

Beheersing binnen- klimaat elektronische werkplaats

Een werkplaats waar chips worden vervaardigd is een voorbeeld van een ruimte waarin de hoogste eisen aan de luchtzuiverheid wordt gesteld. Deze ruimten worden uitgevoerd als een cleanroom. Voor silicone microcircuit chips geldt dat elk contact met een stofdeeltje leidt tot een verstoring of kortsluiting in het elektro-circuit, waardoor de microchip zijn functie verliest. Daarom is het beheersen van de micro verontreinigingen van het binnenmilieu in de cleanroom waar chips worden vervaardigd het belangrijkste aspect. De verontreinigingskarakteristieken in een dergelijke werkplaats zijn in detail geanalyseerd en de resultaten van praktijkmetingen die zijn verricht in Zuid China zullen worden behandeld. Uit het onderzoek blijkt dat 80 % van de verontreinigingsbronnen afkomstig is van het personeel in de cleanroom, 15 % van het airconditioningsysteem en 5 % van de bouwmaterialen. Het aantal stofdeeltjes neemt duidelijk toe wanneer het personeel de ruimte in- en uitloopt. Ook neemt de binnenluchtkwaliteit sterk af bij toenemende bewegingen van het personeel. De juiste binnenluchtcondities, zoals een relatieve luchtvochtigheid van 50 % - 60 %, een temperatuur van 19 °C – 25 °C en een overdruk > 5 Pa zorgen er mede voor dat de kwaliteit van de microchips kan worden gegarandeerd.

- door Li Zhi-Seng*, Zhang Guo-Qiang**,
Liu Jian-Long***, Li Dongmei* en Mei Sheng***

China wordt meer en meer een land met één van de grootste elektronische productiefabrieken in de wereld, steeds meer bewerkstelligt de milieubeschermingsdruk de herkenning van scholars, zoals land- en watervervuiling veroorzaakt door elektronische verspilling. Daarnaast kan de impact van binnenluchtveront-

* Guangdong University of Technology (GDUT), Faculty of construction, China,

** Hunan University College of civil engineering, China,

*** ZhuZhou Institute of Technology, Department of Civil Engineering, China

Vertaling van "Pollution characteristic and control of an electronic workshop", door ir. L. Schellen, promovenda bij de unit Building Physics & Systems van de TU Eindhoven.

Li Zhi-Seng



Zhang Guo-Qiang



Mei Sheng



Li Dongmei



reiniging op de persoonlijke gezondheid en de productkwaliteit niet worden genegeerd. Het is bekend dat ziektes, gerelateerd aan de gebouwde omgeving, kunnen resulteren in afwezigheid op het werk, in afwezigheid van werk, stakingen en ontoelaatbaar gedrag [1].

In elektronische werkplaatsen is de invloed van elektromagnetisme niet gering, de schade dient te worden beperkt door preventie van elektromagnetische golven en andere radioactieve golven. De elektrische apparatuur die wordt gebruikt in elektronische werkplaatsen, zoals de fluorescerende lamp, relais, motor etc., geeft straling en smog af. Veel van de elektromagnetische straling, zoals microgolven en statische elektriciteit zorgen ervoor dat de lucht wordt geïoniseerd, waardoor de luchtkwaliteit in de werkplaats verslechterd. Hierdoor wordt het verouderingsproces van de fysieke organen versneld, daarnaast wordt ook het gewone metabolisme door middel van het spijsverteringssysteem en stofwisselingsysteem gehinderd [2]. Tevens is ook aangetoond dat borstaandoeningen bij vrouwen in hoge mate zijn gerelateerd aan het binnenmilieu in werkplaatsen waar chips worden vervaardigd. Bovendien is het mogelijk dat elke ongekwalificeerde binnenwerkplaats wafers als afval afstoot, waardoor grote schade wordt veroorzaakt. Hieruit blijkt dat het essentieel is om de vervuiling-karakteristieken en het binnenmilieu in een dergelijke werkplaats te analyseren. Hiervoor dienen adequate metingen te worden verricht, ten behoeve van het beheersen van binnenklimaat. Het onderzoek in dit artikel richt zich voornamelijk op het effect en de beheersing van de verontreinigende stoffen, en de invloed op de productkwaliteit.

