie van de trillingsbron in de buurt komt van de eigenfrequentie. Bij een langzaam op- en neergaande hand kan de niet-machine zelfs een veel grotere uitwijking (amplitude) vertonen dan de hand; we noemen dit opslinging (resonantie). Het is mogelijk om deze opslinging te verminderen door het toevoegen van demping. Om dit duidelijk te

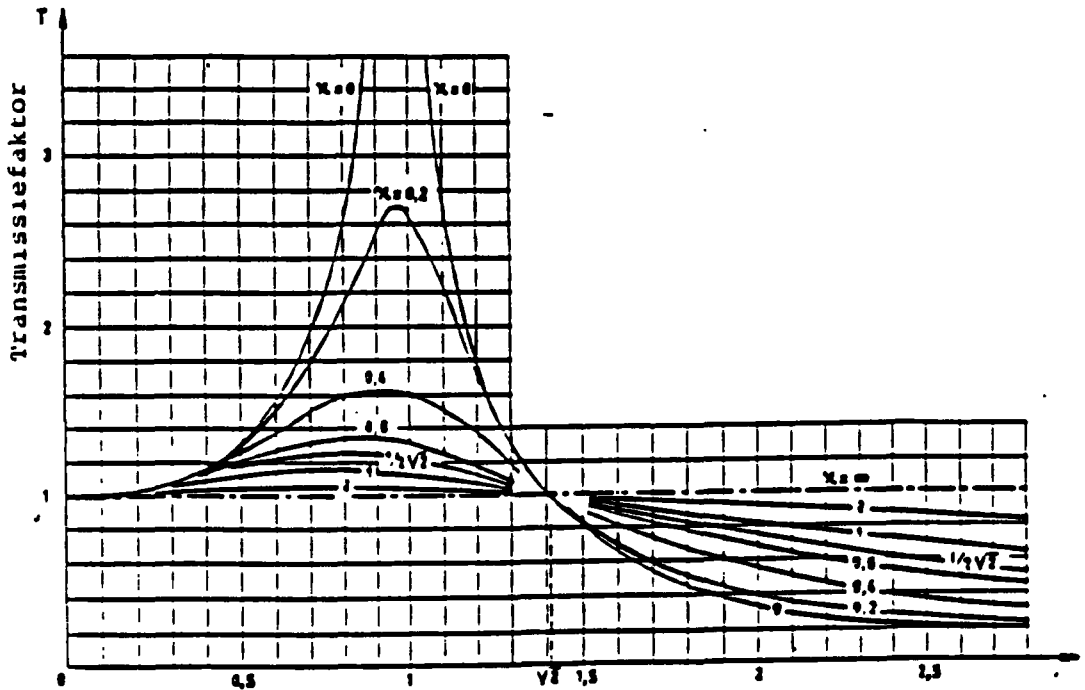
maken gebruiken we een diagram (figuur 1) en het begrip (trillings)transmissiefactor. Deze laatste geeft aan hoe groot de uitwijking (amplitude) van het systeem is in vergelijking met de uitwijking van de trillingsbron. Een transmissiefactor kleiner dan 1 duidt op trillingsisolatie, een factor groter dan 1 op opslingering. De transmissiefactor is uitgezet tegen de verhouding van de (opgedrongen) bronfrequentie en de (door de ontwerper gekozen) eigenfrequentie. Voor een nauwelijks gedempt systeem zoals de nietmachine aan het elastiekje, is de lijn met $K = 0$ van toepassing. Deze factor K (Kappa) staat voor de dempingsgraad.

De opslingering in het kritische gebied kan worden verminderd door het toepassing van meer damping: een grotere factor K in de figuur. Bij damping wordt energie geabsorbeerd uit de trilling. Iedere veer bezit een zekere damping. Wanneer deze damping onvoldoende is, zoals in geval van stalen veren of luchtvering, moeten aparte dampingselementen worden aangebracht. Op deze wijze wordt de damping van het systeem vergroot en de opslingering in het kritische gebied beperkt. Met het diagram van figuur 1 wordt duidelijk dat het trillingsprobleem van een laadschop op rupsen eenvoudiger is op te lossen dan dat van een op grote luchtbanden, een wiellader. De eerste produceert frequenties in de orde 5 - 8 Hz en de wiellader veel lagere: 1 - 2 Hz. Een moderne afgeveerde stoel met een eigenfrequentie van 1,5 Hz levert op het rupstuig een goed resultaat. Op de wiellader echter isoleert deze stoel slechts een gedeelte van de trillingen (boven de $4^{\frac{1}{2}}$ x 1,5 Hz) en versterkt de lagere. Om deze versterking binnen de perken te houden is damping nodig. Daarom is het niet verwonderlijk dat bestuurders van wielladers hun stoel vastzetten. Dat betekent maximale damping ($K = \text{oneindig}$) en wordt in het diagram weergegeven door een horizontale lijn op hoogte $T = 1$ [Van Drimmelen et al., 1988].

Samengevat: passieve isolatie gaat uit van een massaveersysteem. Een massaveersysteem heeft vering en damping. Het resultaat van de isolatie (de eigenfrequentie van het systeem lager kiezen van de bronfrequentie) hangt af van deze vering en damping en van de bronfrequentie, zoals aangegeven in het diagram van figuur 1. Isolatie wordt gekarakteriseerd door de trillingstransmissiecoëfficiënt.

Naast passieve is er ook actieve isolatie. Hierbij wordt informatie over de bronfrequentie doorgegeven aan een actief geregelde vering. Een voorbeeld daarvan zijn actieve hydraulisch geregelde stoelen [Köhne, 1981].

Figuur 1 Transmissiefactor ten opzichte van de verhouding bronfrequentie/eigenfrequentie [Fockens, 1981 in: Van Drimmelen et al., 1986].



Knelpunten bij trillingsisolatie

Bij het toepassen van passieve trillingsisolatie zijn twee knelpunten bij uitstek te noemen:

1. het ontstaan van opslinging door een onderlinge toenadering van de eigenfrequentie en de bronfrequentie, waardoor de trillingsbelasting wordt vergroot;
2. toenemende onveiligheid door slappe van het systeem of opslinging.

Opslingering

Opslingering door toenadering van de eigenfrequentie en bronfrequentie kunnen op verschillende manieren ontstaan.

- a Door een daling van de bronfrequentie in de richting van de eigenfrequentie.

Voorbeeld 1: een bosmaaier wordt in een fabriek getest op trillingsbelasting. Deze blijkt aanvaardbaar voor 1 of 2 uur werken. In de praktijk van een loonwerker wordt de bosmaaier echter ingezet op werk dat eigenlijk iets te zwaar voor de maaier is: het toerental (de bronfrequentie) daalt en komt in het kritische gebied van de eigenfrequentie. De isolatie-elementen functioneren dan nauwelijks meer en veroorzaken deels het tegengestelde: opslinging. De trillingsbelasting is ontoelaatbaar zelfs voor één uur per dag.

Voorbeeld 2: een goede luchtgeveerde stoel kent een eigenfrequentie tussen de 1 en 2 Hz. Het aanbod aan trillingen ligt grotendeels boven die eigenfrequentie. In de praktijk produceren trillingsbronnen stochastisch trillingen, waarin diverse frequenties voorkomen. Op onverwachte momenten kan door de aard van het wegdek of ondergrond, gecombineerd met de rijsnelheid toch af en toe een trillingsaanbod voorkomen dat overeenkomt met de eigenfrequentie van de luchtgeveerde stoel. Het gevolg is dat de chauffeur op onverwachte momenten een opslinging krijgt.

Voorbeeld 3: bij het opstarten en stoppen van een apparaat of machine daalt de bronfrequentie en ontstaat opslinging.

- b Door een stijging van de eigenfrequentie in de richting van de bronfrequentie.

Voorbeeld 1: de massa van het massaveersysteem veranderd. De eigenfrequentie van een onbeladen vrachtwagen is hoger dan de eigenfrequentie van een beladen vrachtwagen. Bij een onbeladen vrachtwagen zal minder isolatie optreden.

Voorbeeld 2: veerlelementen verouderen of worden verwijderd. Veerelementen verliezen na verloop van tijd hun trillingsisolerende werking. Door verstijving van rubber elementen wordt de eigenfrequentie van het systeem verhoogd. In de praktijk gebeurt dit veelal al voordat het apparaat of de machine zelf aan vervanging toe is.

Een rubberen ring, die dient ter vermindering van de terugslag van een hakhamer, wordt door sommige gebruikers verwijderd vanwege het ongemak. De hamer is bij het vastlopen van de beitelpunt in het te slopen materiaal namelijk lastig los te krijgen.

- c Door slijtage van dempingselementen. In situaties waarin de eigenfrequentie en bronfrequentie dicht bij elkaar liggen ontstaat opslingering wanneer de dempingselementen niet meer functioneren.

Herontwerp en persoonlijke beschermingsmiddelen

Genoemde problemen bij het toepassen van trillingsisolatie spelen een rol wanneer de reductie van trillingsbelasting wordt aangepakt via herontwerp van apparaat, machine of voertuig. Bij voertuigen valt te denken aan luchtgeveerde stoelen, afgeveerde cabines en bij handapparaten aan handgrepen en het gebruik van handschoenen.

1.4.3.2 Handschoenen en handvatten

Op zich zijn het toepassen van zogenaamde trillingsdempende handschoenen of trillingsdempende handvatten nauwelijks of maar beperkt effectief. Om het effect goed te kunnen meten zijn erkende standaard testmethoden noodzakelijk. Voor het meten van het effect van handschoenen en handvatten ontbreekt een dergelijke testmethode tot nu toe. Het ontbreken van een testmethode voor handschoenen gecombineerd met het feit dat er niet in alle gevallen voldoende informatie beschikbaar is over gehanteerde testprocedures door producenten van handschoenen, maakt een goede beoordeling van het effect van handschoenen moeilijk [Bednall, 1988].

In veel laboratoria is gewerkt aan de ontwikkeling van trillingsisolerende handschoenen en handgrepen [Miwa, Yonekawa & Kanada, 1979; Rodgers, et al., 1982; Christ 1982, 1986a & 1986b]. Deze ontwikkeling zet nog door. De resultaten zijn echter niet bemoedigend. Algemeen wordt aangenomen dat door gebruik van dergelijke handschoenen alleen bij frequenties boven de 200 Hz enige isolatie optreedt. In situaties met voornamelijk laagfrequente trillingen (zoals breek-, hak- en bikhammers of slagmoersleutels) hebben dergelijke handschoenen geen effect. Met name gewrichtsafwijkingen worden vermoedelijk

veroorzaakt door laag frequente trillingen (16 - 25 Hz) met grote intensiteit (stotend slaggereedschap) [Verberk & Koemeester, 1985].

De voor het menselijk lichaam meest schadelijke trillingen voor handen en armen worden geacht te liggen in het frequentiegebied tussen de 6 en 1250 Hz [ISO, 1986]. De gevoeligheid van handen en armen is binnen dit frequentiegebied echter niet gelijk. Verschillende onderzoeken naar damping door het menselijk lichaam tonen aan dat trillingen met hoge frequenties worden gedempt dicht bij het huidoppervlak in vingers en handen. Lagere frequenties echter (beneden de 500 - 200 Hz) worden veel slechter gedempt waardoor weefsels ver van het huidoppervlak worden aangeslagen [Lundström & Burstrom, 1988].

Een aantal bijkomende problemen zijn dat de noodzaak om handgereedschap te sturen en te beheersen de mogelijkheid beperkt tot het maken van isolerende systemen. Bovendien dreigt juist het gevaar dat opslinging plaatsvindt bij de lagere frequenties, met name bij luchtkussen handschoenen die geen inwendige damping hebben zoals handschoenen gevuld met schuim.

Vanwege het nadeel dat zachte handschoenen een verminderde hanteerbaarheid van het apparaat oplevert, wordt de knijpkracht van de gebruiker van het apparaat vergroot. Dit vermindert het effect van de isolerende tussenlaag van de handschoen omdat door het knijpen de handschoen stijver wordt. De mate van knijpkracht is een belangrijke factor die van invloed is op de trillingsoverdracht op de handen. Hoe minder de knijpkracht hoe minder de trillingsoverdracht. In veel praktijksituaties is men gedwongen een grote knijpkracht uit te oefenen. Deze knijpkracht is afhankelijk van het gewicht van het apparaat, gehanteerde werkmethoden, mate waarin men het apparaat op het werkstuk kan laten rusten, de aanwezigheid van balancers en dergelijke.

In een recent Zweeds onderzoek, waarin men getracht heeft een testmethode te ontwikkelen voor het vergelijken en testen van trillingdempende handvatten [Zackrisson & Pull, 1989], kwam men tot de conclusie dat deze handvatten nog enigszins effectief trillingen dempen bij slijpmachines met de hoogste toerental-

len. Bij slijpmachines met lagere toerentallen was nauwelijks of geen effect te constateren.

1.4.3.3 Oplossingen door keuzen in het ontwerpproces

Omdat het technisch moeilijk is via het toepassen van trillingsisolatie en -damping (herontwerp) aan een voertuig, stoel of apparaat een aanvaardbaar trillingsniveau te bereiken en omdat dit verschillende andere problemen introduceert, kunnen oplossingen gebaseerd op keuzen in het ontwerpproces veel efficiëntere trillingsreducties opleveren. Voorbeeld: ondanks een jarenlange ontwikkeling aan de motorkettingzaag door het toepassen van trillingsdempende elementen is de gemiddelde trillingsintensiteit nog steeds $7,4 \text{ m/s}^2$ [Van Drimmelen et al., 1986]. Deze gemiddelde waarde is nog ruim hoger dan de door het DGA voorgestelde actiegrens van 3 m/s^2 . Wanneer de voorstelrichtlijnen van het DGA de NVvA richtlijn zou volgen, mag met een motorkettingzaag (trillingsintensiteit $7,4 \text{ m/s}^2$) niet meer dan één uur per dag worden gewerkt.

Om een structuur aan te geven van niveaus in het ontwerpproces wordt verwezen naar Van Drimmelen, et al. [1988]. In deze publicatie wordt een nadere toelichting gegeven op de begrippen produktiefunctie, produktieprincipe en uitvoeringsvorm.

Keuzen op het niveau van de produktiefunctie

De produktiefunctie kan worden gedefinieerd als het einddoel van een bepaalde activiteit dat wordt uitgevoerd binnen een bepaald produktieproces. Voorbeelden van produktiefuncties zijn: gietbramen verwijderen, lasten vervoeren, lossen van pallets en slopen van beton.

Als het gaat om de reductie van trillingsbelasting kan als eerste vraag worden gesteld: is de produktiefunctie (waarbij trillingsbelasting ontstaat) wel nodig? Voorbeelden waarbij een produktiefunctie is geëlimineerd (en daarmee de trillingsbelasting) zijn de volgende:

- de functie "transport van lasten van punt A naar punt B" kan worden geëlimineerd door de afstand tussen punt A en punt B tot nul te reduceren;
- de functie van het glad maken van gegoten metalen onderdelen of lasnaden met slijpmachines kan worden geëlimineerd door een kwalitatief betere giettechniek of lastechniek;
- de functie van het glad maken van metalen onderdelen kan worden geëlimineerd door kritisch te bekijken of die functie werkelijk noodzakelijk of doelmatig is binnen het technisch proces;
- de functie van het glad maken van lasnaden met behulp van een slijpmachine kan worden geëlimineerd door metalen onderdelen niet meer los van elkaar te maken en ze daarna aan elkaar te lassen maar door ze als een metaal geheel te maken en waar nodig daarna met behulp van omvouwen van het metaal een bepaalde hoek aanbrengen [Zackrisson & Pull, 1989];
- de functie van onderhoud van metalen delen door middel van slijpen elimineren door een folie laag aan te brengen op het metaal zodat het metaal niet aangetast wordt en slijpwerk overbodig wordt.

Keuzen op het niveau van het productieprincipe

Wanneer eenmaal de produktiefunctie is vastgesteld worden keuzen gemaakt op het niveau van het productieprincipe. Op dit niveau worden keuzen gemaakt voor een technisch, bedienings- en aandrijvingsprincipe. Elke keuze op dit niveau heeft een bepaald karakteristiek effect op het uiteindelijke risico of belasting, ongeacht de uitvoering van het principe. Zo zal een keuze voor handmatig bediend pneumatisch hakken (bij het verwijderen van beton of voegmortel) nooit zonder excessieve trillingsbelasting kunnen worden gerealiseerd. Op dit niveau gaat het dus om de vraag welke keuzen tot verminderde trillingsbelasting leiden.

