

# De invloed op het lasuiterlijk van een sinusvormige verstoring van de voortloopsnelheid, met de amplitude en frequentie als parameter

**Citation for published version (APA):**

van Akkeren, F. J. J. (1985). *De invloed op het lasuiterlijk van een sinusvormige verstoring van de voortloopsnelheid, met de amplitude en frequentie als parameter*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPB0240). Technische Hogeschool Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1985

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

BB 433002

De invloed op het lasuiterlijk  
van een sinusvormige verstoring  
van de voortloopsnelheid met de  
amplitude en frequentie als parameter.

Auteur: Frank van Akkeren.  
December 1985.

~~WPB 0257-2~~  
WPB 0240

## INHOUD.

<u>1. Inleiding.</u>	1
<u>2. De robotarm.</u>	
2.1. Inleiding	2
2.2. Systeembeschrijving	3
2.3. Het genereren van het ingangssignaal	5
<u>3. Het lasproces.</u>	
3.1. Inleiding	6
3.2. TIG-lassen	6
3.3. Plasma-lassen	7
3.4. Keuze van het lasproces	8
3.5. De inklemming van de proefplaatjes	8
<u>4. De invloed van een verstoring in de voortloopsnelheid op het lasuiterlijk.</u>	
4.1. Inleiding	9
4.2. Het verband tussen voortloopsnelheid en lasbadafmeting.	9
<u>5. De experimenten.</u>	
5.1. De proefopstelling	13
5.2. De keuze van de lasparameters	14
5.3. De resultaten	14
<u>6. Interpretatie van de resultaten.</u>	17
<u>7. Conclusies en opmerkingen.</u>	17
<u>8. Literatuur.</u>	18

## 1. Inleiding.

In het kader van het FAIR project wordt door het ingenieurbureau APA in samenwerking met de THE een industriële robot ontwikkeld.

Bij het opstellen van specificaties voor de robotbesturing deed zich de vraag voor welke eisen gesteld moeten worden aan de maximale en de minimale bewegingssnelheid van de robot en de nauwkeurigheid waarmee deze gerealiseerd moeten worden.

Vooraf de vraag: "Hoe eenparig moet een robot kunnen bewegen?", blijkt moeilijk te beantwoorden daar er geen normen voor dit aspect voorhanden zijn.

Er bestaat slechts een ongeschreven wet of vuistregel dat de afwijking in de snelheid niet meer dan 10% mag bedragen.

Wanneer de robot gebruikt wordt om te lassen, is het van belang dat de beweging van de robot zodanig is dat er geen afwijkingen in de las ontstaan door oneenparigheid in de voortloopsnelheid van de lastoorts.

In bepaalde gevallen is vooral het lasuiterlijk van belang, bijvoorbeeld bij het lassen van producten die vervaardigd zijn uit dunne plaat, zoals auto's, kasten, lades etc.

Een slecht lasuiterlijk betekent dat de las nabewerkt dient te worden, hetgeen tijd en geld kost.

In het kader van deze opdracht is onderzocht wat de invloed van de amplitude en de frequentie van een sinusvormige snelheidsverstoring op het lasuiterlijk is.

Dit is gedaan voor het vervaardigen van een buitenhoeklas zonder toevoegmateriaal, in horizontale positie bij plaat met een dikte van 0.75 mm.

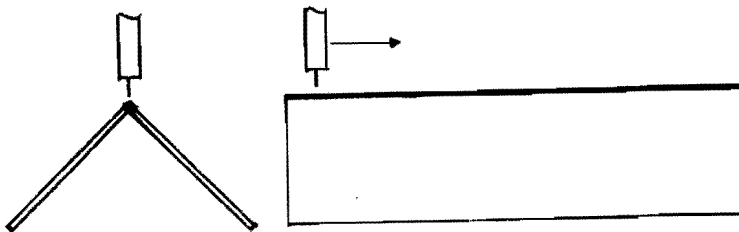


Fig.1. Buitenhoeklas in horizontale positie.

Dit verslag geeft de resultaten weer van de uitgevoerde experimenten, waaruit een eis m.b.t. de eenparigheid van de voortloopsnelheid af te leiden is.

## 2. De robotarm.

### 2.1. Inleiding.

Bij het uitvoeren van de experimenten is gebruik gemaakt van een lineaire actuator, waarop een lastoorts bevestigd is.