De JIEXUN Electronic Corporation, heeft twee werkplaatsgebouwen, met afmetingen van 7 m x 56 m en 6,3 m x 20 m, met in totaal 16 ruimten, die werden bestudeerd. Binnen het onderzoek werden als eerste de verontreinigingskarakteristieken en de bronnen van vervuiling van de elektronische werkplaats geanalyseerd. Ten tweede werd de cleanroomklasse van de werkplaats beschreven. Vervolgens werd de juiste methodiek bepaald voor het controleren van het binnenmilieu. Ten slotte werd het onderhoud en het

beheer van het schoonmaakstelsel vastgesteld.

BINNENOMGEVINGBEHOEFTE VAN EEN ELEKTRONISCHE WERKPLAATS

Ontwerpprincipe van het beheer van een werkplaats waar chips worden vervaardigd

De ontwerpprincipes van een werkplaats waar chips worden vervaardigd omvatten voornamelijk ruimtelijke en constructieve aspecten, het automatische overdrachtsysteem, apparatuur, exploitatie en onderhoud en ramppreventie. De aandacht voor deze principes is geïmplementeerd door middel van verwarming, ventilatie en koeling (HVAC), elektriciteit, soortelijk gas, super zuiver water, vuilwaterbehandeling en veiligheidstoezicht.

Om ervoor te zorgen dat de kwaliteit van het binnenmilieu, in een werkplaats waar chips worden vervaardigd, wordt gehandhaafd op het vereiste niveau dient er, naast de voornoemde aspecten, ook rekening te worden gehouden met:

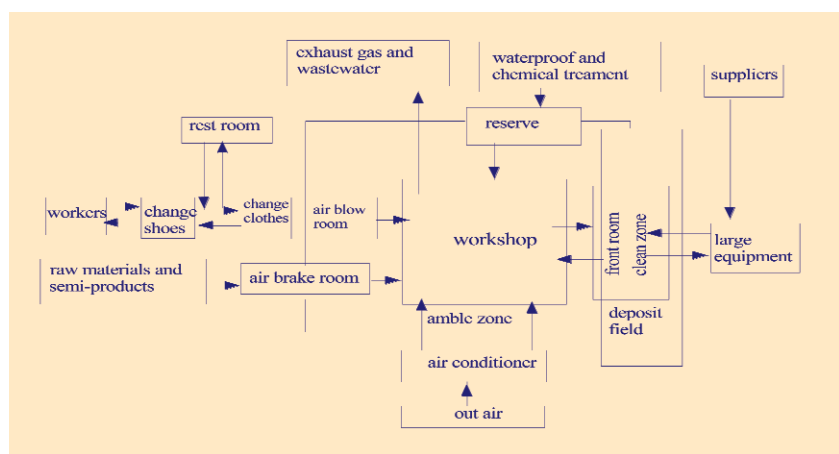
- 1 stofafzetting ten gevolge van het schoonmaken van de werkplaats en de machines;
- 2 minimalisering van stofproductie door het personeel en ruwe materialen;
- 3 stofverwijdering en stofpreventie, ten aanzien van de producten, door middel van ventilatie;
- 4 het voorkomen van het binnenkomen van stof, door ervoor te zorgen dat er een overdruk heerst in de werkplaats;
- 5 het verwijderen van stof door middel filters in de airconditioningsinstallatie;
- 6 het beheersen van de binnentemperatuur, luchtvochtigheid en overdruk.

Werkplaatsen waar chips worden vervaardigd dienen te voldoen aan de nationale standaard (GBJ73-84, MEC, 1985).

Lay-out en indeling van een werkplaats waar chips worden vervaardigd

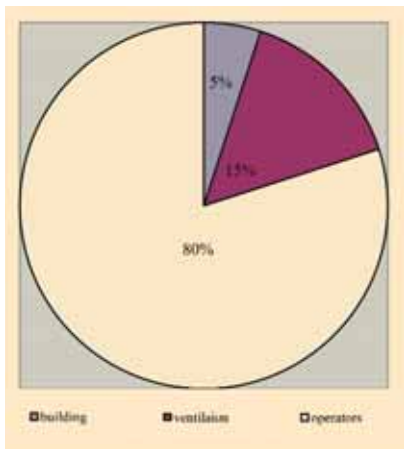
Bij de indeling van een werkplaats waar chips worden vervaardigd, dient rekening gehouden te worden met de locatie en bewegingsrichtingen van onder andere: de apparatuur, het personeel, de materialen, het productieproces en de producten. Bij de indeling speelt de lay-out van het procesplan van de productielijn de belangrijkste rol. In figuur 1 is de algemene richting en het werk- en materialenproces weergegeven. Drie verschillende routes optimaliseren en splitsen de binnenomgeving van de werkplaatsen. Een is de richting en de locatie van het personeel, de andere is de apparatuur en de machines, en de laatste zijn de ruwe en semi-producten.