Voorbeelden hiervan zijn:

1. keuze voor een technisch principe
 - keuze voor zwenken in plaats van rollen;

- keuze voor een thermisch (thermische schok, bevriezen), chemisch (oplossen, omzetten) of ander proces (bijvoorbeeld laser) in plaats een mechanisch proces in de vorm van hakken of slijpen van steen of beton;
 - keuze voor kraken met statische kracht in plaats van hakken.
2. keuze voor een bedieningsprincipe
- keuze voor een machinale bediening in plaats van handbewerking, bijvoorbeeld een hydraulische kraan met daaraan een beitelpunt, een hydraulische juk of een "happer" (allen vormen een vervanging voor verschillende functies die kunnen worden uitgeoefend met behulp van een sloophamer). Ander voorbeeld een verdichtingsmachine ter verdichting van de grindbedding bij de aanleg van spoorrails in plaats van een stophamer of stamper;
 - keuze voor afstandsbediening of geprogrammeerd sturen [Köhne, 1981 in Van Drimmelen, 1986b]. Voorbeeld: in plaats van in een cabine kan men ook naast een voertuig gaan staan en met behulp van afstandsbediening het voertuig besturen;
 - keuze voor een robot. In de praktijk zijn voorbeelden te vinden van een slijprobot, een klinkrobot en een kettingzaagrobot. De laatste is ontwikkeld in Japan en kost 10 % meer dan een gewone kettingzaag, is gemakkelijk te tillen en te transporteren. Nadeel: extra tijd is nodig om de robot om de boom heen te klemmen waardoor men minder bomen per tijdseenheid kan vellen.
3. keuze voor een aandrijvingsprincipe
- Over het algemeen levert elektrische aandrijving minder trillingen op dan aandrijving door een verbrandingsmotor. Dit geldt zowel voor handapparaten als voertuigen.

Keuzen op het niveau van de uitvoeringsvorm

Wanneer vervolgens de keuzen op het principeniveau vastliggen, worden op het niveau van de uitvoeringsvorm omvang, afmetingen, materiaalkeuzen, snelheden, elementen, kortom de (produkt- of) constructievormen vastgesteld. Hiermee zijn we terug bij het (her)ontwerp van voertuig, apparaat of machine. Naast (her)ontwerp zijn op vormniveau een aantal organisatorische maatregelen te noemen.

1. Goed onderhoud

Bij zowel voertuigen als handapparaten is de kwaliteit van het algemeen onderhoud van belang voor de trillingsbelasting. Voorbeelden: bij de motor-kettingzaag moeten de kettingtanden tijdig worden bijgeslepen; bij de slijp-machine moet de slijpschijf tijdig worden vervangen; in het algemeen kan door slijtage aan allerlei draaiende onderdelen van het apparaat of voertuig hoeken of rondingen ontstaan, onderdelen kunnen los gaan zitten wat de trillingsbelasting doet toenemen. Ook toegepaste trillingsisolerende elementen zijn storingsgevoelig. Correct geïnstalleerde trillingsisolatie verliest na verloop van tijd door onkundig gebruik of gebrek aan onderhoud zijn trillingsisolerende werking. Trillingsisolerende elementen zijn vaak eerder aan vervanging toe dan het voertuig, machine of apparaat zelf (Van Drimmelen, et al., 1988).

2. Beperken blootstellingsduur

Een algemeen toepasbare oplossing op korte termijn voor alle trillingssituaties is het beperken van de blootstellingsduur. Omdat dit een organisatorische maatregel is en niet verbonden aan machine, voertuig of apparaat zelf wordt dat bij de inventarisaties als oplossingsmogelijkheid nergens genoemd. Belangrijk nadeel van deze maatregel is de moeilijkheid van controle op naleving ervan.

3. Risicogroepen niet blootstellen aan trillingen

Naast het beperken van de blootstellingsduur vormt een andere organisatorische maatregel het zorgen dat groepen met een verhoogd risico op letsel niet worden blootgesteld aan schadelijke lichaams- en handarmtrillingen. Zo zou een regel moeten zijn om zwangere vrouwen niet op een kraan, heftruck of een ander voertuig te laten werken. Voorkomen zou moeten worden dat werknemers met al aanwezige rugklachten op voertuigen en kranen worden geplaatst en dat werknemers met aanwezige doorbloedings- of gewrichtsklachten aan handen en armen niet worden blootgesteld aan handarmtrillingen. Belangrijk nadeel van ook deze maatregel is de moeilijkheid van controle op naleving ervan.

Op het niveau van de vormgeving worden naast keuzen voor organisatorische maatregelen ook keuzen voor technische maatregelen genomen. De vermindering

van de trillingsbelasting door middel van luchtgeveerde stoelen, afgeveerde cabines, geïsoleerde handgrepen en handschoenen (allen voorbeelden op het vormniveau) is eerder uitgebreid toegelicht.

4. Beperking vereiste knijpkracht

Bij het (her)ontwerp van werktuigen kan eveneens rekening worden gehouden met de mate van knijpkracht die moet worden uitgeoefend. De knijpkracht bepaalt voor een belangrijke mate de trillingsoverdracht. Voorbeelden om deze knijpkracht te verminderen zijn het hanteren van de zogenaamde "pendelmethode" bij het snoeien van gevelde bomen en het ophangen van apparaten aan balancers. Deze knijpkracht is onder andere afhankelijk van het gewicht van het apparaat en de vorm en bevestiging van hendels. Verwacht mag worden dat beperking van de knijpkracht vooral zin heeft voor de hoger frequente trillingen en nauwelijks voor schokken. Wellicht dat voor schokken het minder aanspannen van de spieren zelfs eerder tot beschadiging van gewrichtsvlakken leidt en dan eerder ongunstig is. Dit heeft dan als consequentie dat het niet zinvol is voor slaande gereedschappen zoals slagmoersleutels.

Wanneer geen alternatieven voorhanden zijn en uiteindelijk is gekozen voor (her)ontwerp van voertuig, machine of apparaat, dan krijgt men op dit niveau te maken met de genoemde knelpunten op het gebied van de passieve trillingsisolatie. Om deze isolatie, ondanks de bezwaren, optimaal te laten functioneren, is nodig:

1. goede aankoopbeslissingen;
2. goede installatie;
3. goed onderhoud.

1.4.3.4 Effecten van de verschillende soorten oplossingen

Uit het bovenstaande zal duidelijk zijn dat trillingsreductie door keuzen op het functieniveau (eliminatie van de schadelijke bron) en op het produktieniveau (eliminatie van de schadelijke bron door een ander technisch principe of isolatie van de bron door een ander bedieningsprincipe) het meest en afdoende effect

heeft. Oplossingen op het niveau van de uitvoeringsvorm in de vorm van herontwerp van apparaat, machine of voertuig, beperking van de blootstellingsduur en dergelijke resulteert in een vaak veel minder effectieve of moeilijk controleerbare trillingsreductie. Soms moet toch op uitvoeringsniveau keuzen worden gemaakt. Voor voertuigen geldt dan dat een goede luchtgeveerde stoel of een afgeveerde cabine in combinatie met een beperking van de blootstellingsduur het meeste effect oplevert. Bij het hanteren van handapparatuur dient toch vooral, ondanks verbetering van het apparaat via herontwerp, rekening te worden gehouden met de blootstellingsduur per dag.

1.4.4 Toxische blootstelling

1.4.4.1 Afzuiging

De voornaamste kanttekeningen bij dit type maatregel zijn:

- door plaatselijke afzuiging wordt de uitstoot direct bij de bron aangepakt. Dit betekent zowel voor de direct betrokkene als de overige mensen in de werkruimte een belangrijke verbetering;
- essentieel voor daadwerkelijk gebruik in de praktijk is een makkelijk gebruik, zodat de slang met name niet in de weg zit, het zicht op het werk belemmert of geluidoverlast veroorzaakt;
- men moet oppassen dat plaatselijke afzuiging niet de algehele ventilatie verstoort en daardoor nieuwe problemen veroorzaakt;
- de plaatsing van de afzuiging dient zorgvuldig te gebeuren omdat anders het effect van de afzuiging verloren gaat of de situatie verslechtert.

1.4.4.2 Ventilatie

De voornaamste kanttekeningen bij dit type maatregel zijn:

- een goede algehele ventilatie betekent meestal alleen een verbetering voor de mensen op enige afstand, niet voor de mensen in de directe omgeving van het vrijkomen van toxische stoffen;

- de eisen aan de ventilatie kunnen 's zomers en 's winters sterk verschillen, hiermee moet bij de plaatsing rekening worden gehouden;
- aparte problemen worden gevormd door arbeidsplaatsen boven in de werkruimte, omdat daar lichte gassen en warmte zich ophopen.

1.4.4.3 Persoonlijke beschermingsmiddelen

Bij persoonlijke beschermingsmiddelen gaat het in de eerste plaats om ademhalingsbescherming, zoals mondkappen. Kanttekeningen bij dergelijke middelen zijn:

- ze beschermen uitsluitend tegen inademing en niet tegen de vaak ook relevante blootstelling via de huid of mond;
- ze vormen vrijwel altijd een zware fysieke en psychische belasting [Arbojaarboek, 1989];
- om allerlei praktische redenen is de bescherming door deze middelen vaak lang niet zo goed als theoretisch mogelijk;
 - * men zet ze voor korte blootstellingsperiodes vaak niet op,
 - * ze hebben meestal geen duidelijke indicatie voor wanneer ze vol zijn,
 - * ze sluiten vaak niet goed af, vooral niet bij brildragere (bijvoorbeeld veiligheidsbrillen),
 - * bij sommige mensen zijn gelaatafschermingen uit medisch oogpunt ongewenst (bijvoorbeeld ademhalingsproblemen).

Op de werkplek dient voldoende informatie beschikbaar te zijn betreffende de risico's van de toxische stoffen en de hiervoor meest geschikte beschermingsmiddelen.

1.5 Rubber- en kunststofverwerkende industrie

Binnen de rubber- en kunststofverwerkende industrie bestaat een enorme diversiteit aan bedrijven. Om een beeld te geven van het produktiepakket van deze industrietak volgt hier een korte opsomming [Tappèl & Terra, 1986]:

- rubberlijm (soluties en dispersies);

- onderwerk voor schoeisel en dergelijke,
- schuim- of celrubber;
- slangen en buizen (al dan niet versterkt met andere stoffen);
- (transport)banden, aandrijfriemen en V-snaren;
- ringen, pakkingen, profielen enz.;
- vloerbedekking, wandbekleding en andere vlakke produkten;
- artikelen voor opslag en verpakking;
- toeleveringsartikelen voor de bouwnijverheid;
- onderdelen en toeleveringsartikelen voor andere industrieën enz.

In de rubber- en kunststofverwerkende industrie bieden circa 330 bedrijven werk aan ongeveer 24.000 mensen [Tappèl & Terra, 1986].

Er zijn een viertal werkzaamheden te onderscheiden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie: voorbereiden, vormgeven, afwerken en overigen (reïngen, onderhoud en intern transport). Voor deze werkzaamheden bestaan verschillende werkwijzen, waarvoor diverse uitvoeringsvormen beschikbaar zijn. Van iedere gezondheidsbelastende uitvoeringsvorm wordt een korte beschrijving gegeven, gevolgd door de blootstellingsniveaus van geluid, trillingen en toxische stoffen, de mogelijke oplossingen hiervoor en de toekomstverwachtingen voor deze problematiek.

De opsomming van de toxische stoffen die in de rubber- en kunststofverwerkende industrie voorkomen is niet volledig vanwege:

- de zeer grote variëteit aan stoffen binnen deze industrietaak;
- de snelle ontwikkelingen op het gebied van de samenstelling van rubbers en kunststoffen;
- het bestaan van fabrieksgeheimen omtrent de samenstelling van de rubber- en kunststofprodukten.

Tevens is een toxicologische beoordeling veelal niet mogelijk omdat er sprake is van een mengsel van stoffen waarvoor (nog) geen beoordelingscriteria bestaan.

1.6 Overige belastende arbeidsomstandigheden

Behalve geluid, trillingen en toxische stoffen bestaan er in de rubber- en kunststofverwerkende industrie andere belastende arbeidsomstandigheden, waarvan de voornaamste hieronder worden behandeld.

- Fysieke belasting

Handmatige transport- en produktiewerkzaamheden vormen de voornaamste bronnen van fysiek zware arbeid en slechte werkhoudingen [Kromhout et al., 1989b]. Voorzover bekend zijn er geen publikaties over onderzoek naar de fysieke belasting in de rubber- en kunststofverwerkende industrie verschenen. Wel wordt herhaaldelijk gewezen op een groter gezondheidsrisico van blootstelling aan chemische stoffen door zware fysieke inspanningen, die in de rubber- en kunststofverwerkende industrie moeten worden verricht [Kromhout et al., 1989a].

- Fysische omgevingsfactoren

Tocht, kou en een benauwde atmosfeer worden in deze industrietak vooral veroorzaakt door transportwerkzaamheden, gebrekkige voorzieningen en gebreken in de bouwkundige staat van de panden. Hoge temperaturen worden met name veroorzaakt door vulkanisatiepersen en sintermachines [Tappèl & Terra, 1986].

- Taakinhoud

Indien grote productie-eenheden moeten worden gefabriceerd kunnen monotone kort-cyclische taken ontstaan.

- Veiligheid

Onveilige situaties kunnen zich tijdens het arbeidsproces voordoen. Dit wordt vooral veroorzaakt door een onveilig gedrag van de werknemers wat verbeterd kan worden middels voorlichting en feedback-training [Dul & Pasmooij, 1985].

2. VOORBEWERKEN

Het voorbereiden in de rubber- en kunststofverwerkende industrie bestaat uit het eventueel verkleinen van het aangevoerde materiaal waarna dit met verschillende toeslagstoffen vermengd wordt.

2.1 Verkleinen van het aangevoerde materiaal

Het rubber en kunststof wordt veelal in grote eenheden aangevoerd. Voordat dit met toeslagstoffen vermengd kan worden moet het eerst verkleind worden, waarvoor speciale snijmachines bestaan.

2.1.1 Snijmachine [geluid]

Inleiding

Er bestaat een grote diversiteit aan uitvoeringsvormen van snijmachines. De keuze hieruit is afhankelijk van het te verkleinen materiaal en de wijze van aanvoer. Het elektrisch of hydraulisch aangedreven mes (eventueel op een rotor) snijdt het materiaal langs een geleiderand of ander mes in kleinere stukken [De Graaf & Puts, 1987; Dunlop Co. Ltd., 1983].

Blootstelling

Het geluidsniveau van de snijmachine in onbelaste toestand varieert van 72 - 112 dB(A), in belaste toestand bedraagt deze waarde 89 - 133 dB(A) [De Graaf & Puts, 1987].

Oplosbaarheid

- Schuin plaatsen van gereedschap

Door het snijgereedschap schuin te plaatsen wordt het materiaal over een langere periode met een kleinere kracht doorgesneden hetgeen een geluidreductie kan opleveren van 10 dB(A) [Van den Berg 1985, blz. 55; De Graaf & Puts 1987, blz. 61].

- Constructie

Vermindering van het constructiegeluid kan gerealiseerd worden door het goed uitbalanceren van roterende delen, geruisarme lagers en aandrijfmotoren toepassen en de snijruimte loskoppelen van frame en aangebouwde inrichtingen [De Graaf & Puts, 1987].

- Isolatie en absorptie

Geluidsisolerend en -absorberend materiaal aanbrengen bij aan- en afvoeropeningen (gordijnen, omkastingen enz.). Dit heeft mogelijkwerijs een geluidvermindering tot gevolg van 20 dB [De Graaf & Puts, 1987].

Toekomst

Middels gedeeltelijke of volledige omkastingen zal in de toekomst het geluidsniveau van de snijmachine aanzienlijk gereduceerd worden.

2.2 Afwegen en mengen van toeslagstoffen

Toeslagstoffen worden aan het aangevoerde rubber of kunststof toegevoegd om de gewenste materiaaleigenschappen van het eindprodukt te verkrijgen. Het afwegen van toeslagstoffen wordt in het algemeen handmatig uitgevoerd. Volgens worden deze in een menger gedeponeerd, welke het mengsel van toeslagstoffen en rubber of kunststof homogeniseert.

De afweeg- en mengafdeling zijn de meest stoffige ruimten in rubber- of kunststofverwerkende bedrijven [Rivin, 1985; Hammer, 1981]. De complexe stofmengsels kunnen onafhankelijke, additieve, versterkende (synergisme) en/of verzwakkende toxische effecten hebben. Algemene uitspraken over mogelijke toxische effecten van zulke mengsels zijn dan ook moeilijk te geven [Ruepert, Stevens & Annema, 1985]. Wel zijn er grenswaarden opgesteld voor de totaalstofconcentratie in de lucht [Arbeidsinspectie, 1989].

2.2.1 Toeslagstoffen voor rubber [geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

De toeslagstoffen voor rubber zijn onder te verdelen in de volgende categorieën: vulkanisatiemiddelen, activatoren, versnellers, vertragers, anti-degradanten, vulmiddelen, kleurstoffen, weekmakers, anti-kleefstoffen en opblaasmiddelen [Eerens & Verheul, 1985; Cheater, et al., 1982].