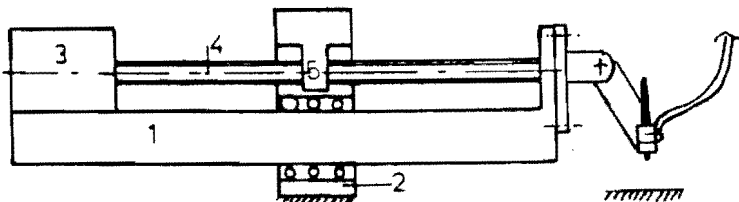


Fig.2. Actuator met lastoorts

Deze robotarm is ontworpen en gebouwd door Lucas van Bommel[1], waarbij de volgende essentiële constructievormen en elementen zijn toegepast:

- Een directe aandrijving met een gelijkstroommotor(3).
- Een gerolde spindel(4) met kogelomloopmoer(5), voorzien van een spelingsonderdrukking.
- Een gelaste, ongedeelde en daardoor zeer stijve armconstructie(1).
- Een zeer stijve hoofdagering(2), die door toepassing van rolblokken toch zeer weinig wrijving heeft.

Verder is de robotarm voorzien van een geavanceerde, microcomputer gestuurde regeling en een direct incrementeel meetsysteem.

In het kader van deze opdracht is geen gebruik gemaakt van de software regeling, maar de arm wordt bestuurd m.b.v. een functie-generator.

Deze hardware besturing maakt het mogelijk op eenvoudige wijze de lastoorts eenparig voort te bewegen, waarbij tevens een sinusvormige verstoring op de voortloopsnelheid ingesteld kan worden.

De wijze waarop dit geschiedt, wordt beschreven in de volgende paragraaf.

2.2. Systeembeschrijving.

Onderstaand figuur geeft een blokschema van het gebruikte gedeelte van het robot-systeem.

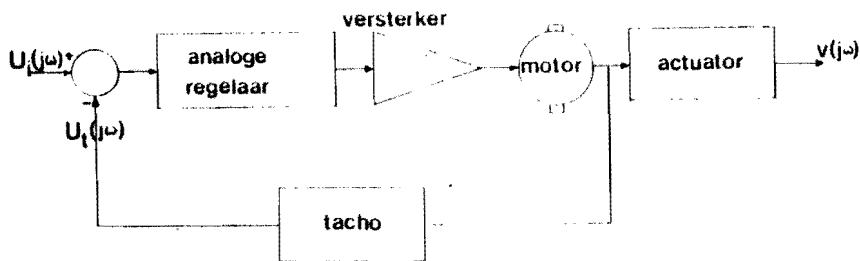


Fig.3 Blokschema van het systeem.

- Hierin is:
- $U_i$  de ingangsspanning.
  - $U_t$  het tachosignaal.
  - $v$  de snelheid van de lineaire actuator.

Het blokschema is terug te brengen tot een zeer eenvoudige vorm:

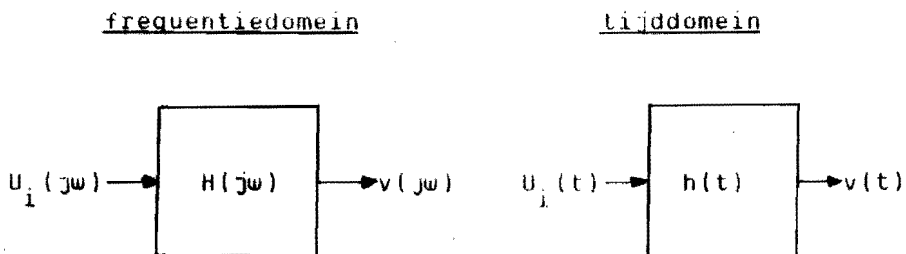


Fig.4 Vereenvoudigd blokschema van het systeem.

Hierin is  $H(j\omega) = \frac{v(j\omega)}{U_i(j\omega)}$  de overdrachtsfunctie van het systeem.

De amplitudeverhouding  $A$  is gelijk aan:  $A = |H(j\omega)| = \frac{v}{U_i}$   
 of in decibel:  $AdB = 20 \log |H(j\omega)|$ .

Voor dit systeem is deze amplitudeverhouding als functie van de frequentie weergegeven in de volgende figuur.