Uit figuur 1 blijkt dat de primaire principes van de ruimtelijke indeling in een werkplaats waar chips worden vervaardigd, de kortste productieprocesroutes zijn en de routes waarbij geen kruising plaatsvindt tussen het personeel, de ruwe materialen en de apparatuur. Dit zorgt ervoor dat de productiviteit en de kwaliteit van de producten wordt verhoogd. De belangrijkste lay-out-principes omvatten: het voorkomen van frequente beweging in termen van werk en materialen. Indien hier niet aan wordt voldaan, zal dit een invloed hebben op de mate van zuiverheid en de hoogte van de werkplaats.



Het proces en routes van materialen apparatuur en personeel in een werkplaats waar chips worden vervaardigd.

- FIGUUR 1 -



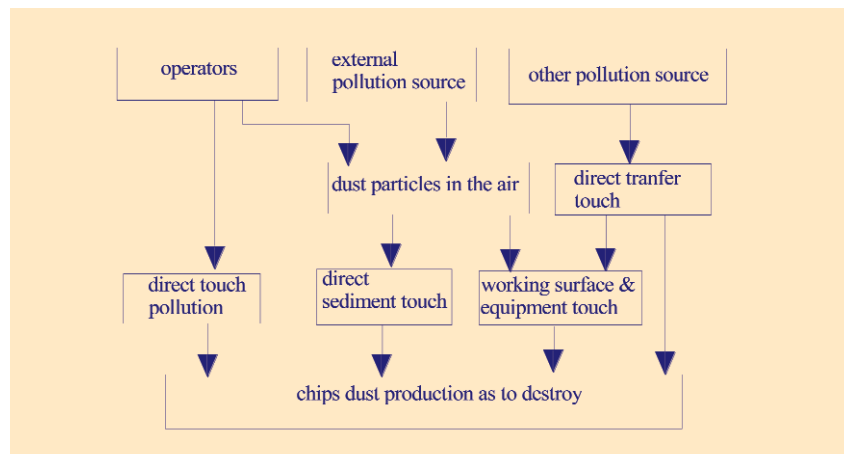
De mate van stofproductie in een werkplaats waar chips worden vervaardigd.

- FIGUUR 2 -

Daarnaast geldt dat de verschillende gebouwen niet aan elkaar mogen worden gekoppeld, omdat anders trillingen van invloed zouden kunnen zijn op werkplaatsen, kantoren en faciliteitsgebouwen. Voor enkele gevoelige werkplaatsen is het zelfs noodzakelijk om een onafhankelijke fundering en 10-15 cm schokbestendige isolatie aan te brengen.

VERONTREINIGINGS-KARAKTERISTIEKEN

Anders dan bij andere binnenlucht verontreiniging bestaat de verontreiniging van een werkplaats waar chips worden vervaardigd, voornamelijk uit stofdeeltjes. Aan de hand van de resultaten van de praktijkmetingen kon worden geanalyseerd dat ongeveer 80 % van de stofdeeltjes wordt geproduceerd door de gebruikers, 15 % door ventilatie en 5 % door het gebouw zelf (zie figuur 2). Daarnaast neemt de stofdeeltjesconcentratie dui-



Verspreidingskarakteristieken van stofdeeltjes in een werkplaats waar chips worden vervaardigd.

- FIGUUR 3 -

delijk toe bij het binnenkomen en uitgaan van personeelsleden, hierdoor neemt de mate van zuiverheid snel af (zie tabel 1). Het is duidelijk dat de belangrijkste aspecten die een rol spelen bij verslechtering van het binnenklimaat worden veroorzaakt door de gebruikers.