Blootstelling

Geluid

Tijdens het mengproces produceren menginstallaties en granuleermachines geluidsniveaus van 84 - 100 dB(A) [Bednall, 1987; Hammer, 1981; Kromhout et al., 1989b; Britton, 1983].

Trillingen

De menginstallatie is veelal voorzien van een bedieningsplatform welke de door deze installatie veroorzaakte hinderlijke trillingen doorgeeft aan de operator [persoonlijke mededeling Swuste* 18-10-1989].

* Drs P.H.J.J. Swuste
Vakgroep Veiligheidskunde
Technische Universiteit Delft

Toxische stoffen

Afgezien van de toxiciteit van de afzonderlijke bestanddelen van het stofmengsel in de lucht wordt de maximaal aanvaarde concentratie totaalstof (10 mg/m^3) tijdens het afwegen en mengen veelal overschreden (Kromhout et al. 1989a, blz. 13; Ruepert, Stevens & Annema, 1985; Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984).

Hieronder worden de afzonderlijk stoffen met hun eigenschappen vermeld waaraan men tijdens het afwegen en mengen wordt blootgesteld. Het is onbekend aan welke concentraties van deze stoffen men blootgesteld wordt. Uit de literatuur is niet gebleken in hoeverre onderstaande effecten ook daadwerkelijk in de praktijk optreden. Voor de overige, minder irritante stoffen wordt verwezen naar [Nutt, 1984] en [Kromhout et al., 1989b].

- Vulkanisatiemiddelen: deze worden gebruikt om van het ruwe rubbermengsel een rubber met de gewenste (elastische) eigenschappen te maken middels "cross-linking". De meest gebruikte stoffen hiervoor zijn:
 - zwavel: weinig toxisch, waarschijnlijk veroorzaakt de concentratie zwavel in de lucht tijdens het afwegen en mengen geen noemenswaardige gezondheidsschade [Nutt, 1984];
 - peroxyden: werkt irriterend op de huid en ogen [Nutt, 1984].
- Activatoren: dienen om het vulkanisatieproces snel op te starten. Veelal worden hiervoor de volgende stoffen gebruikt:
 - zinkoxyde: weinig toxisch, komt over het algemeen in zodanige concentraties voor dat gezondheidsschade kan optreden [Nutt, 1984];
 - loodoxyde: bij stuiven kan snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie in de lucht worden bereikt [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- Versnellers: beïnvloeden de snelheid van het vulkanisatieproces. De onderstaande chemicaliën worden voor dit doel veelvuldig toegepast [Nutt, 1984; Kromhout et al., 1989b]:

- hexamethyleen-tetramine (HMT): oefent irriterend effect uit op de ogen en kan in een zure oplossing of in de aanwezigheid van een eiwit afgebroken worden tot het verdacht carcinogene formaldehyde;
 - zinkdimethyldithiocarbamaat (ZDMC): werkt sterk irriterend op de luchtwegen;
 - ethyleenthioureum (ETU): vermoed wordt dat deze stof carcinogeen is;
 - rhenocure: heeft een sterk irriterend effect op de ogen;
 - difenylguanidine (DPG): is sterk irriterend voor huid en ogen;
 - ditolylguanidine (DOTG): oefent sterk irriterend effect uit op de ogen;
 - tetramethylthiuram-disulfide (TMTD): werkt zowel sterk irriterend op de huid als de ogen;
 - formaldihydide-amoniaethylchloride: kan een ernstige irritatie van huid en ogen veroorzaken;
 - piperidine-pentamethyleendithiocarbamaat: het werken met deze stof kan een ernstige irritatie van huid en ogen tot gevolg hebben;
 - telluriumdiethyldithiocarbamaat (TDEC): naar alle waarschijnlijkheid is deze stof carcinogeen;
 - tolylbguanide (OTBG): is sterk irriterend voor de ogen;
 - diorthotolylguanide: werkt irriterend op huid en ogen;
 - zinkdibutylfosfor-odithioaat: kan een ernstige irritatie van huid en ogen veroorzaken.
- Vertragers: worden toegevoegd om te verhinderen dat het vulkanisatieproces al tijdens het mengen start. De hiervoor meest gebruikelijke stoffen zijn:
- benzoëzuur: bij het verstuiven van deze stof zal snel een gezondheidsschadelijke concentratie in de lucht ontstaan [Stuurgroep Chemiekaarten 1988];
 - cyclohexylthioftaalimide (CTP): kan oogirritatie veroorzaken [Kromhout, et al., 1989b; Nutt, 1984];
 - ftaalzuuranhydride (PTA): werkt sterk irriterend op huid en ogen [Nutt, 1984; Kromhout et al., 1989b];

- antimoontrioxyde: bij het verstuiwen van deze stof kan snel een voor de gezondheid schadelijke concentratie in de lucht worden bereikt (Stuurgroep Chemiekaarten 1988, blz. 72).
- Anti-degradanten: worden gebruikt om het verouderen van rubber tegen te gaan en slijtage door invloeden van buitenaf te beperken. Veelal worden hiervoor de volgende stoffen gebruikt:
 - trimethyl-dihydrochinoline (TMQ): werkt sterk irriterend op huid en ogen;
 - dimethylbutyl-fenyl-fenyleen-diamine (6PPD): heeft een sterk irriterend effect op de huid;
 - dimethylfenol: veroorzaakt ernstige irritatieverschijnselen op huid en ogen.
- Vulmiddelen: om rubber versterkende eigenschappen te geven kunnen de volgende vulmiddelen worden toegevoegd:
 - roet: bevat behalve koolstof een klein percentage polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) die kankerverwekkend kunnen zijn [Biologiewinkel Utrecht, 1983]. In een aantal situaties zijn overschrijdingen van de grenswaarde (MAC-waarde) waargenomen [Nutt, 1984];
 - siliciumoxyde: regelmatige inademing van kleine hoeveelheden hiervan kan al resulteren in een beschadiging van de longen [Chemiewinkel Utrecht, 1983].
- Kleurstoffen/pigmenten: worden toegevoegd om verschillende kleuren rubber te kunnen produceren. De hiervoor gebruikte anorganische pigmenten, zoals zwaarmetaalverbindingen met cadmium, chroom, lood, ijzer of zink zijn schadelijk voor de gezondheid [Edner, 1979].
- Weekmakers: verzachten het mengsel waardoor het gemakkelijk bewerkt kan worden. De hiervoor meest toegepaste stoffen zijn:
 - oliën: aromatische oliën bevatten polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) die carcinogeen zijn [Nutt, 1984];

- harsen: bevatten veelal PAK's welke kankerverwekkend zijn. De blootstelling vindt plaats middels huidcontact en/of inhalatie van stofdeeltjes [Nutt, 1984].
- Anti-kleefstoffen: worden gebruikt om ongewenst aan elkaar plakken van rubberprodukten te voorkomen. Meestal wordt hiervoor talk gebruikt.
 - talk: overschrijding van de grenswaarde voor talkstof ($1,0 \text{ mg/m}^3$) komt tijdens het afwegen en mengen voor hetgeen aanleiding kan geven tot respiratoire aandoeningen zoals chronische bronchitis en longfibrosis [Nutt, 1984].
- Blaasmiddelen: dienen voor het vervaardigen van een cellulaire rubberstructuur zoals bij schuimrubber. De volgende stoffen kunnen voor dit doel gebruikt worden:
 - azodicarbonamide: kan bij langdurige inhalatie leiden tot CARA [Nutt, 1984];
 - benzeensulfonyl-hydrazine (BSH): werkt irriterend op de ogen en sensibiliseert de huid [Nutt, 1984].
- Diversen: waaronder hechtmiddelen voor het bevestigen van rubber op weefsels of metaal. Hiervoor wordt onder andere resorcine gebruikt.
 - resorcine: irriteert huid, ogen en luchtwegen en werkt in op het centrale zenuwstelsel [Nutt, 1984].
- Elastomeren: deze synthetische rubbers vormen evenals natuurlijk rubber het basisprodukt van het hierboven beschreven mengsel. Elastomeren kunnen sporen van monomeren bevatten die afkomstig zijn uit het productieproces van synthetisch rubber. De concentraties van deze sporen blijven echter naar alle waarschijnlijkheid onder de grenswaarde voor deze stoffen [Nutt, 1984].

Oplosbaarheid

Geluid:

- geluidreducerende maatregelen bij het afwegen en mengen bestaan voornamelijk uit het aanbrengen van geluidwerende omkastingen bij menginstallaties [Leetink, 1986; Tappèl & Terra, 1986];
- reductie van de stofblootstelling waardoor de werkkleding niet langer met behulp van perslucht schoon zal worden gespoten [Kromhout et al., 1989b].

Trillingen:

Het bedieningsplatform loskoppelen van de menginstallatie waardoor geen trillingen worden doorgegeven aan de operator.

Toxische stoffen:

- het vervangen van zeer schadelijke stoffen die nog in poedervorm gebruikt worden door minder schadelijke stoffen, bijvoorbeeld het vervangen van tetramethylthiuram-disulfide (TMTD) door tetrabutylthiuram-disulfide (TBTD) [Kromhout et al., 1989b; Cheater et al., 1982; Rubber Industry Advisory Committee, 1986];
- het vervangen van poedervormige stoffen door vloeistoffen, korrels of vlokken. Deze hebben als voordeel dat ze stofvrij zijn, makkelijker zijn af te wegen en dat er minder verspilling plaatsvindt [Cheater et al., 1982; Kromhout et al., 1989a; Kromhout et al., 1989b; Van Dijk, 1983; Leetink, 1986];
- het inrichten van speciale cabines voor het afwegen waarbij stof dat door de roostervloer valt direct wordt afgezogen [Tappèl & Terra, 1986];
- de grondstoffen via een pneumatisch transportsysteem vervoeren [Tappèl & Terra, 1986];
- het toepassen van gerichte ventilatie op de werkplek [Van Dijk 1983; Haar, 1986; Hammer, 1981; Cheater et al., 1982; Rubber Industry Advisory Committee, 1986; Kromhout et al., 1989a];
- het afwegen kan vervangen worden door grondstoffen in kant en klare pakketten aan te leveren [Swuste, 1989];

- indien mogelijk toepassen van een gesloten afweeg- en mengsysteem, anders dient men aftappunten, weegschalen en stortopeningen van afzuiginstallaties te voorzien [Leetink, 1986; Van Dijk, 1983; Kromhout et al., 1989a];
- toepassen van minder stoffige werkmethoden zoals het gebruiken van een zakkenpers bij het afwegen waarbij tevens een gerichte afzuiging plaatsvindt [Kromhout et al., 1989b; Van Dijk, 1983; Haar, 1986].

Toekomst

In de toekomst zal het afwegen en mengen waarschijnlijk verder geautomatiseerd worden, zodat de mens afgescheiden wordt van het productieproces en de daarbij vrijkomende giftige stoffen. Daarnaast zal een beter inzicht worden verkregen betreffende de toxiciteit van de gebruikte stoffen en stofmengsels waardoor een betere toxicologische beoordeling mogelijk wordt gemaakt.

2.2.2 Toeslagstoffen voor kunststof [geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Kunststoffen zijn synthetisch bereide macromoleculen opgebouwd uit zich telkens herhalende kleine chemische eenheden. Het dusdanig gevormde produkt heet dan kunsthars en wordt door de producent geleverd aan de verwerkende industrie. Voor deze industrie is het mogelijk om aan de hars vele andere stoffen toe te voegen, die zijn onder te verdelen in de volgende categorieën: weekmakers, vlamvertragers, stabilisatoren, antioxidanten, blaasmiddelen, smeermiddelen, vulmiddelen, kleurstoffen/pigmenten, harders, verdunners en diversen [Hartman, 1985; Jarvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984].

Blootstelling

Geluid

Zie paragraaf 2.2.1.

Trillingen

Zie paragraaf 2.2.1.

Toxische stoffen

De maximaal aanvaarde concentraties stoffen, dampen en gassen die tijdens het afwegen en mengen vrijkomen worden in vele gevallen overschreden [Leetink, 1988; Britton, 1983].

Hieronder worden een aantal toeslagstoffen met hun gezondheidsschadelijke eigenschappen vermeld waaraan men tijdens het afwegen en mengen wordt blootgesteld. Uit de literatuur is niet gebleken in hoeverre onderstaande effecten ook daadwerkelijk in de praktijk optreden. Voor een completer overzicht van de gebruikte toeslagstoffen wordt verwezen naar (Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984).

- Weekmakers: worden toegevoegd om de flexibiliteit, zachtheid en verwerkbaarheid van het kunststofmengsel te verhogen. De meest gebruikte en gezondheidsschadelijke stoffen zijn ftalzuuresters (PAE):
 - diethylhexyftalaat (DEHP): werkt sterk irriterend op de huid, ogen en luchtwegen en is verdacht carcinogeen [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
 - diallylftalaat (DAP): kan huidaandoeningen veroorzaken en is verdacht carcinogeen [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988];
 - diethylhexyadipaat (DEHA): is een verdacht carcinogene stof [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984].
- Vlamvertragers: worden toegevoegd om een kunststof te verkrijgen die bestand is tegen hoge thermische belasting [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984].

Hieronder volgen een aantal vlamvertragers waarvan bekend is dat ze een carcinogene werking hebben:

- antimoontrioxyde, trisdibromopropylfosfaat (trisBP), dibromopropanol, dichloropropanol en decadibromodifenyl [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984].
- Stabilisatoren: beschermen de kunststof tegen thermische decompositie en degradatie [Britton, 1983]. De meest gebruikte stoffen hiervoor zijn:
 - organotin: dit zijn carcinogene tin-verbindingen zoals trialkyltin en dibutyltinchloride [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984];
 - lood-, barium-, cadmium- en zinkverbindingen die verscheidene gezondheidsschadelijke effecten zoals loodvergiftiging tot gevolg kunnen hebben [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Leetink, 1988].
- Antioxidanten: worden toegevoegd om de kunststof tijdens het bewerkingsproces te beschermen tegen thermische decompositie [Britton, 1983]. Deze stoffen bestaan veelal uit "geblokkeerde" fenolen en sulfides die in zulke kleine hoeveelheden worden toegepast dat gezondheidsschade niet verwacht wordt [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984].
- Blaasmiddelen: deze stoffen dienen voor het vervaardigen van een cellulaire structuur van kunststof. De belangrijkste stof die hiervoor gebruikt is:
 - azodicarbonamide (AC): kan leiden tot CARA, zoals beroepsastma [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Nutt, 1984].
- Smeermiddelen: reduceren de adhesie en viscositeit van het mengsel waardoor dit makkelijker verwerkbaar wordt [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984]. Stoffen die gebruikt worden zijn:
 - calcium-, zink- en loodstearaat: deze stoffen werken irriterend op ogen en luchtwegen en kunnen bij langdurige inhalatie longaandoeningen tot gevolg hebben [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- Vulmiddelen: worden gebruikt om de kunststof te versterken of te verdikken. De meest toegepaste stoffen hiervoor zijn:

- siliciumoxyde: bij regelmatige inhalatie van stofdeeltjes of bij de blootstelling aan een kortstondige hoge concentratie kan silicosis optreden [Hartman, 1985];
 - asbest: carcinogene stof welke asbestose tot gevolg heeft [Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Kelchtermans, 1987];
 - bariumsulfaat: langdurige inhalatie kan leiden tot longeffecten zoals baritis [Hartman, 1985];
 - talk en mica: inhalatie van grote hoeveelheden kan leiden tot pneumoconiosis [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Nutt, 1984];
 - metaalpoeders en -oxyden: kunnen bij inhalatie longeffecten tot gevolg hebben [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984].
- Kleurstoffen/pigmenten: worden toegevoegd om verschillende kleuren kunststof te produceren. De belangrijkste gezondheidsschadelijke stoffen zijn:
- molybdeen, chroom en cadmium: werken prikkelend op ogen, huid, maagdarmkanaal en luchtwegen, kunnen longoedeem, lever- en nierbeschadiging tot gevolg hebben op zelfs dodelijk zijn [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].
- Harders: worden toegevoegd om bepaalde kunststoffen, zoals epoxyharsen, middels cross-linking tot een macromoleculair eindproduct te vervaardigen [Hartman, 1985]:
- de meest toegepaste harders zijn alifatische en aromatische amines en zure anhydrides: trimellitic anhydride (TMA), ftaalzuuranhydride, diethyleentriamine, isoferondiamine en N-aminoethylpiperazine. Al deze harders zijn sterke basen die een directe lokaal-irriterende werking hebben op ogen, luchtwegen en huid [Hartman, 1985; Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Kelchtermans, 1987].
- Verdunners: verhogen de werkbaarheid, verlagen de viscositeit en bevorderen de penetratie tussen verschillende materialen [Hartman, 1985]. De meest toegepaste verdunners zijn:

- fenylglycidylether: is een reactieve verdunner omdat deze stof deelneemt aan de cross-linking reactie en kan eczeem, allergische reacties en prikkeling van ogen en luchtwegen veroorzaken [Hartman, 1985];
- oplosmiddelen: deze stoffen kunnen de beschermende vetlaag van de huid oplossen met als gevolg uitdroging, kloven, roodheid en blaarvorming. Daarnaast kunnen ze een irriterende werking hebben op de slijmvliezen, inwerken op het centrale zenuwstelsel of kankerverwekkend zijn [Hartman, 1985; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988; Kelchtermans, 1987]. Hieronder volgen een aantal veelvuldig toegepaste oplosmiddelen waarvan een gezondheidsschadelijk effect verwacht kan worden: toluen, xyleen, benzeen, styreen, trichloorethaan, butanol, ethanol, methanol, ethylglycol, diethylglycol, N-butylacetaat, ethylglycoacetaat, methylisobutylketon (MIBK), diisobutylketon, aceton, nitriethaan, nitropropaan en fenol.
- Diversen:
 - peroxyde initiators: kunnen de polymerisatiereactie weer opstarten wanneer het kunststofmengsel als hars worden aangeleverd. Een aantal van deze stoffen zoals benzoylperoxyde, lauroylperoxyde, butylhydroperoxyde en cumeenhydroperoxyde zijn carcinogeen [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984] en kunnen een irriterende werking hebben op ogen, huid en luchtwegen [Stuurgroep Chemiekaarten 1988].
- Basismateriaal voor het vervaardigen van kunststof: dit materiaal waaraan de hierboven beschreven toeslagstoffen kunnen worden toegevoegd bestaat uit thermoplastische en thermohardende harsen.
 - de gebruikte polymeren zijn inert en niet toxisch [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984];
 - epoxyharsen die de volgende bestanddelen bevatten: bisfenol A, epichloorhydrine (ECH) en polyglycolen, deze kunnen allergisch contacteczeem en effecten op het ademhalingsstelsel veroorzaken [Hartman, 1985; Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984];

- formaldehydesharsen waarbij formaldehyde vrij kan komen, dit werkt irriterend op de ogen en inhalatie kan leiden tot luchtwegaandoeningen [Britton, 1983; Stuurgroep Chemiekaarten, 1988].