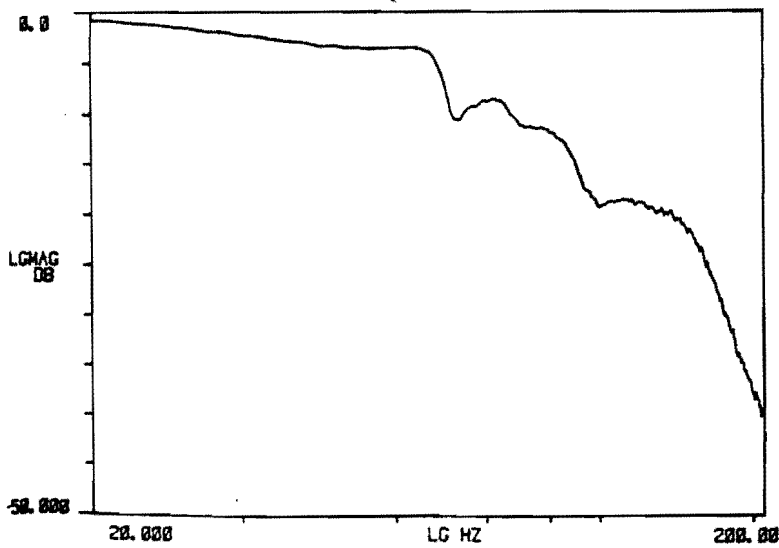


Fig.5. Dynamische overdracht van het systeem.

De experimenten zijn uitgevoerd bij een sinusvormige verstoring met een frequentie tot 20 Hz. Uit figuur 5 blijkt dat in dit gebied de amplitudeverhouding nagenoeg constant is, onafhankelijk van de frequentie. Verder blijkt dat de gebruikte frequenties niet in de buurt van de laagste eigenfrequentie, 59 Hz liggen, zodat het systeem stabiel is. In het tijddomein betekent dit dat een sinusvormig ingangssignaal  $U_i(t)$  met amplitude  $U_i$ , een sinusvormig uitgangssignaal  $v(t)$  met amplitude  $v=A*U_i$  en in fase verschoven afhankelijk van de frequentie tot gevolg heeft. Deze faseverschuiving is bij deze experimenten niet van belang. Om de amplitudeverhouding  $A$  te bepalen is de statische overdracht, d.w.z. bij  $f=0$  Hz, van het systeem bepaald. De volgende figuur geeft het verband weer tussen de ingangsspanning  $U_i$  en de voortloopsnelheid  $v$ .

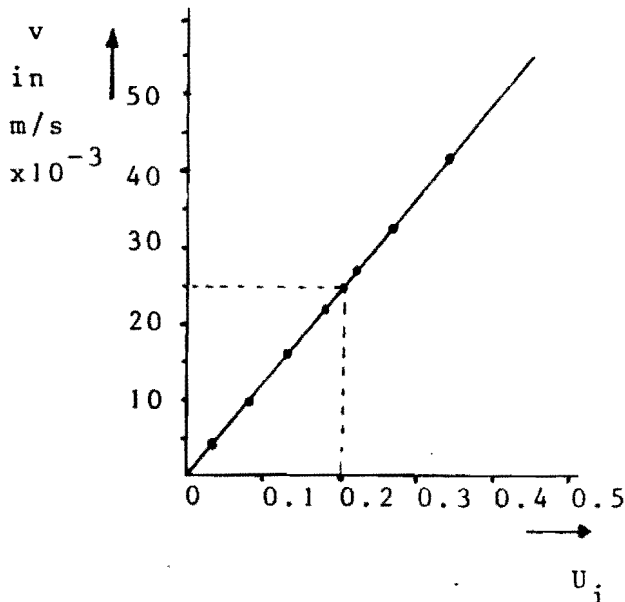


Fig.6. Statische overdracht van het systeem

In het eerder genoemde frequentiegebied van 0 tot 20 Hz, is ieder willekeurig snelheidspatroon van de robotarm te realiseren door regeling van de ingangsspanning  $U_i(t)$ .

### 2.3. Het genereren van het ingangssignaal.

Voor het genereren van het ingangssignaal  $U_i(t)$  is gebruik gemaakt van een Wavetec functiegenerator. Het signaal bestaat uit een gelijkspanningscomponent  $U_0$  en een sinusvormige verstoring met amplitude  $U_a$  en frequentie  $f$ .

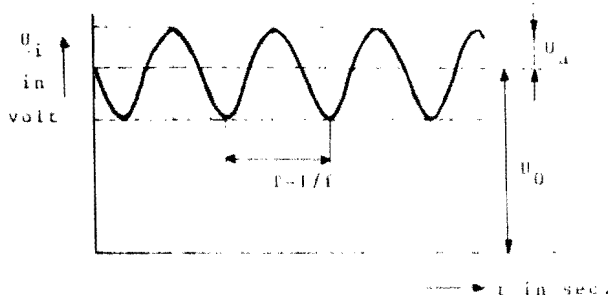


Fig.7. De ingangsspanning  $U_i(t)$

Dit resulteert in een eenparige beweging van de arm met een sinusvormige snelheidsverstoring  $\Delta v = \frac{U_a}{U_0} * 100\%$  en frequentie  $f$ .