Aan de hand van tabel 1 blijkt dat het aantal stofdeeltjes duidelijk wordt beïnvloed door de handelingen van de gebruikers. Hoe acuter de beweging, des te meer stofdeeltjes worden er geproduceerd. Het aantal stofdeeltjes dat wordt geproduceerd in een gebruikelijke stofjas, is bijna drie keer groter in vergelijking met een stofbestendige stofjas. In speciale cleanroomkleding worden bovendien minder stofdeeltjes geproduceerd dan in een gewone stofbestendige stofjas.

Merk op: De eenheid in tabel 1 is aantal stofdeeltjes per minuut per persoon.

Algemeen gezien kunnen de deeltjes die zich verspreiden in de werkplaatsen door middel van directe en indirecte diffusie, ervoor zorgen dat de microcircuits in chips worden verontreinigd. Externe verontreinigingsbronnen en personeel kunnen niet alleen direct het microcircuit in chips bevuilden door aanraking, maar ook door luchtbeweging en stofafzetting. Figuur 3 beschrijft de verspreidingsroutes van de stofdeeltjes als gevolg van de lucht in een werkplaats waar chips worden vervaardigd.

VERONTREINIGINGSBRONNEN

Twee categorieën verontreinigingsbronnen, interne en externe bronnen, kunnen worden onderscheiden in een werkplaats waar chips worden vervaardigd. Externe verontreinigingsbronnen hebben een invloed op de toevoerlucht van airconditioners, infiltratie door openingen, gebouwen, stofjassen, ven-

	≥ 0.3 µm			≥ 0.5 µm		
	Normale stofjas	Stofbestendige stofjas		Normale stofjas	Stofbestendige stofjas	
		Witkleurig	Volledige jas		Witkleurig	Volledige jas
Stilstaan	543.000	151.000	138.000	339.000	113.000	5.580
Stilzitten	448.000	142.000	148.000	112.000	112.000	7.420
Lopen	5.360.000	1.290.000	1.570.000	1.010.000	1.010.000	56.000
Kniebuiging	4.160.000	1.110.000	62.500	605.000	605.000	37.400
Beweging van bovenlichaam	3.920.000	770.000	39.200	538.000	538.000	24.200
Polsbeweging	3.470.000	572.000	52.100	298.000	298.000	20.600

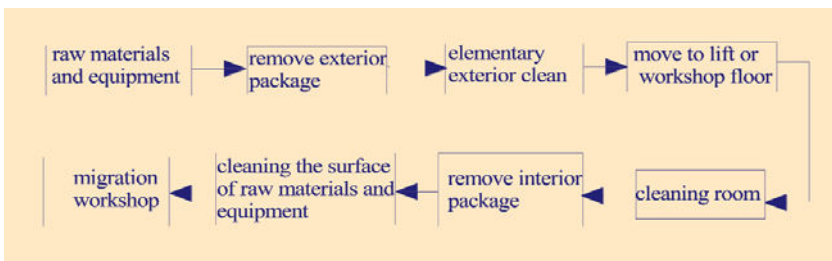
Hoeveelheid stof- en deeltjesproductie, veroorzaakt door verschillende lichaamsbewegingen.

- TABEL 1 -

Bewegingen	Toeneming van vervuiling in de lucht
Beheerders	
4-5 personen tegelijkertijd in een ruimte	1,5 - 3,0
Gewoon lopen	1,2 - 2,0
Stilzitten	1,0 - 1,2
Het schoonmaken van stofjassen	1,5 - 3,0
Het bedienen van het pedaal zonder schoenhoes	10 - 50
Het bedienen van het pedaal met schoenhoes	1,5 - 3,0
Het pakken van een zakdoek	3 - 10
De beheerders zelf	
Normaal ademen	1 (geen toename)
Niesen	5 - 20
Ademen 20 minuten na het roken van een sigaret	2,0 - 5,0

Verhoging in verontreiniging ten gevolge van verschillende handelingen van het personeel.

- TABEL 2 -



Standaard vervoerproces van materialen en apparatuur naar de werkplaats.