Oplosbaarheid

Geluid:

- het aanbrengen van geluidwerende omkastingen bij granuleer- en menginstallaties en het afzonderen van deze installaties van de andere werkzaamheden [Britton, 1983; Tappèl & Terra, 1986]. Zie ook paragraaf 2.2.1.

Trillingen

Zie paragraaf 2.2.1.

Toxische stoffen

Zie paragraaf 2.2.1.

Toekomst

De afweeg- en mengwerkzaamheden zullen in de toekomst verder geautomatiseerd en gescheiden worden van de mens. Daarnaast zullen naar verwachting minder schadelijke stoffen worden toegepast wanneer meer bekend is over de toxiciteit van de gebruikte stoffen.

3. VORMGEVEN

Na het mengen wordt de rubber- en kunststofmassa veelal over een twee-rol-wals gevoerd om van de grote brokken hanteerbare vellen te maken, waarbij tevens een extra homogenisering plaatsvindt. Vervolgens kan met behulp van diverse vormgevingstechnieken de uiteindelijke vorm van het eindprodukt worden bepaald. Hierbij zijn de volgende fasen te onderscheiden [Schouten & Van der Vegt, 1983]:

- verwarmen en transporteren van het materiaal;
- eigenlijke vormgeving;
- fixeren van de verkregen vorm.

3.1 Verwarmen en transport (toxische stoffen)

Inleiding

Het verwarmen van het materiaal is nodig om het voldoende vloeibaar of plastisch te maken voor het vormgevingsprocédé. Tijdens het transport naar de plaats waar de uiteindelijke vormgeving geschiedt wordt het materiaal veelal verwarmd door het in contact te brengen met wanden die middels elektriciteit, stoom of een circulerende vloeistof verhit worden. Een andere mogelijkheid is de benodigde warmte te laten leveren door inwendige wrijving tijdens het transport met behulp van voorwarmwalsen [Schouten & Van der Vegt, 1983].

Blootstelling

Toxische stoffen

Tijdens het bedienen van de voorwarmwalsen wordt men aan hoge stofconcentraties blootgesteld, onder andere aan de anti-kleefstof talk [Kromhout et al., 1989b; Leetink, 1988]. Tijdens het verwarmen komen dampen vrij die een complexe mengeling zijn van gassen, druppeltjes en aërosolen die erg specifiek zijn

voor de chemische samenstelling van ieder mengsel [Kelchtermans, 1987; Biologiewinkel Utrecht, 1983].

De belangrijkste stoffen waarbij deze dampen vrijkomen zijn:

- polyurethaanhars: hierbij kunnen isocyanaten zoals toluendiisocyanaat (TDI), difenylmethaandiisocyanaat (MDI), cyclohexylisocyanaat en isoforondiisocyanaat. Deze stoffen kunnen acute en chronische luchtwegaandoeningen en irritatie van de huid veroorzaken [Hartman, 1985; Britton, 1983; Kelchtermans, 1987];
- polyethyleen (PE) en polypropyleen (PP): deze kunnen al bij 150°C gezondheidsschadelijke stoffen als propeen, buteen, hexeen, acetaldehyde, koolmonoxyde en formaldehyde vrijgeven [Kelchtermans, 1987; Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984];
- polystyreen (ABS & MBS): waarbij carcinogene stoffen als benzeen, acrylonitril en methylacrylaat kunnen vrijkomen [Kelchtermans, 1987; Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984];
- polyvinylchloride (PVC): bij 200°C kan zoutzuur vrijkomen. Daarnaast kunnen stoffen als benzeen, toluen en additieven vrijkomen en kan het zogenaamde "polymer fume fever" ontstaan [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Kelchtermans, 1987; Britton, 1983].

Oplosbaarheid

Toxische stoffen

- toepassen van gerichte afzuiging en ruimtelijke ventilatie [Leetink, 1988; Kelchtermans, 1987];
- minimaliseren van de transportbandlengte waardoor een onnodige blootstelling aan dampen en ongewenste afkoeling van het materiaal vermeden wordt.

Toekomst

Het gebruik maken van deugdelijke afzuig- en ventilatiesystemen, gecombineerd met een optimale routing van het te transporteren materiaal. Mogelijkerwijs zal het arbeidsproces verder geautomatiseerd worden.

3.2 Kalanderen

[geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Kalanderen is een techniek die gebruikt wordt om uit een plastische massa een plaat of vel van goed gedefinieerde dimensies te vervaardigen. Een kalender bestaat uit een drie- of viertal verwarmde, boven elkaar geplaatste draaiende rollen welke zeer nauwkeurig kunnen worden ingesteld. Achter deze rollen bevindt zich een hakmes welke eventueel de platen of vellen op de gewenste lengte afsnijdt [Schouten & Van der Vegt, 1983; Dittes, Goettling & Wolf, 1985].

Blootstelling

Geluid

Tijdens het kalanderen zijn geluidsniveaus van 83 dB(A) gemeten. Een hinderlijke geluidsbelasting wordt gevormd door het hakmes welke zeer sterke geluidspieken veroorzaakt [Ruepert, Stevens & Annema, 1985].

Toxische stoffen

De hoge materiaaltemperaturen tijdens het kalanderen veroorzaken voor de werknemers een blootstelling aan gezondheidsschadelijke stoffen zoals ftalzuur-esters en nitrosamines. De blootstelling aan ftalzuuresters is in de rubber- en kunststofverwerkende industrie het hoogst tijdens het kalanderen [Nielsen, Åkesson & Skerfving, 1985]. De aanwezigheid van bepaalde versnellers maken het mogelijk dat tijdens het kalanderen carcinogene nitrosamines vrijkomen.

Hiervan zijn concentraties gemeten die de binnenkort op te stellen grenswaarden hiervoor overschrijden [Wolf, 1989].

Oplosbaarheid

Geluid

De sterke geluidspieken kunnen vermeden worden door het snijgereedschap schuin te plaatsen waardoor het materiaal over een langere periode met een kleinere kracht wordt doorgesneden (Van der Berg, 1985).

Toxische stoffen:

- het gebruik maken van gerichte afzuiging en ruimtelijke ventilatie [Leetink, 1988];
- de transportband, welke het materiaal tussen twee kalenders vervoert, geheel omkassen [Dittes, Goettling & Wolf, 1985];
- stoffen als carbamaten en thiuram, welke middels chemische reacties het vrijkomen van nitrosamines mogelijk maken, vervangen door andere versnellers [Wolf, 1989].

Toekomst

Volledige automatisering van deze werkgang waardoor de mens volledig van het kalenderproces geïsoleerd wordt.

3.3 Extruderen, spuitgieten en persen **[geluid, toxische stoffen]**

Inleiding

De voor deze technieken toegepaste machines vertonen een grote overeenkomst wat betreft het werkingsprincipe en worden dan ook gezamenlijk behandeld. Bij het extrusieproces wordt de verwarmde plastische massa door één of meerdere openingen van een bepaalde vorm geperst, waardoor de gewenste produktvorm

wordt verkregen. Tijdens het spuitgieten wordt een gietvorm gevuld door middel van een spuittechniek. Bij de diverse perstechnieken wordt over het algemeen de te verwerken grondstof in een verwarmde matrijs gebracht en er door druk van buitenaf in geperst tot de gewenste eindvorm verkregen is [Schouten & Van der Vegt, 1983].

Blootstelling

Geluid

Het equivalente geluidsniveau tijdens een volledige produktcyclus van een extrusiemachine bedraagt 83 - 96 dB(A) [De Graaf & Puts, 1987]. Bij een spuitgietmachine bedraagt deze waarde 76 - 86 dB(A) [De Graaf & Puts, 1987]. Tijdens het persen met behulp van stoom kan weglekkend stoom een indringend sissend geluid veroorzaken [Leetink, 1988].

Toxische stoffen

Zowel bij het extruderen, spuitgieten als persen wordt het uitgangsmateriaal verwarmd waardoor gezondheidsschadelijke dampen of aerosolen (afhankelijk van de samenstelling van het rubber of kunststof) kunnen vrijkomen (zie paragraaf 3.1). Deze toxische stoffen komen veelal vrij bij de vultrechter, de spuitmond of tijdens het openen van de pers [Dittes, Goettling & Wolf, 1985]. De aanwezigheid van bepaalde versnellers maken het mogelijk dat tijdens het extruderen carcinogene nitrosamines vrijkomen. De concentraties die hiervan gemeten zijn overschrijden de binnenkort hiervoor op te stellen grenswaarden [Wolf, 1989].

Oplosbaarheid

Geluid

In [De Graaf & Puts, 1987] wordt beschreven voor de afzonderlijke machineonderdelen een groot aantal geluidreducerende maatregelen. Een aantal algemene principes zijn:

- het aanbrengen van een geluidisolerende afscherming rondom de bron;
- installeren van geluidarme persen, pompen en spuitmonden;
- minimaliseren van de systeemdruk;

- beperken van de valhoogte van het verkregen produkt;
- minimaliseren van de snelheid van bewegende delen (b.v. zuigers);
- aanbrengen van geluiddempers op de diverse machine-onderdelen;
- lawaaiige stoompersen vervangen door bijvoorbeeld geluidarme hydraulische persen [Leetink, 1988].

Toxische stoffen

- installeren van afzuiginstallaties bij de vultrechter, spuitmond en bij de pers. Tevens de werkplek goed ventileren [Dittes, Goettling & Wolf, 1985];
- stoffen als carbamaten en thiuram, welke middels chemische reacties het vrijkomen van nitrosamines mogelijk maken, vervangen door andere versnellers [Wolf, 1989];
- de werknemers afschermen van de emissiebronnen door middel van cabines of andere omkastingen [Dittes, Goettling & Wolf, 1985].

Toekomst

Te verwachten valt dat de automatiseringsgraad van deze bewerkingen verder verhoogd wordt waardoor de blootstelling van de werknemers aan de diverse fysische omgevingsfactoren gereduceerd wordt.

3.4 Overige vormgevingstechnieken [toxische stoffen]

Inleiding

Over de blootstelling aan toxische stoffen tijdens het plaatvormen, schuimen, gieten, wapenen, poedersinteren en galvaniseren is in de literatuur weinig bekend. Deze vormgevingstechnieken worden daarom tezamen in het kort behandeld.

Plaatvormen is veelal een goedkoop alternatief voor het spuitgieten. Het eindprodukt komt tot stand doordat een verwarmd stuk geëxtrudeerde plaat tegen

een matrijs wordt gedrukt. Bij het schuimen zorgt een blaasmiddel ervoor dat er gasbelletjes in de rubber- of kunststofmassa ontstaan. Het blaasmiddel kan zowel fysisch als chemisch van aard zijn. In het eerste geval lost een gas op en treedt het uit, nadat de temperatuur en/of de druk gewijzigd wordt. Chemische blaasmiddelen ontleden bij een bepaalde temperatuur en splitsen daarbij gas af. Een andere vormgevingstechniek is het gieten waarbij het uitgangsmateriaal in een dun vloeibare toestand in een vorm wordt gegoten. Voor een vergroting van het toepassingsgebied van rubbers en kunststoffen kunnen deze met versterkingsvezels gewapend worden. Wanneer een goed hechtende laag kunststof op een metalen oppervlak moet worden aangebracht, kan men gebruik maken van diverse poedersintertechnieken. Omgekeerd kunnen plastic produkten ook van een metallische coating worden voorzien: het zogenaamde galvaniseren [Schouten & Van der Vegt, 1983].

Blootstelling

De overeenkomst tussen al deze vormgevingstechnieken is dat het uitgangsmateriaal in meer of mindere mate verhit dient te worden voordat deze bewerkingen kunnen worden uitgevoerd. Ten gevolge van deze verhitting kunnen toxische stoffen vrijkomen, waaronder diverse oplosmiddelen (zie paragraaf 2.2.2). Tijdens het schuimen kunnen op deze manier ook het giftige isocyaan en de blaasmiddelen pentaan, freon en azodicarbonamide vrijkomen (zie paragraaf 2.2.2) [Dittes, Goettling & Wolf, 1985; Schouten & Van der Vegt, 1983]. Ook bij het wapenen van rubbers of kunststoffen kunnen giftige stoffen uittreden zoals formaldehydehydarsen tijdens het vervaardigen van GRP ("glass reinforced plastics") [Britton, 1983].

Oplosbaarheid

In het algemeen kan een blootstelling aan deze toxische stoffen vermeden worden door de operator af te schermen van het vormgevingsproces, de emissiebron goed af te zuigen en de werkplek voldoende te ventileren.

Toekomst

Om in de toekomst een vermindering van de blootstelling aan toxische stoffen te kunnen realiseren zullen deze vormgevingstechnieken naar alle waarschijnlijkheid geheel omkast en/of geautomatiseerd worden.

3.5 Loopvlakvernieuwing [geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Het vernieuwen van loopvlakken van versleten banden is een vormgevingsproces dat alleen in de rubberverwerkende industrie voorkomt. De binnengekomen versleten banden worden gekeurd, met de hand op een machine gezet en opgeruwd. Afhankelijk van de staat van het karkas wordt de band gerepareerd. Hierna worden de banden ingesmeerd met een solutie, waarna de banden door middel van een extruder van een nieuw rubberen loopvlak worden voorzien. Vervolgens gaan de banden naar een pers, waar ze ge vulcaniseerd worden en voorzien van het gewenste profiel [Ruepert, Stevens & Annema, 1985; De Haan, Ikink & Koppejan, 1988].

Blootstelling

Geluid

Bij het opruwen van banden komen geluidsniveaus voor van 85 - 97 dB(A), bij reparatiewerkzaamheden varieert deze waarde tussen de 77 - 88 dB(A) en bij het spuiten van hechtmateriaal kan het geluidsniveau oplopen tot 105 dB(A) [Ruepert, Stevens & Annema, 1985; De Haan, Ikink & Koppejan, 1988].

Toxische stoffen

Tijdens de opruw- en reparatiewerkzaamheden wordt men blootgesteld aan hoge concentraties rubberstof, waarbij dampen en gassen, bekend als de zogenaamde "blue fumes", vrijkomen. Deze blootstelling kan leiden tot luchtwegaandoeningen

[De Haan, Ikink & Koppejan, 1988]. Daarnaast kan men tijdens het spuiten van hechtmiddel (solutie) blootgesteld worden aan oplosmiddelen, PAK's en nitrosamines (zie paragraaf 2.2.2) [De Haan, Ikink & Koppejan, 1988].

Oplosbaarheid

Geluid

- omkassen of afzonderen van de compressor [De Haan, Ikink & Koppejan, 1988];
- gebruik maken van geluidarme spuitkoppen.

Toxische stoffen

- gebruik maken van gerichte afzuiginstallaties [De Haan, Ikink & Koppejan, 1988];
- de spuitwerkzaamheden afschermen of afzonderen van de andere werkzaamheden.

Toekomst

Naar verwachting zal in de toekomst gebruik worden gemaakt van automatische opruw- en spuitinstallaties of -cabines.