Omdat de kleinst mogelijke, op de functiegenerator instelbare amplitude 0.1 volt is, wordt een regelbare Telonic verzwakker in serie geschakeld met de functiegenerator, zodat een amplitude van enige millivolt ingesteld kan worden.

Het totale systeem voor de regeling van de voortloopsnelheid van de toorts ziet er dan als volgt uit:

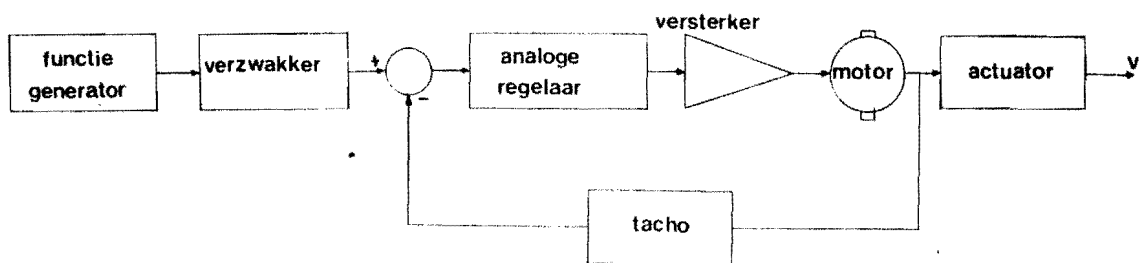


Fig.8. Blokschema van het totale systeem.



### 3. Het lasproces.

#### 3.1. Inleiding.

Het lassen van dunne plaat is een zeer kritisch proces m.b.t. verstoringen van de procesvariabelen.

De meest toegepaste methodes voor het lassen van dunne plaat zijn puntlassen, TIG-lassen en plasma-lassen.

Daar het in het kader van dit onderzoek gaat om het vervaardigen van een buitenhoeklas zonder toevoegmateriaal, is puntlassen hier niet toepasbaar. In het volgende gedeelte volgt een korte beschrijving van de beide overige processen en een beargumentatie voor de uiteindelijke keuze.

#### 3.2. TIG-lassen.

Het TIG-lassen (=Tungsten Inert Gas) is het electrisch booglassen met een niet afsmeltende wolfram elektrode in een inerte atmosfeer.

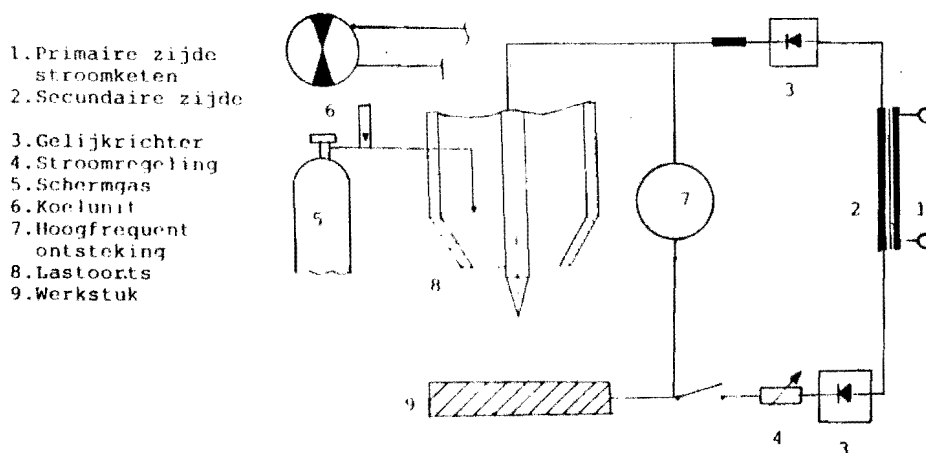


Fig.9. TIG lasinstallatie

Het TIG-lassen is een technisch zeer hoogstaand proces. Doordat er geen materiaaltransport door de boog plaatsvindt, brandt deze zeer rustig, vrijwel zonder spatten.

De boog tussen werkstuk en elektrode wordt ontstoken m.b.v. een hoog frequent puls.

Naar gelang de toepassing kan gelast worden met en zonder toevoegmateriaal. Bij een buitenhoeklas van twee dunne platen is het niet nodig toevoegmateriaal te gebruiken.