- FIGUUR 5 -

tilatiekanalen en specifieke gassen zoals N_2 , O_2 en oplosmiddel. Interne bronnen hebben een invloed op de productieapparatuur, personeel, instrumenten, bureaus en dozen voor chips. Zoals eerder werd genoemd, is 80 % van de verontreinigingsbronnen in een werkplaats waar chips worden vervaardigd afkomstig van het personeel. Hieruit volgt dat het personeel en andere gebruikers in een werkplaats, de directe bronnen zijn van stofdeeltjes, die de binnenluchtkwaliteit (IAQ) onmiddellijk beïnvloeden. Daarnaast beïnvloeden deze ook de luchtbeveiliging. Tabel 2 geeft een overzicht van de verhoging in verontreiniging ten gevolge van de handelingen van het personeel (een verhoging betekent hier de waarde die ontstaat bij het verrichten van de bewegingen in vergelijking met de situaties zonder bewegingen, bij gelijkblijvende condities).

BEHEER VAN DE BINNENOMGEVING IN EEN WERKPLAATS WAAR CHIPS WORDEN VERVAARDIGD

Omdat het binnenmilieu in een werkplaats waar chips worden vervaardigd voornamelijk wordt beïnvloed door verontreinigingsbronnen binnen en buiten, kan de microverontreiniging (die wordt veroorzaakt door stofdeeltjes) worden voorkomen door de binnenkomst van stofdeeltjes vanuit buiten en de stofproductie binnen te beheersen.

Preventie van de binnenkomst van stofdeeltjes vanuit buiten

Een juiste verwijdering is essentieel, in termen van de ruimtelijke indeling van de apparatuur en de uitlaatsnelheid van de verontreinigingsbron. Daarnaast is de hoogte van het ventilatievond van groot belang voor de verdunning van de verontreiniging. Natuurlijk dienen de verschillende



Standaard protocol.

- FIGUUR 4 -

filters in het ventilatiesysteem goed gemonteerd te zijn, en de belangrijkste filters dienen elke halve maand te worden gereinigd (het zakkenfilter dient elke half jaar te worden schoongemaakt). De luchtdichtheid van de gebouwschil van de werkplaats dient te worden verzekerd. Bovendien dient er een voldoende overdruk te worden gehandhaafd ten behoeve van de preventie van de binnenkomst van stofdeeltjes van buiten door de bouwconstructie. Aan de hand van dit onderzoek blijkt dat 0,5 mm overdruk onontbeerlijk is.

Personeel is de belangrijkste verontreinigingsbron. Hoe minder mensen de werkplaats binnengaan, des te beter. Indien er personen de werkplaats binnengaan dienen deze zich te houden aan het standaard protocol (zoals weergegeven in figuur 4).

Naast het regelen van de binnenkomst en het verlaten van de ruimte door het personeel, dienen ook de standaarden van het binnengaan en het uitgaan van materialen strikt te worden gereguleerd ter voorkoming van de verslechtering van de binnenluchtkwaliteit. Figuur 5 beschrijft het protocol bij binnenkomst van materialen in de werkplaats. Indien de producten en de apparatuur naar buiten worden vervoerd, dient de tegenovergestelde richting in figuur 5 te worden aangehouden (met uitzondering van het zuiveringsproces).

Beheersing van de productie van stofdeeltjes in de ruimte

Een temperatuur tussen 19 °C en 25 °C en een relatieve luchtvochtigheid tussen 50 % en 60 % dient te worden gehandhaafd in de werkplaats. Deze parameters dienen elke 30 minuten gemeten te worden en gecontroleerd door middel van 'Direct Data Control' (DDC). Een te hoge relatieve luchtvochtigheid zorgt ervoor dat kortsluiting ontstaat in het microcircuit, terwijl een te lage relatieve luchtvochtigheid statische elektriciteit veroorzaakt. In het algemeen, kunnen de bureaus en tafels in de werkplaats niet in hout worden toegepast in plaats van staal. Indien hout wordt toegepast voor de meubels, dan dienen de oppervlakken te worden behandeld met epoxy tegen stofproductie. Aanbevolen wordt dat de holttes in de werktafels uit te voeren met afgeronde hoeken in verband met de luchtstroming. Stoelen dienen zo min mogelijk te worden uitgerust met rugleuningen en bedieningshendels; de hoogte van de stoelen wordt aangepast door middel van elektrische bediening. De poten van de stoelen en tafels dienen zoveel mogelijk bedekt te zijn met plastic en rubber. Schone stoffassen, mutsen en schoenen dienen periodiek met puur water en wasmiddel te worden gereinigd in de 'cleanroom' door middel van een 0,2 µm filter. Als ze eenmaal gereinigd zijn dienen ze droog en luchtdicht te zijn. De materialen van de cleanroomkleding mogen niet degeneratief en van katoen zijn. Buiten het gezicht en de ogen, dienen alle lichaamsdelen inclusief het haar te zijn ingepakt in kleding.