3.6 Vulkaniseren

Na het eigenlijke vormgevingsproces worden de rubberprodukten ge vulcaniseerd. Afhankelijk van het gevolgde procédé krijgt het rubberprodukt zijn definitieve vorm bij een temperatuur tussen de 100°C en 350°C. Bij deze temperaturen en bij een bepaalde druk reageren de vulcanisatiemiddelen met de rubbermoleculen: de zogenaamde "cross-linking". Het ge vulcaniseerde produkt is hierdoor slijtva ster en minder temperatuur gevoelig dan het ruwe rubber. Het vulcanisatieproces is onder te verdelen in een aantal produktieprincipes die hieronder zullen worden behandeld.

3.6.1 Discontinue vulkanisatie [geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Bij de vulkanisatie van rubberartikelen, die met een matrijs geproduceerd worden, zijn de functies vormgeven en vulkanisatie in één stap gecombineerd. Het principe van discontinue vulkanisatie bestaat uit het vullen van de matrijs met het rubbermengsel om vervolgens, na het persen onder hoge temperatuur en druk, het produkt uit te matrijs te lossen. Op deze manier worden ook nieuwe banden vervaardigd en oude banden van nieuwe loopvlakken voorzien [Kromhout et al., 1989b; Britton, 1983].

Rubberprodukten, die zonder matrijs te vervaardigen zijn, vulcaniseren in een autoklaaf waar stoom voor de warmteoverdracht zorgt. Het vullen en legen van een autoklaaf gebeurt zowel handmatig als gemechaniseerd met een takel of een transporteur [Kromhout et al., 1989b; Dunlop Co. Ltd., 1983].

Blootstelling

Geluid

Geluidsniveaus tot 95 dB(A) komen voor tijdens het vulcaniseren en worden veroorzaakt door de persen, weglekkend stoom en het lossen van de produkten met perslucht [Kromhout et al., 1989b; Bednall, 1987; Leetink, 1988; Ruepert, Stevens & Annema, 1985].

Toxische stoffen

Tijdens het vulcaniseerproces wordt men blootgesteld aan dampen en gassen waarbij de concentratie afhankelijk is van de vulkanisatietemperatuur, de hiervoor benodigde druk, het aantal persopeningen, het aantal bediende persen en de samenstelling van het rubbermengsel [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; Kromhout et al., 1989b]. Dampen en gassen die vrij komen kunnen onder andere bestaan uit: polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK), oplosmiddelen,

nitrosamines en olienevels [Järvisalo, Pfäffli & Vianio, 1984; De Haan, Ikink & Koppejan, 1988; Leetink, 1988; Ruepert, Stevens & Annema, 1985]. Gezondheidsschadelijke effecten die zich ten gevolge van deze stoffen kunnen voordoen zijn: luchtwegaandoeningen zoals chronische bronchitis, longkanker enz. [De Haan, Ikink & Koppejan, 1988; Ruepert, Stevens & Annema, 1985; Biologiewinkel Utrecht, 1983].

Oplosbaarheid

Geluid

- gebruik maken van alternatieve losmethoden, bijvoorbeeld met behulp van robots of afstandbediening;
- het inbouwen van de persluchtinstallatie in de matrijs;
- persluchtpistolen uitrusten met geluidarme spuitkoppen; [Swuste, 1989; Kromhout et al., 1989b].

Toxische stoffen

- vulcanisatiepersen voorzien van afzuiginstallaties [Kromhout et al., 1989b];
- het spuiten met olie ten behoeve het lossen van de matrijs vervangen door bijvoorbeeld likrollen [Leetink, 1988];
- het ontstaan van nitrosamines voorkomen door een ander samenstelling van het rubbermengsel te kiezen [Kromhout et al., 1989a];
- het plaatsen van starre schermen, waardoor vulcanisatiedampen zich niet over de hele afdeling verspreiden [Kromhout et al., 1989a].

Toekomst

Een hogere automatiseringsgraad, zoals het toepassen van robots, is voor het discontinue vulcanisatieproces in de toekomst te verwachten.

3.6.2 Continue vulkanisatie [toxische stoffen]

Inleiding

Bij continue vulkanisatie wordt het rubbermengsel in een voortdurende procesgang, zonder lossen, ge vulcaniseerd. Er zijn een aantal verschillende produktieprincipes, waarbij de wijze van warmteoverdracht verschilt. Voorafgaande aan het vulcaniseren staat veelal een spuitmachine die het rubbermengsel in een tunnel spuit. Het mengsel kan voorverwarmd worden door een magnetronoven, waarna het vulcaniseert onder invloed van hete lucht. Daarnaast kan de vulcanisatietemperatuur worden bereikt door een gesmolten zoutbad of met infrarood straling. Tenslotte zorgt een dompelbad of de buitenlucht voor afkoeling van het ge vulcaniseerde rubber [Kromhout et al., 1989b].

Blootstelling, oplosbaarheid en toekomst

Zie toxische stoffen in paragraaf 3.6.1.

4. AFWERKEN

Na de verschillende vormgevingsprocessen dienen de rubber- en kunststofprodukten te worden afgewerkt. Onder afwerken wordt verstaan het uitvoeren van een aantal verspanende bewerkingen, het controleren van de produkten en het verwerken van afvalprodukten.

4.1 Verspanende bewerkingen [geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Voor het verwijderen van vloeiranden, het afwerken van banden en het op maat maken van produkten zijn een aantal verspanende bewerkingen voorhanden zoals: schuren, slijpen, stanzen, snijden, zagen, draaien enz.

Blootstelling

Geluid

In de literatuur zijn weinig gegevens bekend betreffende de geluidexpositie tijdens de diverse verspanende bewerkingen. [De Haan, Ikink & Koppejan, 1988] rapporteren geluidsniveaus van ca. 100 dB(A) tijdens het schuren van banden met een schuurmachine.

Aangezien veelal dezelfde verspanende machines gebruikt worden als in de metaal- en houtverwerkende industrie [FME, 1974] mag worden aangenomen dat de werknemers tijdens deze bewerkingen blootgesteld worden aan geluidsniveaus welke schadelijk kunnen zijn voor het gehoororgaan [Kromhout et al., 1989].

Trillingen

Indien met aangedreven handgereedschappen wordt gewerkt, zoals schuurmachines, slijpmachines enz. zal men naar alle waarschijnlijkheid blootgesteld worden aan ontoelaatbare handarmtrillingen [van Drimmelen, 1986b].

Toxische stoffen

Tijdens de verschillende verspanende bewerkingen wordt men vooral blootgesteld aan hoge concentraties kunststof- en rubberstof [Kromhout et al., 1989b]. Vaak ontstaat hierbij ook damp of rook: de zogenaamde "blue fumes", zie paragraaf 3.5.

Oplosbaarheid

Geluid

- het toepassen van geluidarme machines;
- het gebruik maken van geluidschermen of omkastingen.

[De Haan, Ikink & Koppejan, 1988].

Trillingen

Indien mogelijk het gebruik van trillende handgereedschappen vermijden, bijvoorbeeld door andere bewerkingsmethoden toe te passen. Voor andere oplossingsmogelijkheden zie paragraaf 1.4.3.

Toxische stoffen

- aanschaffen van machines die voorzien zijn van een ingebouwde afzuiging,
- toepassen van gerichte afzuiging;

[De Haan, Ikink & Koppejan, 1988].

Toekomst

Naar verwachting zullen een verhoogde automatiseringsgraad, een betere afzuiging en geluid- en trillingsarme machines de blootstelling aan geluid, trillingen en toxische stoffen reduceren.

4.2 Controleren

[toxische stoffen]

Inleiding

Nadat de verschillende bewerkingen zijn uitgevoerd, wordt het eindprodukt getoetst aan de vooraf gestelde eisen. Deze controle is gericht op de uiteindelijke vorm, kleur, sterkte, slijtvastheid enz.

Blootstelling

Toxische stoffen

Bij de controle die tijdens afkoelingsprocessen wordt uitgevoerd kunnen controleurs blootgesteld worden aan dampen en gassen die tijdens dit proces vrijkomen [Wolf, 1989; Ruepert, Stevens & Annema, 1985; Tappèl & Terra, 1986]. Hierbij zijn vooral oplosmiddelen en nitrosamines van belang, zie paragraaf 2.2.2 en 3.2.

Oplosbaarheid

Toxische stoffen

- controlewerkzaamheden uitstellen totdat het eindprodukt geheel is afgekoeld;
- de locatie waar de produkten gecontroleerd worden voorzien van afzuig- en ventilatiesystemen.

Toekomst

Door nauwkeurigere bewerkingsmethoden en geautomatiseerde controlesystemen zal de blootstelling aan gezondheidschadelijke stoffen in de toekomst verminderen.

4.3 Verwerken van afvalprodukten **[geluid, toxische stoffen]**

Inleiding

De verwerking van afvalprodukten in de rubber- en kunststofverwerkende industrie bestaat uit het direct afvoeren of het hergebruiken van de afvalprodukten.

Blootstelling

Geluid

Bij hergebruik worden de afvalprodukten in snij- of granuleermachines tot zeer kleine deeltjes vernalen. De gebruikte machines komen overeen met de in paragraaf 2.1 vermelde apparaten en produceren een geluidvermogeniveau van 89 - 133 dB(A) [Britton, 1983; De Graaf & Puts, 1987].

Toxische stoffen

Er zijn geen onderzoeksgegevens bekend betreffende de blootstelling aan toxische stoffen tijdens het verwerken van afvalprodukten, naar alle waarschijnlijkheid zal echter ook hier sprake zijn van een hoge stofexpositie.

Oplosbaarheid

Geluid

Zie paragraaf 2.1.

Toxische stoffen

Verwacht wordt dat het installeren van afzuig- en ventilatiesystemen een afdoende maatregel is om gezondheidsschade tijdens deze bewerkingen te voorkomen.

Toekomst

Naar verwachting zal in de toekomst het hergebruik van rubber en kunststof door middel van recycling toenemen.

5. OVERIGE WERKZAAMHEDEN

Onder de overige werkzaamheden wordt het reinigen en onderhouden van de machines en de werkplekken verstaan en het intern transport van de rubber- en kunststofprodukten.

5.1 Reinigen

Het reinigen van machines en werkplekken wordt uitgevoerd met behulp van zuig- en blaasinstallaties, waarbij het eerstgenoemde type regelmatig geledigd dient te worden. Daarnaast worden diverse onderdelen gereinigd met oplosmiddelen.

5.1.1 Zuigen (geluid, toxische stoffen)

Inleiding

Voor het verwijderen van allerlei stoffen, gassen en dampen die tijdens de verschillende bewerkingen vrijkomen wordt industriële ventilatie toegepast. Hierbij kan een onderscheid worden gemaakt tussen plaatselijke en ruimtelijke ventilatiesystemen.

Blootstelling

Geluid

In de literatuur zijn geen gegevens gevonden betreffende geluidsniveaus van de hier toegepaste ventilatiesystemen. Indien geen bedrijfstakspecifieke installaties worden toegepast gelden de geluidsniveaus van universele systemen. Bij de ventilator kan het geluidsniveau oplopen tot boven de 105 dB(A) [Gaschler, 1984], bij de afzuigmond is het geluidsniveau vrijwel nooit boven 80 dB(A). Het geluid wordt vooral veroorzaakt door de ventilator en de hoge luchtsnelheid in het afzuigstelsel [Noort & Kramer, 1984].

Toxische stoffen

Bij het ledigen van stofzakken of bij het schoonmaken van de filters ontstaan hoge stofconcentraties in de lucht [Dul & Pasmooij, 1985].

Oplosbaarheid

Geluid

Oplossingen die gelden voor universele afzuig- en ventilatiesystemen zijn:

- verplaatsen van de ventilator naar een afzonderlijke ruimte of achter een scherm [Noort & Kramer, 1984];
- aanbrengen van geluiddempers in de luchtkanalen [Van den Berg, 1985];
- beperken van de luchtsnelheid, bij voorkeur mag deze waarde niet meer dan 10 m/s bedragen [Koster & Spee, 1989];
- leidingen aërodynamisch gunstige aansluiten op de machine door het voorkomen van haakse bochten, vernauwingen en scherpe kanten, het dichtens van gaten in kanalen en het flexibel bevestigen van de leidingen [Noort & Kramer, 1984];
- isoleren van aan- en afvoerkanalen [Koster & Spee, 1989].

Toxische stoffen

- voor een optimale werking van plaatselijke afzuiginstallaties moeten deze dicht bij de emissiebron worden geplaatst en dienen voorzieningen als omkastingen, luchtstralen en inlaatflenzen te zijn aangebracht [Koster & Spee, 1989];
- het afval niet meer opvangen in stofzakken maar in een centrale opslageenheid, indien dit onmogelijk blijkt moeten de zakken worden afgeschermd [Tappèl & Terra, 1986];
- gebruik maken van zelfreinigende filters [Tappèl & Terra, 1986].

Toekomst

Verwacht wordt dat geluidarme afzuig- en ventilatiesystemen meer zullen worden toegepast en dat deze eventueel naar speciale ruimten worden verplaatst.

5.1.2 Blazen

[geluid, toxische stoffen]

Inleiding

Blazen heeft tot doel het verwijderen van kunststof- en rubberstof (bijvoorbeeld het schoonspuiten van matrijzen), wat uitgevoerd wordt met behulp van een spuitpistool.

Blootstelling

Geluid

Het geluidsniveau van compressoren, spuitpistolen en ventilatoren tezamen kan oplopen tot boven de 95 dB(A) [Kromhout et al., 1989b; Hammer, 1981; Gaschler, 1984].

Toxische stoffen

Zeer hoge stofconcentraties komen voor wanneer machines of de werkplek met een spuitpistool worden gereinigd. Dit geldt met name bij het schoonspuiten van matrijzen [De Haan, Ikink & Koppejan, 1988].

Oplosbaarheid

Geluid

- toepassen van een geluidarme blaasmond [Tukker, 1984a];
- reduceren van de luchtdruk tot een minimum [Tukker 1984a];
- de blaasmond zo dicht mogelijk bij het werkstuk plaatsen zodat de toevoer-druk verlaagd kan worden [Tukker, 1984a];

- verplaatsen van de compressor naar een aparte ruimte of plaatsen in een omkasting [Tappèl & Terra, 1986];
- voorkomen dat de luchtstroom op scherpe objecten is gericht [Tukker 1984a];

Toxische stoffen

Andere werkwijzen toepassen, bijvoorbeeld in plaats van schoonblazen overgaan tot schoonzuigen.

Toekomst

Te verwachten is dat in de toekomst meer gebruik zal worden gemaakt van afzuiginstallaties, geluidarme compressoren en blaasmonden, vooral omdat de deskundigheid op dit punt bij installateurs en ontwerpers de laatste jaren sterk is toegenomen.

5.1.3 Ontvetten met oplosmiddelen [toxische stoffen]

Inleiding

Het reinigen van metalen delen van machines zoals mengketels en walsen gebeurt met behulp van oplosmiddelen.

Blootstelling

Toxische stoffen

Als onvettingsmiddel worden stoffen als trichloorethaan, trichloorethyleen en tolueen toegepast [Edner, 1979; Hartman, 1985]. De concentratie waarin trichloorethaan tijdens deze werkzaamheden voorkomt is laag in vergelijking met de MAC-waarde (Kromhout, et al. 1989b). De te reinigen onderdelen kunnen echter zeer schadelijke stoffen bevatten waaraan men tijdens deze werkzaamheden wordt blootgesteld.

Oplosbaarheid

Toxische stoffen

- giftige ontvettingsmiddelen vervangen door minder giftige stoffen, zoals gebruik maken van tetrachloorethyleen in plaats van trichloorethyleen [Edner, 1979];
- afzuigen van te reinigen machine-onderdelen wanneer hierbij mogelijkerwijs toxische stoffen vrijkomen.

Toekomst

In de toekomst zullen waarschijnlijk andere reinigingsmethoden met een hogere automatiseringsgraad worden ontwikkeld.

5.2 Onderhoud

Onderhoud bestaat uit het periodiek inspecteren, het vervangen, afstellen en eventueel repareren van machineonderdelen.

5.2.1 Onderhoudswerk [geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Bij onderhoudsactiviteiten werkt men vaak in sterk belastende arbeidsomstandigheden. Vaak betreft het een complexe blootstelling aan een aantal van de volgende factoren: fysieke belasting (door de moeilijke toegankelijkheid van de machine), lawaai (met name bij werk binnen een omkasting, bij een draaiende machine), handarmtrillingen (met name ten gevolge van gereedschappen) en tijdsdruk (bij reparatiewerk).

Veel voorkomende belastende activiteiten zijn bijvoorbeeld het los- en vastdraaien van bouten (met een handsleutel of een aangedreven moeraanzetter), las- en slijpwerkzaamheden en tilwerk. Het betreft zowel onderhoudsmonteurs als het produktiepersoneel zelf, afhankelijk van de wijze waarop het onderhoud is georganiseerd. Voor het onderhoudspersoneel is het werk voor 8 uur per dag, voor produktiepersoneel aanzienlijk minder.

Blootstelling

De intensiteit van de blootstellingen verschilt zeer sterk van situatie tot situatie. Gesteld kan worden dat de hoogste intensiteiten voorkomen bij onderhoud aan nog in bedrijf zijnde machines (dan werkt men erg dicht bij de bron van bijvoorbeeld het geluid) en bij reparatie werk (met name door de vaak grote tijdsdruk).

Geluid

Niveaus boven 80 dB(A) (gemiddeld over de werkdag) komen veel voor, soms tot 110 dB(A) (tijdelijk, bijvoorbeeld tijdens slijpen [Tukker, 1984b]). Er is dus vaak kans op gehoorschade.

Trillingen

Het betreft vooral handarmtrillingen, vooral ten gevolge van de gebruikte (vaak pneumatische) gereedschappen: met name boormachines, boorschroevendraaiers, slagmoersleutels, slijp-, schuur- en polijstgereedschap enz. De trillingsniveaus kunnen dermate hoog zijn [van Drimmelen, 1986b] dat de voorgenumen richtlijn van de overheid wordt overschreden.

Toxische stoffen

Blootstellingen tot ver boven de grenswaarden (MAC) komen voor, bijvoorbeeld tijdens lassen, snijden en slijpen. De grootste blootstellingen komen voor bij het werken aan vervuilde oppervlakken.

Meervoudige belasting

- Fysieke belasting

Onderhoudswerk is vaak fysiek zwaar belastend werk, vooral door de vaak ongemakkelijke werkhoudingen, vaak in combinatie met grote krachten die moeten worden uitgeoefend (bijvoorbeeld het tillen van zware onderdelen). Zowel de energetische belasting, de werkhoudingen als de uit te oefenen krachten kunnen tot boven ergonomische richtwaarden oplopen [Den Dekker 1988].

- Klimaat

Vaak moet in belastende klimaatomstandigheden worden gewerkt, met name bij werk aan of dichtbij nog functionerende machines, vooral binnen omkastingen.

- Verlichting

Meestal moet de verlichting volledig door zelf meegebrachte lampen worden verzorgd, hetgeen tot vaak slechte verlichtingssituaties leidt. Dit kan ongunstige werkhoudingen mede in de hand werken (om toch nog voldoende te zien).

- Tijdsdruk

Sterk bepalend voor de belasting is tevens de grote tijdsdruk waaronder vaak wordt gewerkt, met name bij reparaties. Extreem lange werkdagen, nauwelijks pauzes en een hoog werktempo zijn dan geen uitzondering.

Oplosbaarheid

Algemeen

Een essentieel probleem is dat in het ontwerpstadium van het te onderhouden produktiemiddel meestal te weinig rekening is gehouden met de arbeidsomstandigheden bij het onderhoud. Dan resteert slechts het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, die deels kunnen beschermen (dit is bijvoorbeeld niet het geval tijdens zwaar tilwerk in een krappe ruimte).

Verbeteringen moeten gezocht worden in:

- beter rekening mee houden bij ontwerp, aanschaf en plaatsing van de machines en installaties (bijvoorbeeld voldoende bereikbaarheid);
- zo mogelijk meer preventief onderhoud, omdat dit door de kleinere tijdsdruk en het betere overzicht goed kan worden gepland (bijvoorbeeld uitvoeren bij uitgeschakelde produktie). Meer preventief onderhoud heeft vaak ook puur uit onderhoudstechnisch oogpunt belangrijke voordelen;
- verder resteren de mogelijkheden tot maatregelen die voor de uit te voeren bewerkingen zelf gelden.

Trillingen

Aanvullend kunnen specifiek voor trillingen nog de volgende maatregelen worden genoemd:

- het verminderen van de benodigde knijpkracht, bijvoorbeeld door het gereedschap op te hangen of het gereedschap te laten rusten op het werkstuk (ook gunstig uit oogpunt van fysieke belasting);
- het werken met goed onderhouden gereedschap (geen versleten slijpschijf);
- het verlagen van de werkdruk van de perslucht;
- zo mogelijk een minder belastende bewerkingswijze.

Met name bij slaggereedschap treedt door genoemde maatregelen nauwelijks verbetering op, juist omdat de slagkracht een functie van het apparaat is en geen bijprodukt. Bij trillend en stotend gereedschap is het daarom van belang te zoeken naar oplossingen die op de eerste plaats een beperking inhouden van de blootstellingsduur en op de tweede plaats handbediening voorkomen.

Toekomst

Er zijn geen grote veranderingen te verwachten. Te verwachten ontwikkelingen zijn:

- meer preventief onderhoud. Dit past sterk in het algemeen streven naar een betere beheersing van bedrijfsprocessen (met name onderhoudsmanagement). Zoals boven toegelicht is dit een gunstige ontwikkeling;

- meer rekening mee houden bij het ontwerp. Ontwerpers worden tegenwoordig meer opgeleid in het zogenaamde onderhoudsbewust ontwerpen. Te verwachten is dat dit op den duur tot beter te onderhouden machines en installaties zal leiden;
- een mogelijkheid die in het kader van de Arbowet door de afnemers van machines en dergelijke toegepast kan worden is om bij de aanschaf te verlangen dat de onderhoudbaarheid van de machine of installatie wordt aangegeven (met name de arbo-aspecten) en om dit mee te laten wegen bij de keus;
- betere gereedschappen;
- ontwikkeling van mobiele tilhulpmiddelen, zoals compacte verrijdbare zwenkkranen.

5.3 Intern transport

Het voornaamste transportmiddel dat in de rubber- en kunststofverwerkende industrie wordt toegepast is de heftruck.

5.3.1 Heftrucks

[geluid, trillingen, toxische stoffen]

Inleiding

Heftruckchauffeurs staan in principe bloot aan de omgevingsfactoren zoals die heersen in de ruimte waarin ze rijden. Soms worden ze daartegen (deels) beschermd door een afgesloten cabine (met name bij werk buiten, of in extreem hete of koude omgevingen), meestal zijn de cabines echter open. Het werk van chauffeur wordt meestal door aparte chauffeurs uitgevoerd, in kleinere bedrijven en afdelingen wordt het ook wel als deel van een andere functie uitgevoerd.

Blootstelling

Geluid

Meestal staat men in heftrucks bloot aan gemiddelde geluidsniveaus boven 80 dB(A), ten gevolge van de eigen machine en de omgeving [Beumer 1985]. Het machinegeluid hangt sterk af van het type aandrijving: bijvoorbeeld elektrische heftrucks (eigen geluid 72 - 84 dB(A)) zijn over het algemeen aanzienlijk stiller dan diesel- of gasaangedreven heftrucks (eigen geluid 80 - 96 dB(A)) [Beumer 1985]. Hoge piekniveaus komen voor bij het transport van lawaaiige lading over oneffen rijpaden.

Trillingen

De trillingsbelasting (lichaamstrillingen) is vaak boven de gezondheidkundige richtlijnen. Bij heftrucks zijn bijvoorbeeld trillingsniveaus van 0,48 - 2,5 m/s² gemeten [Van Drimmelen, et al. 1986]. De voornaamste bron is meestal het wiel-wegcontact [Leun & Ramaekers 1986]. Minder belangrijke trillingsbronnen zijn kenmerken van de heftruck, zoals de aard van de banden (massieve banden leveren meer trillingen), aard van de aandrijving (verbrandingsmotoren leveren meer trillingen dan elektrische aandrijving), de stoelvering (vaak zonder enige vering) en de vering van de wielophanging (vaak erg stug vanwege vereiste stabiliteit) [Bosman 1985].

Toxische stoffen

De blootstelling wordt zowel veroorzaakt door uitlaatgassen van de eigen heftruck (bij verbrandingsmotoren) als door de omgeving waarin men rijdt (bepalend voor de hoogste concentraties). In sommige produktieruimtes kan de blootstelling oplopen tot boven de grenswaarden (MAC).

Meervoudige belasting

- Klimaat

Dit betreft met name de overgangen tussen binnen en buiten en tussen ruimtes onderling.

- **Fysieke belasting**

Dit betreft de statische belasting bij het besturen, vaak met een weinig geschikte stoel en een geringe houdingsvariatie.

- **Ploegendienst.**

In de meeste bedrijven wordt in ploegendienst gewerkt.

- **Veiligheid.**

Heftrucks zijn vaak betrokken bij (bedrijfs)ongevallen. Belangrijke oorzaken zijn het slippen en omvallen, waarbij achterwielbesturing, banden druk, massieve voorwielen en het ongeladen rijden een rol spelen [Strandberg 1983].

Oplosbaarheid

Er is een groot scala van verbeteringsmogelijkheden, sterk afhankelijk van de situatie. Tussen haakjes is steeds aangegeven voor welk aspect de maatregel zinvol is:

- oneffenheden op de rijweg (richels, naden) voorkomen (geluid en trillingen). Bijvoorbeeld beter een geasfalteerde of egalen betonnen rijroute dan een weg die is opgebouwd uit klinkers of stelconplaten [Beumer 1985; Tappèl & Terra, 1986]. Zo gaf een verbetering van het wegdek een verlenging van het toegestane blootstellingsduur aan de trillingen van 92 % [Voss & Krogh-Lund, 1988]. Voor trillingen is dit samen met beperking van de rij-snelheid de voornaamste maatregel;
- beperking rij-snelheid (trillingen). Zo gaf een reductie van de rij-snelheid van 9 naar 7 km/uur een verlenging van de toegestane blootstellingsduur van 130 % [Voss & Krogh-Lund, 1988];
- elektrisch aangedreven in plaats van met verbrandingsmotoren (geluid, trillingen en toxische stoffen) [Beumer, 1985; Tappèl & Terra, 1986];
- zo mogelijk geen massieve banden maar luchtgeveerde banden gebruiken (trillingen, geluid);
- goed onderhouden van het materieel, met name in verband met productie van uitlaatgassen, geluid van de aandrijving en de trillingsproductie (geen schoksgewijs rijden door haperende koppeling of rem);

- gebruik maken van een goed afgeveerde stoel, bij voorkeur luchtgeveerd (trillingen). Dit gaf in een praktijkvoorbeeld een verlenging van de toegestane blootstellingsduur van 38 % [Voss & Krogh-Lund 1988];
- zo nodig toepassen van een goed afgeveerde en geïsoleerde cabine (trillingen, geluid, toxische stoffen, klimaat). In combinatie hiermee is voor het geluid ook het aanbrengen van absorptiemateriaal in de cabine zinvol [Beumer, 1985; Tappèl & Terra, 1986]. Vooral voor trek- en laadkarren is belangrijk dat de bestuurder niet voor de vooras zit (in verband met trillingen);
- verhogen van de beladingsgraad en vooral beperking van onbeladen rijden (vooral trillingen). Dit is natuurlijk ook uit oogpunt van efficiëntie al een belangrijk streven;
- bij vloeibare lading klotsen van lading tegengaan, bijvoorbeeld door schotten in te bouwen (trillingen);
- maatregelen treffen in de omgeving (geluid, trillingen, toxische stoffen). Het zal duidelijk zijn dat dergelijke maatregelen des te meer zin hebben voor de chauffeurs als de omgeving meer belastend is dan de wagen zelf. In dit kader kan tevens worden genoemd:
 - gunstige routing (beperking van de route en zoveel mogelijk vermijden van belastende omgevingen: geluid, toxische stoffen, klimaat) [Swuste, 1989];
 - eventueel een ander transporttype, bijvoorbeeld afstandsbediende wagens (geluid, trillingen, toxische stoffen).

Toekomst

Te verwachten is dat in de toekomst de situatie goed verbeterd kan worden, onder andere om de volgende redenen:

- het aandrijfgeluid van nieuwe heftrucks is vaak belangrijk minder; de stoelen van nieuwe heftrucks zijn meestal beter afgeveerd;
- de meerkosten van gesloten cabines zijn bij nieuwe heftrucks aanzienlijk minder dan bij bestaande machines;
- elektrisch aangedreven heftrucks zijn steeds beter toepasbaar (door toename van motorvermogen en van actieradius).

Bij de aanschaf van nieuwe heftrucks kan de situatie daarom vaak belangrijk verbeteren, mits men voldoende daarop let, met name door de specificaties op deze punten te betrekken bij de beslissing tot aankoop.

Een nieuwe ontwikkeling is tevens automatisering: wagens die zonder chauffeur door het bedrijf rijden. Bij de meeste systemen beweegt de wagen zich dan langs een geleidingssysteem in de vloer. Er bestaan ook meer flexibele systemen, waarbij de wagen zich oriënteert op een eenvoudig rasterpatroon in de vloer (bijvoorbeeld donkere tegels) en zelfs bij onverwachte obstakels automatisch een alternatieve route zoekt. Bij dergelijke automatisering vervalt de functie van chauffeur en daarmee ook zijn blootstelling aan belastende arbeidsomstandigheden. Geautomatiseerde transportsystemen zijn voornamelijk geschikt voor plaatsen waar weinig mensen aanwezig zijn op de rijroutes (zoals opslagterreinen en magazijnen).

LITERATUUR

ANNEMA, J.A., C. RUEPERT & T. STEVENS. Werken in de rubberindustrie. Risicobulletin, 7 (1985) 6, p. 10 - 13.

ARBEIDSINSPECTIE. De Nationale Mac-lijst 1989. Voorburg. DGA, 1989. (Publikatieblad 145).

BEDNALL, A.W. Noise and noise control in the British rubber industry. Bootle, Health and Safety Executive, 1987.

BEDNALL, A.W. Anti-vibration gloves. Health and Safety Executive, Technology Division, Specialist Inspector Reports, 1988 (Report no. 13).

BERG, R. VAN DER. Lawaaibestrijding. Achtergronden, aanpak en methoden, praktijkvoorbeelden. Leiden, NIPG-TNO, 1985.

BEUMER, P.F.M. & P.M. BUIS. Mogelijkheden tot geluidbestrijding bij intern transport, stand van de techniek. Voorburg, DGA, 1985 (ICG-rapport LA-HR-02-06).

BIOLOGIEWINKEL UTRECHT. Gezondheidsrisico's van enkele stoffen gebruikt in de rubberindustrie. Utrecht, Biologiewinkel, 1983.

BOSMAN, B. Inventarisatiemeting 20: een heftruck. Delft, IWECO-TNO, 1985. (Rapportnummer: 5062373-85-18).

BRAMMER, A.J. Threshold limit for hand-arm vibration exposure throughout the workday. In: Brammer A.J. & W.Taylor (eds), Vibration effects on the hand and arm in industry. New York, Wiley, 1982 Pp. 291 - 301.

BRITTON, T.J. Plastics processing industry. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety, 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1719 - 1723.

BURDORF, A. De invloed van mechanische trillingen op de mens; een inleiding. T. Ergonomie, 13 (1988) 3, p. 6 - 13.

CHEATER, G., et al. Clearing the air: a guide to controlling dust and fume hazards in the rubber industry. Shawbury, Rubber and plastics research association, 1982.

CHRIST, E. Geringere Hand-Arm Schwingungsbelastung durch Schutzhandschuhe. Berufsgenossenschaft, (1982) 458 - 461.

CHRIST, E. Minderung der Schwingungseinwirkung bei vibrierenden handgeführten Arbeitsgeräten. Berufsgenossenschaft, (1986) 15 - 20.

CHRIST, E. Schutz vor Vibrationseinwirkung durch Schutzhandschuhe, vibrationsdämpfende Fahrersitze und Antivibrations-Schutzhandschuhe. Berufsgenossenschaft 11, (1986) 652 - 657.

DEKKER, I.P.P., DEN. Lichamelijk zware arbeid in de Nederlandse industrie. Voorburg, DGA, 1988. (Publikatie S 45).

DIJK, F. VAN. Onderzoek arbeidsomstandigheden. De rubberindustrie in Engeland. De Veiligheid, 59 (1983) 611 - 613.

DITTES, W., D. GOETTLING & H. WOLF. Arbeitsplatzluftreinhaltung: schadstoffeffassungseinrichtungen in der Fertigungstechnik: Bilanz der Massnahmen. Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1985. (Forschungsbericht 483)

DRIMMELEN, D. VAN, et al. Trillen en schokken tijdens het werk. Inventarisatie van trillende werk- of andere tuigen, trillingsbelasting en trillingsarme technologie. Deel I: Handleiding voor trillingsarm ontwerpen. Technische Universiteit Delft, Vakgroep Veiligheidskunde, 1986a.

DRIMMELEN, D. VAN, et al. Trillen en schokken tijdens het werk. Inventarisatie van trillende werk- of andere tuigen, trillingsbelasting en trillingsarme technologie. Deel II: Literatuuroverzicht. Technische Universiteit Delft, Vakgroep Veiligheidskunde, 1986b.

DRIMMELEN, D. VAN, et al. Uitgangspunten voor vermindering van trillingsbelasting. T. Ergonomie, 13 (1988) 4, p. 2 - 15.