De bewegingen van het personeel en andere personen zijn bronnen van de stofdeeltjes, die een directe invloed hebben op de luchtstroming en het proces. Om het microklimaat te kunnen beheersen dient er naar de volgende aspecten te worden gekeken:

- 1 er mogen geen goederen aan de bovenkant van de luchtstroming worden geplaatst dan wel in de beheerzone;
- 2 onnodige acties ter preventie van een ongeregelde luchtstroming en stofproductie dienen te worden voorkomen;
- 3 er dient in stilte te worden gewandeld en gewerkt in verband met de

- stofproductie;
- 4 de werkzaamheden dienen te worden afgerond op de werkbanken of de bureaus;
- 5 gereedschap en instrumenten dienen te worden opgeborgen in een kast met deur.

RESULTATEN EN DISCUSSIE


Het binnenmilieu is de sleutel voor de kwaliteit van de chips in een elektronische fabriek. Het zijn voornamelijk de elektrostatische stofdeeltjes die kortsluiting of verstoring in de microcircuits kunnen veroorzaken. Hieruit blijkt dat het noodzakelijk is voor een werkplaats waar chips worden vervaardigd om de productie, accumulatie en binnendringen van stofdeeltjes te beheersen. Daarom dienen de werkzaamheden, ten behoeve van de stofproductie, inclusief lopen, praten en ademen zo stil mogelijk te worden verricht. Degene die geen stofpakken dragen kunnen de werkplaats niet betreden.

Er wordt ook opgemerkt dat rokers ervoor zorgen dat de concentratie stofdeeltjes in de lucht 90 keer hoger is dan in het geval van niet-rokers, dit neemt af naar 15 keer in 30 minuten. Personen, die roken of eten een half uur voor het betreden van de ruimte, mogen de cleanroom niet betreden. Het wordt aanbevolen om de volgende personen niet toe te laten in de werkplaats:

- 1 personen die leiden aan een huidziekte;
- 2 personen die gevoelig zijn voor chemische vezels of lood;
- 3 personen die incidenteel zweten;
- 4 personen die niet in staat zijn om in stilte werkzaamheden te verrichten doordat zij leiden aan astma, niezen en hoesten.

CONCLUSIE

Het beheersen van microverontreinigingen en het handhaven van het gewenste binnenklimaat is essentieel voor de kwaliteit van de halfgeleidingschip. Om dit doel te realiseren is, naast een excellente infrastructuur, een gewenst softwaremanagement ook onontbeerlijk. De belangrijkste parameter die in een werkplaats, waar chips worden vervaardigd, dient te worden beheerst is het personeel.

Daarom is het belangrijk dat het aantal personen worden gecontroleerd ten behoeve van het in stand houden van de vereiste binnenluchtkwaliteit. Dit dient bovendien gepaard te gaan met een standaard proces voor het vervoeren van ruwe materialen en apparatuur naar binnen en naar buiten, zodat de mate van zuiverheid niet in het geding komt. 

REFERENTIES

1. Z. S. Li, G. Q Zhang, J.L. Liu. *TVOC emissions and elimination from an HVAC system. Built environment and public health-Proceedings of BEPH'2004*. Shantou, China. 2004. 64-67.
2. Z. S. Li, G. Q Zhang, J.L. Liu. *Impact of indoor environment on comfort and productivity of the occupants. Proceedings of the 1st international forum on indoor environment safety and sustainability (In Chinese)*. Changsha, China. 2003. 256-258.
3. Z. S. Li, G. Q Zhang, J.L. Liu. *Impact of indoor environment on comfort and productivity in intelligent building*. Journal of Indoor Air, 15 (Supplement. 11). 4-68.
4. *The Ministry of Electronic Industry (MEC)*. Design criterion on clean workshop. 1985.