DUL, J. & C.K. PASHOOIJ. Arbeidsomstandigheden en arbeidsplaatsverbetering in de meubel-industrie. Voorburg, DGA, 1985.

DUNLOP CO. LTD. Natural rubber industry. In: L. Parmeggiani (ed.) Encyclopaedia of Occupational health and safety. 3rd ed. Geneva, ILO, 1983 Pp. 1967 - 1971.

EDNER, H. Arbeitssicherheit bei der Verarbeitung von Plast und Elastwerkstoffen. Berlin, Verlag Tribüne, 1979.

EERENS, H. & A. VERHEUL. Arbeidsomstandigheden in de rubberindustrie. Risikobulletin. 7 (1985) 5 8 - 11.

FME. Verspanend bewerken van kunststoffen. Culemborg, Stam, 1974.

GASCHLER, R. Geräuschemission von Anlagen der Holzbearbeitung. Berlin, Umweltbundesamt, 1984.

GRAAF, T.M. DE & B.H.C.M. PUTS. Lawaai op de arbeidsplaats in de kunststofverwerkende industrie. Voorburg, DGA, 1987.

HAAN, W. DE, H. IKINK & J. KOPPEJAN. Verslag van een arbeidshygiënisch onderzoek in een loopvlakvernieuwingsbedrijf van vliegtuigbanden. Wageningen, Landbouwniversiteit, 1988.

HAAR, H. Bedrijfhygiënisch onderzoek bij rubberfabriek UBO te Utrecht. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 62 (1986) 148 - 151.

HAMMER, J.D.G. Rubber. London, Her Majesty's Stationary Office, 1981.

HARTMAN, B. Survey van een kunststofverwerkend bedrijf. Amsterdam, CORVU, 1985.

IPING, P.J.M. Schadelijk lawaai op de arbeidsplaats. Geluid en Omgeving, 10 (1987) 6-8.

IPING, P.J.M. et al. Research on occupational exposure to vibration in the Netherlands and consequences for Dutch Policy and legislation. Presentation at the 3rd International Symposium in the International Section of the ISSA for Research on Prevention of Occupational Risks, 'Vibration at work', 19 - 21 april, 1989. Vienna.

International Standard Organisation (ISO). Guidelines for the evaluation of human exposure to whole body vibration. Geneve, 1985. (ISO - 2631).

International Standard Organisation (ISO) Mechanical vibration - Guidelines for measurements and the assessment of human exposure tot hand-transmitted vibration. Geneve, 1986. (ISO - 5349).

JÄRVISALO, J., P. PFÄFFLI & H. VIANIO (eds). Industrial hazards of plastics and synthetic elastomers. New York, A.R. Liss, 1984.

KELCHTERMANS, A. Maatregelen voor optimale verwerking van kunststoffen. Veiligheidsnieuws, 23 (1987) 75 - 9.

KLEMM, J.C. Chemical and mechanical trauma to the skin in a rubber fabricating facility. Am. J. Ind. Med., 9 (1985) 355 - 362.

KÖHNE, G. Die beim Betrieb von Erdbaummaschinen auftretenden niederfrequenten mechanischen Ganzkörperschwingungen, die ergonomische und arbeitsmedizinischen Zusammenhänge und die daraus sich ergebenden Folgerungen. G. Pohle, Forschungver. Baummaschinen und Baubetriebe eV, Aachen, 1981.

KOSTER, P.B. & T. SPEE. Het algemeen toxische stoffen beleid (5): Industriële ventilatie, als maatregel voor de beperking van blootstelling aan toxische stoffen. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 65 (1989) 368 - 373.

KROMHOUT, H. et al. Rubber in bewerking. Fase I: literatuuronderzoek. Voorburg, DGA, 1989a.

KROMHOUT, H. et al. Rubber in bewerking. Fase II: veldonderzoek. Voorburg, DGA, 1989b.

KROP, W.K.H., H.J. VAN DOORNEVELD-LUURING, H.W.T.J. VAN INGEN et al. (red.). Arbo jaarboek 1989. Deventer, Kluwer 1989.

LEETINK, R. Het werkt anders in de rubber- en kunststofverwerkende industrie. Maandbl. Arbeidsomstandigheden, 64 (1986) 7 - 10.

LEUN, K. & L. RAMAEKERS. Trillingen op het menselijk lichaam, het meten ervan en het werken voor toetsing aan ISO-norm 2631. Utrecht, Natuurkundewinkel RU-Utrecht, 1985.

LUNDSTROM, R. & L. BURSTROM. Mechanical impedance of the human hand-arm system. Paper presented at the United Kingdom and French joint meeting on Human Response to Vibration, 26 - 28 september 1988, INRS, Vandeuvre, France, 1988.

MIWA, T., Y. YONEKAWA & K. KANADA. Vibration isolators for portable vibration tools. Part 4 Vibration isolation gloves. Ind. Health 17 (1979) 141 - 152.

MUSSON Y., L. BURDORF & D. van DRIMMELEN. Trillen en schokken tijdens het werk. Gezondheidsklachtenonderzoek. Deel 3: Lichaamstrillingen. Technische Universiteit Delft, Vakgroep Veiligheidskunde, 1986.

Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) Voorstel voor een grenswaarde voor hand-arm trillingen. Werkgroep Trillingen. Den Haag (NVVA), 1988.

NIELSEN, J., B. ÅKESSON & S. SKERFVING. Phthalate ester exposure. Air levels and health of workers processing polyvinylchloride. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 46 (1985) 643 - 647.

NOORT, A.M. VAN & J. KRAMER. Inventarisatie van geluidoorzaken en geluidverminderende maatregelen bij de machinale houtbewerking. Voorburg, DGA, 1984. (ICG-rapport LA-HR-02-03).

NUTT, A.R. Toxic hazards of rubber chemicals. London, Elsevier, 1984.

RIVIN, D. Effect of carbon black on worker health in the rubber industry. Dangerous properties of industrial materials Report, (1985) 1 2-10.

RODGERS, L.A., D. EGLIN & W.F.D. HART. Rock-drill vibration and white fingers in miners. In: Brammer A.J. & W. Taylor (eds), Vibration effects on hand and arm in industry. New York, Wiley, 1982 Pp. 317 - 323.

RUBBER INDUSTRY ADVISORY COMMITTEE. Control of dust and fume at two roll mills. London, Her Majesty's Stationary Office, 1986.

RUEPERT, C., T. STEVENS & J.A. ANNEMA. Bedrijfshygiënisch onderzoek in de bandenvernieuwings- en rubberindustrie UBO Holding BV. Wageningen, Landbouwniversiteit, 1985.

SCHOUTEN, A.E. & A.K. VAN DER VEGT. Plastics. Utrecht, Het Spectrum, 1983.

STEENBRUGGE, B. VAN, E. GERRETSEN & J.C. TUKKER. Inventarisatie basiskennis geluidarm installeren. Voorburg, DGA, 1985. (ICG-rapport LA-HR-03-01).

STRANBERG, L. Danger, rear wheel steering. J. Occup. Accidents., 5 (1983) 39 -58.

CHEMIEKAARTEN: gegevens voor veilig werken met chemicaliën. Alphen aan den Rijn, Samsom, 1988, samengesteld door de stuurgroep chemie-kaarten. 1038 blz.

TAPPEL, B. & M. TERRA. Het werkt anders. Een overzicht van maatregelen tegen veel voorkomende problemen met de kwaliteit van arbeidsplaatsen in de industrie. Voorburg, DGA, 1986.

SWUSTE, P. Arbeidsomstandigheden in de rubberverwerkende industrie. In: Symposiumverslag "Bedrijfsveiligheid: zorg voor de toekomst", 18 oktober 1989. Delft, Technische Universiteit, 1989.

TAYLOR, W. & P.L. PELMEAR (eds). Vibration white finger in industry. London, Academic Press, 1975.

TUKKER, J.C. Geluid van perslucht. Voorburg, DGA, 1984. (ICG-rapport LA-HR-02-02).

VERBERK, M.M. & A. KOEMEESTER. Vierde internationale symposium over handarmtrillingen. T. Soc. Gezondheidsz., 63 (1985) 826 - 827.

VOSS, P. & C. KROGH-LUND. Vibration exposure and lumbar back muscle activity of seated driving workers. (Part I). Vandoeuvre, INRS, 1988.

WOLF, D. N-Nitrosamine am Arbeitsplatz. Staub - Reinhaltung der Luft. 49 (1989) 183 - 186.

ZACKRISSON, M. & J. PULL. Hand - held grinding machines - vibration test results. Presentation at the 3rd International Symposium in the International Section of the ISSA for Research on Prevention of Occupational Risks, "Vibration at work", 19 - 21 april, Vienna, 1989.

BIJLAGEN

BIJLAGEN

pagina

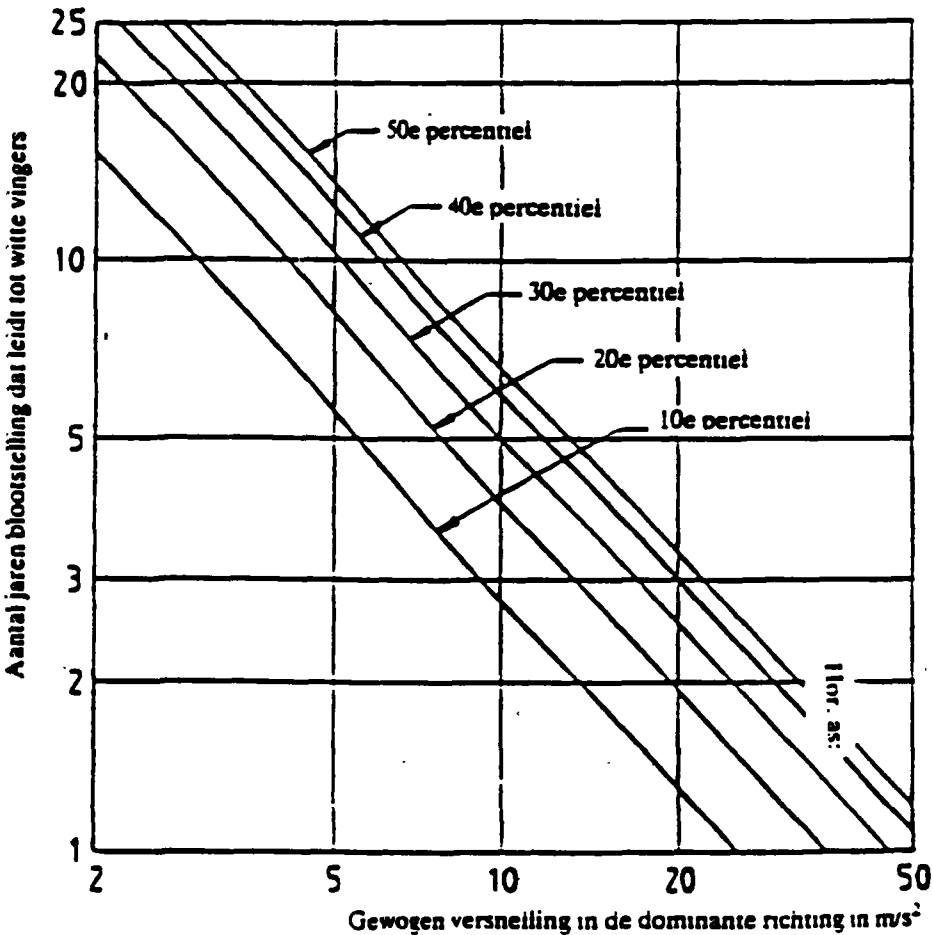
Bijlage 1	Beoordelingscriteria trillingen	81
Bijlage 2	Trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen in de industrie	90

Bijlage 1 Beoordelingscriteria trillingen

A. Beoordelingscriteria handarmtrillingen

Door de International Standard Organisation [ISO 1986] is specifiek voor handarmtrillingen een norm ontwikkeld: ISO 5349. Deze norm beschrijft de procedures van het meten van handarmtrillingen en het verwerken van de meetsignalen. In de norm worden geen beoordelingscriteria gegeven van deze trillingen. Wel wordt in bijlage A van deze ISO 5349 een dosis-respons relatie weergegeven tussen blootstelling aan handarmtrillingen en de kans op het optreden van witte vingers (zie figuur B1).

Figuur B1 Dosis-effect relatie voor blootstelling aan handarmtrillingen en de kans op het optreden van witte vingers.



In deze figuur wordt de kans op witte vingers aangegeven als de functie van het aantal jaren blootstelling en de gewogen effectieve versnelling in de meest intensieve richting. Hierbij wordt uitgegaan van een gemiddelde blootstellingsduur per dag van 4 uur.

Om verschillende metingen te vergelijken van situaties waarin sprake is van andere gemiddelde blootstellingsuren per dag wordt de dagelijkse blootstellingsduur (T) uitgedrukt in het 4-uurs equivalent gewogen versnellingsniveau. Hiervoor geldt de formule:

$$a_h(w,4) = \sqrt{(T/T_4)} * a_h(w,T)$$

waarin:

$a_h(w,4)$ = de gewogen (w) effectieve versnelling (a_h) gedurende een blootstelling van 4 uur per dag

T = de blootstellingsduur per dag in uren

$T_4 = 4$

$a_h(w,T)$ = de gewogen effectieve versnelling gedurende blootstellingsduur T

Een gewogen effectieve versnelling van 12 m/s^2 over 1 uur op een werkdag betekent een $a_h(w,4) = 6 \text{ m/s}^2$.

Het gezondheidseffect 'witte vingers' is gedefinieerd als het optreden van verbleking van een of meer vingertoppen. In de classificatie van Taylor & Pelmear [1975] komt dit overeen met stadium 1, een in principe reversibele vorm (zie figuur B2).

Er is kritiek mogelijk op het hanteren van deze bijlage als uitgangspunt voor het beoordelen van trillingen. Op de eerste plaats gaat de norm en dus ook de bijlage alleen uit van trillingen waarin geen sprake is van schokken. Over het algemeen wordt aangenomen dat bij schokken de trillingsbelasting als ernstiger moet worden beoordeeld. Ten tweede wordt door sommige deskundigen kritiek geuit op de manier waarop de bijlage is samengesteld uit zeer diverse onderzoeksresultaten. Zo is onduidelijk hoe situaties moeten worden beoordeeld waarin sprake is van een gemiddelde blootstellingsduur per dag die veel hoger ligt dan 4 uur of het omgekeerde: veel lager. Ten derde gaat de bijlage alleen uit van witte vingers

en wordt voorbij gegaan aan andere effecten van blootstelling aan handarmtrillingen zoals afwijkingen aan botten en gewrichten.

Ondanks deze kritiek hebben verschillende landen richtlijnen ontwikkeld op basis van bijlage A van ISO 5349.

Figuur 82 Stadia van witte vingers, volgens Taylor en Pelmeur [1975]

Stadium	Toestand van de vingers	Mate van interferentie met bepaalde werkzaamheden
0	geen verbleking	geen klachten
OT	intermitterende parestesien (gevoel alsof mieren over de huid kruipen)	geen klachten
ON	intermitterende doofheid	geen klachten
1	verbleking van één of meer vingertoppen met of zonder parestesien en doofheid	geen klachten
2	verbleking van een of meer vingers met dove gevoelens gedurende de wintermaanden	geringe klachten bij bezigheden in vrije tijd
3	uitgebreide verbleking; aanvallen zowel in de zomer als in de winter	klachten bij bepaalde bezigheden zowel in vrije tijd als tijdens werk
4	uitgebreide bleekheid van bijna alle vingers; aanvallen zowel in de zomer als in de winter	door ernst van symptomen van werk veranderd

N.B. Hoewel bijlage A van ISO 5349 gebruik maakt van deze klassifikatie wordt deze klassifikatie op dit moment niet langer gebruikt om de ernst van de aandoening van witte vingers aan te geven. Daarvoor in de plaats worden nu twee stadia-indelingen gehanteerd, te weten de stadia-indeling van vasculaire stoornissen (Gemme e.a. 1987) en de stadia-indeling van neurologische stoornissen (Brammer e.a. 1987).

Verenigde Staten

Door de American Conference of Governmental Industrial Hygienists zijn op basis van de ISO 5349 grenswaarden voorgesteld om in praktijksituaties te kunnen oordelen over trillingsbelasting [ACGIH 1984]. Zij hanteren daarbij de volgende waarden:

blootstellingsduur (uren per dag)	grenswaarden voor intensiteit (gewogen effectieve versnelling)
4-8 uur	4 m/s ²
2-4 uur	6 m/s ²
1-2 uur	8 m/s ²
minder dan 1 uur	12 m/s ²

Met deze grenswaarden wil men onomkeerbare stadia van witte vingers vermijden. In de classificatie van Taylor & Pelmeur komt dit overeen met stadium 3: uitgebreide verbleking met aanvallen zowel in zomer als winter en problemen bij bepaalde bezigheden in vrije tijd en werk (zie figuur B1)). Bij langdurige blootstelling aan de ACGIH-grenswaarden kunnen lichtere stadia van witte vingers zeker verwacht worden. Andere mogelijke gezondheidseffecten zoals pijn en stijfheid in gewrichten en spieren van handen, armen, ellebogen en schouders zijn niet verwerkt in deze grenswaarden.

Nederland

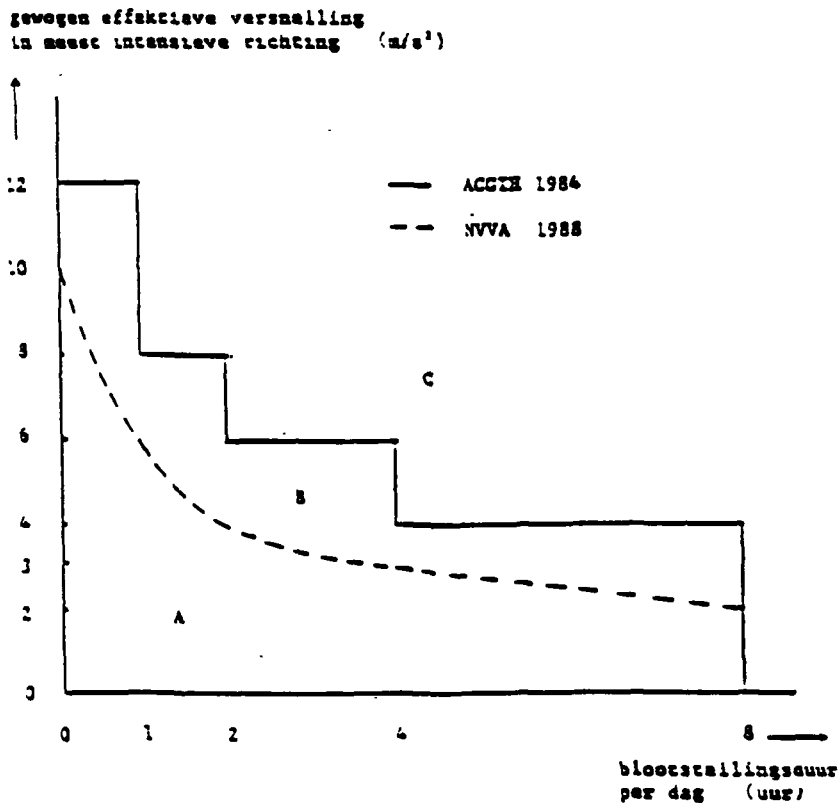
In Nederland bestaan nog geen wettelijke grenzen voor trillingsbelasting. Door de Nederlandse Vereniging voor Arbeidshygiëne (NVVA) is een voorstel ontwikkeld waarin zwaardere scherpere staan dan in het ACGIH-voorstel [NVVA 1988]. Als uitgangspunt wordt voor een dagelijkse blootstellingsduur van 4 uur een grenswaarde van 3 m/s² gehanteerd. Gezien de dosis-respons relatie uit bijlage A van de ISO-norm 5349 wordt bij deze grenswaarde "toegestaan" dat 10% van de populatie na 10 jaar symptomen van witte vingers krijgt. De voorstellen van de NVVA sluiten zich nagenoeg geheel aan bij de streefwaarden uit Zweden en Denemarken. Om een absolute limiet te stellen ongeacht de blootstellingsduur, wordt een maximaal toelaatbare waarde aanbevolen van 10 m/s².

Deze grenswaarden zijn bij langdurige blootstelling geen veilige grens waaronder geen gezondheidseffecten zijn te verwachten. Lichtere stadia van witte vingers zullen kunnen optreden. Voor andere mogelijke gezondheidseffecten ontbreken dosis-respons relaties zodat het niet mogelijk is veilige grenswaarden hiervoor aan te geven. Brammer [1982] geeft als veilige grens 1 m/s² aan.

Beoordelingscriteria

Op basis van de beschreven richtlijnen is een voorstel tot beoordeling van trillingsbelasting gemaakt [Musson 1989] (zie figuur B3). Hierin zijn de voorstellen verwerkt van de ACGIH-norm en de NVVA. Om geen absoluut criterium te introduceren dat uitnodigt tot een oordeel "goed of slecht", is een driedeling van klassen van te nemen maatregelen gemaakt.

Figuur B3 Beoordelen van situaties met blootstelling aan handarmtrillingen



Uit de dagelijkse blootstellingsduur en de gemiddelde trillingsintensiteit kan de wenselijkheid van te nemen maatregelen worden afgeleid:

Klasse A: *aandacht gewenst*

De belasting is zodanig dat aandacht voor mogelijkheden ter vermindering van de blootstelling gewenst is. Na langdurige blootstelling kunnen lichte vormen van witte vingers optreden. Bij verandering van het productieproces of aanschaf van nieuwe apparatuur kan een lagere blootstelling aan trillingen als randvoorwaarde worden meegenomen. De grenswaarden zijn afgeleid uit het NVVA-voorstel.

Klasse B: *verbetering gewenst*

De belasting is zodanig dat verbeteringen gewenst zijn omdat op de lange termijn gezondheidseffecten niet uit te sluiten zijn bij een aantal werkers. Maatregelen op termijn zijn noodzakelijk. De gekozen grenswaarden vormen het overgangsgebied tussen het NVVA-voorstel en het ACGIH-voorstel.

Klasse C: *directe maatregelen nodig*

De belasting is zodanig dat met zekerheid gesteld kan worden dat gezondheidseffecten zullen optreden bij een aantal werkers. Maatregelen op korte termijn zijn noodzakelijk. De gekozen grenswaarden zijn overgenomen uit het ACGIH-voorstel.

Richtlijnen DGA

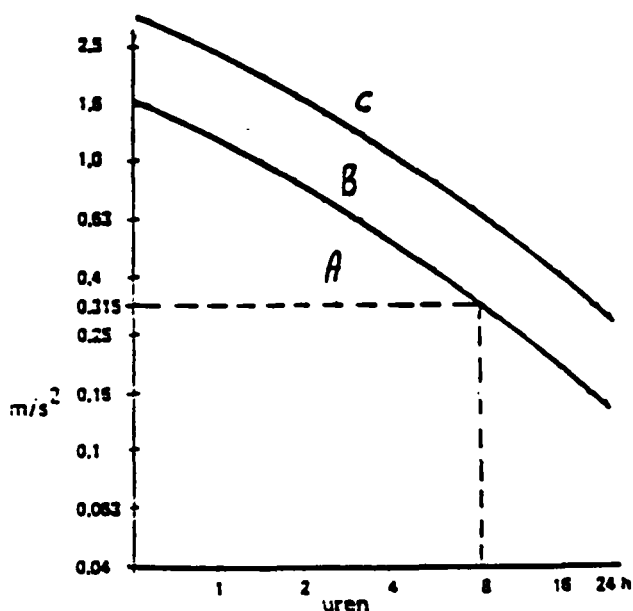
Onlangs zijn door het Directoraat-Generaal van de Arbeid voorstellen gedaan voor richtlijnen [Iping, 1989]. Voor handarmtrillingen wordt daarin een gezondheidsgrens aangegeven van $1,5 \text{ m/s}^2$ en een aktiegrens van 3 m/s^2 , ongeacht de blootstellingsduur per dag. Beide waarden zijn zogenaamde vecorsommen. Boven deze aktiegrens dient een werkgever maatregelen te nemen om het trillingsniveau onder 3 m/s^2 te brengen. Wanneer technische maatregelen niet mogelijk zijn dan dient een werkgever over te gaan op organisatorische maatregelen in de vorm van verkorting van de blootstellingsduur. Tussen het nemen van technische maatregelen en organisatorische maatregelen is nog een tussenstap denkbaar namelijk het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen. Aangezien ter preventie van blootstelling aan trillingen het effect van persoonlijke beschermingsmiddelen tot op heden niet afdoende is aangetoond, wordt dit gebruik in de

DGA voorstellen niet of nauwelijks genoemd. In deze voorstellen is de gebruikelijke "redelijkerwijs" clausule opgenomen.

A. Beoordelingscriteria lichaamstrillingen

In ISO verband [ISO 1985] is tevens een norm ontwikkeld voor lichaamstrillingen ('whole-body-vibration'): ISO 2631. Ter beoordeling van lichaamstrillingen zijn hierin drie grenswaarden aangegeven: de comfortgrens ('reduced comfort boundary'), de vermoeidheidsgrens ('fatigue-decreased proficiency boundary') en de uiterste blootstellingsgrens ('exposure limit'). Al deze grenswaarden geven geen beoordeling van gezondheidseffecten op de langere termijn. Toch kan met behulp van deze grenswaarden een beoordelingsklassificatie worden gemaakt [Burdorf 1988] (figuur B4).

Figuur B4 Beoordelen van situaties met blootstelling aan lichaamstrillingen



In deze classificatie is de vermoeidheidsgrens de grens tussen klasse A en B. Deze vermoeidheidsgrens ligt bij een blootstellingsduur van 8 uur per dag op $0,32 \text{ m/s}^2$ gewogen effectieve versnelling in de meest intensieve richting. De uiterste blootstellingsgrens geldt als grens tussen klasse B en C. Deze blootstellingsgrens ligt bij een blootstellingsduur van 8 uur per dag bij $0,63 \text{ m/s}^2$. Analoog aan de klassificatie van handarmtrillingen geldt voor klasse A: aandacht op de lange termijn gewenst, klasse B: verbeteringen gewenst en klasse C: directe maatregelen noodzakelijk.

De vermoeidheidsgrens is opgesteld op basis van (veelal militair) onderzoek naar verminderd prestatievermogen als gevolg van blootstelling aan lichaamstrillingen. De uiterste blootstellingsgrens is bedoeld om acute gezondheidsschade, bijvoorbeeld bij experimenten, te voorkomen. Deze grens mag niet overschreden worden zonder speciale voorzorgsmaatregelen en speciale redenen ('precaution and justification'). Het lijkt daarom gerechtvaardigd deze grens als grenswaarde te hanteren waarboven directe maatregelen noodzakelijk zijn.

In zowel ISO 5349 voor handarmtrillingen als ISO 2631 voor lichaamstrillingen wordt aangegeven om de gewogen effectieve versnelling in de meest intensieve richting als meetresultaat te vermelden. Dit is ook de meest gebruikelijke manier om een meetresultaat te rapporteren. Omdat de lichaamstrillingen van elke richting - x, y en z - aangrijpen op dezelfde organen en weefsels in het menselijk lichaam, is de werking van de drie richtingen waarschijnlijk additief of zelfs synergetisch. Beter is het dan ook de gewogen effectieve versnelling in de drie verschillende richtingen vectorieel op te tellen wanneer het er om gaat verschillende metingen onderling te vergelijken. ISO 2931 staat vectoriële optelling wel toe, maar laat zich niet uit over de beoordeling ervan. Een vectoriële optelling van de trillingsintensiteit leidt bij lichaamstrillingen tot een verhoging van gemiddeld 50% [van Drimmelen e.a. 1986] ten opzichte van alleen de waarde van de trillingsintensiteit in de meest intensieve richting.

Richtlijnen DGA

Bij de presentatie van voorlopige voorstellen voor richtlijnen op het gebied van handarmtrillingen werden ook voorstellen tot richtlijnen voor lichaamstrillingen

door het Directoraat-Generaal van de Arbeid gepresenteerd [Iping, 1989]. Voor lichaamstrillingen is het voorstel om de gezondheidsgrens te leggen bij $0,25 \text{ m/s}^2$. De aktiegrens waarboven maatregelen noodzakelijk zijn ligt bij $0,50 \text{ m/s}^2$. Beide waarde betreft de zogenaamde vectorsom. Ook hier geldt weer dat wanneer een werkgever redelijkerwijs niet in staat is om technische maatregelen te treffen om het trillingsbelastingsniveau op of onder die $0,50 \text{ m/s}^2$ te krijgen, overgegaan moet worden tot het nemen van organisatorische maatregelen in de vorm van verkorting van de blootstellingsduur.

Bijlage 2 Trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen in de industrie

Tabel B2.1 Overzicht van trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen voor lichaams-trillingen.

bron	gemiddelde (in m/s ²)		min-max (in m/s ²)	
	vectorsom***as* (max)		vectorsom	as* (max)
<hr/>				
<u>voertuigen</u>				
vrachtwagens	1,2 (0,68) ¹		0,61 - 2,5 ¹	
- bestelwagen		0,6 (z) ²		0,3 - 0,7 (z) ²
- vrachtwagen		0,6 (z) ²		0,4 - 1,0 (z) ²
- oplegger		0,6 (z) ²		0,4 - 1,0 (z) ²
heftruck				
- algemeen	1,2 (0,42) ¹	1,2 (z) ²	0,48 - 2,5 ¹	0,4 - 2,9 ²
		0,63 (z) ⁴		0,25 - 2,7 (z) ⁴
- met schuifarm		1,3 (z) ⁴		0,9 - 2,6 (z) ⁴
elektrowagens		1,7 (z) ⁴		1,4 - 1,8 (z) ⁴
wiellader	1,6 (0,79) ¹	1,2 (x) ²	0,19 - 3,1 ¹	0,2 - 2,4 (x) ²
		1,2 (z) ²		0,3 - 2,3 (z) ²
		1,3 (z) ⁴		0,4 - 2,0 (z) ⁴
locomotieven	0,84 (0,32) ¹	0,25 (z) ²	0,39 - 1,3 ¹	0,2 - 0,45 (z) ²
"Niederhubwagen"		1,8 (z) ⁴		1,1 - 2,6 (z) ⁴
<u>kranen</u>				
bovenloopkranen	0,69 (0,65) ³		0,18 - 2,3 ³	
brugkraan (langs rail)		0,3 (z) ²		0,1 - 0,75 (z) ²
zwenkkransen**	0,23 (0,11) ¹		0,08 - 0,50 ¹	
verrijdbare zwenkkransen			0,3 (z) ²	0,1 - 1 (z) ²
autokraan		1,0 (z) ⁴		0,9 - 1,1 (z) ⁴
<u>machines</u>				
metaalpers				
(auto-carrosserie)		0,4 (z) ²		0,1 - 0,8 (z) ²
smeedhamers	k-waarde: 1 - 8 ¹			

Toelichting:

1 Uit [Van Drimmelen e.a., 1986 b].

2 Uit [INRS, 1989].

3 Gebaseerd op Sundin [1987], metingen aan bovenloopkranen in de staalindustrie.

4 Uit [Dupuis, 1988]

* Meetwaarde heeft betrekking op meest belastende richting.

** Zwenkkranen in het overslagwerk. Kenmerk is het manipuleren met lasten over korte afstanden binnen een (bijna) cirkelvormig gebied. Zwenkkranen anders dan in de overslag hebben een te verwaarlozen trillingsbelasting.

*** Tussen haakjes staat de standaarddeviatie.

Tabel 82.2

Overzicht van trillingsniveaus van veel voorkomende bronnen van hand-arm trillingen.

bron	gemiddelde (in m/s^2)		min-max (in m/s^2)
	vectorsom*	in meest belastende richting	vectorsomin meest belastende richting
slijpschijven (algemeen)	6,4 (4,1) ¹		1,1 - 15 ¹
- rechte slijpschijven		6 ²	2 - 14 ²
- haakse slijpschijven		6 ²	3 - 10 ²
haakse schuurschijven		6 ²	3 - 10 ²
polijstschiif		3,5 ²	2 - 6 ²
schroevendraaiers	6,8 (7,8) ¹		1,7 - 18 ¹
breekhamers	19 (9,0) ¹		8,3 - 39 ¹
bik- en hakhamers	17 (13) ¹		6,7 - 30 ¹
elektr. boorhamers	6,8 (3,0) ¹		2,9 - 13 ¹
boorhamers		10 ²	4,5 - 20,5 ²
klopboor		12 ²	5 - 33 ²
slagmoersleutels	8,1 (2,8) ¹	4,5 ²	6,1 - 10 ¹ , 3,4 - 12 ²
klinkhamers	7,9 (3,4) ¹	6 ²	3,4 - 12 ¹ , 2 - 22 ²
naaldenbikhamers		16 ²	5 - 20 ²
nibbelmachine		8 ²	2,5 - 17 ²
handcirkelzaag		9 ⁴	9 ⁴
kunststofzaag	12,5 ⁴		11 - 14 ⁴
pneumatische niethamer	7 ⁴		3,1 - 25 ⁴
terugstootloze niethamer		3 ⁴	2,5 - 3,5 ⁴
handverdichter (in gieterij)	27 ⁴		21 - 29 ⁴

Toelichting:

- 1 Uit [Van Drimmelen e.a., 1986 b].
 - 2 Uit [INRS, 1989].
 - 3 Gebaseerd op Sundin [1987], metingen aan bovenloopkranen in de staalindustrie.
 - 4 Uit [Dupuis e.a., 1988]
- * Tussen haakjes staat de standaarddeviatie.