Bij een bepaalde boogspanning en stroomsterkte, bepaalt de voortloopsnelheid de hoeveelheid energie die per lengte-eenheid in het materiaal wordt gebracht. Veranderingen in deze hoeveelheid energie hebben een groot effect op de breedte en diepte van de las. Toename van de snelheid zonder wijziging

van de andere parameters, vermindert de penetratiediepte en verkleint de lasbreedte.

De grootte van de invloed is afhankelijk van de samenstelling, de dikte en de naad geometrie van de te lassen materialen.

De invloed van de voortloopsnelheid op de lasafmetingen wordt uitvoerig beschreven in hoofdstuk 4.

### 3.3. Plasma-lassen.

Plasma lassen is te beschouwen als een verfijning van het TIG-lassen. Ook hier bestaat de niet afsmeltende elektrode uit wolfram, met eventueel enig thoriumoxide of zirconoxide. In figuur 10 wordt de opbouw van een plasma lasinstallatie weergegeven.

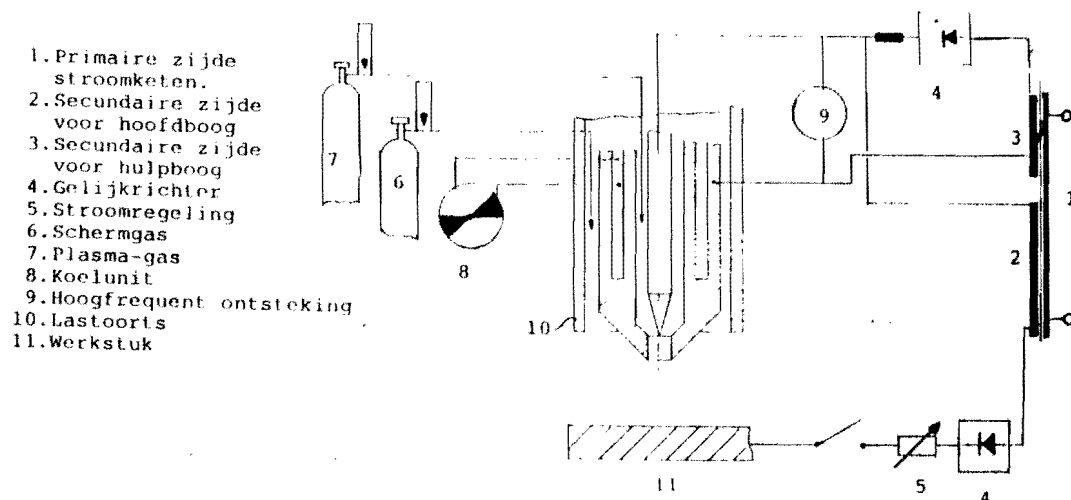


Fig. 10. Plasma lasinstallatie.

De aangespitste elektrode bevindt zich in een vernauwd mondstuk. Langs de elektrode wordt het plasmagas, bijvoorbeeld argon, geleid.

Tussen het mondstuk en de elektrode wordt d.m.v. een hoogfrequent puls een hulpboog ontstoken. Door het sluiten van de lasstroomketen kan nu m.b.v. de hulpboog, de hoofdboog ontstoken worden.

Om de plasmastraal, het sterk geïoniseerde gas in de boog, en het smeltbad tegen atmosferische invloed te beschermen wordt gebruik gemaakt van een extra gasstroom, die van het beschermgas.

Bij het plasmalassen kan de hoofdstroom lopen van de wolfram elektrode naar het werkstuk of van de elektrode naar het mondstuk. In het eerste geval is er sprake van een overdragende en in het tweede van een niet-overdragende boog. Een voordeel van de niet-overdragende boog is dat ook niet elektrisch geleidende materialen gelast kunnen worden.

Bij de experimenten is gebruik gemaakt van een overdragende boog.

### 3.4. Keuze van het lasproces.

Het plasmalassen heeft het voordeel boven normaal TIG-lassen dat de boog door de gasstroom en het mondstuk ingesnoerd wordt, waardoor de energietoevoer zich concentreert op een klein vlak, terwijl de TIG boog op grond van zijn klokvormige configuratie een relatief groot vlak bestrijkt. Dit betekent dat ook het smeltbad kleiner zal zijn en verstoringen in de voortloopsnelheid minder door het smeltbad uitgemiddeld worden. Daarom is aanvankelijk gekozen voor het plasmalassen om de invloed op het lasuiterlijk van een verstoring van de voortloopsnelheid duidelijk te maken.

Door een defect in de lastoorts is het tijdens de experimenten noodzakelijk geworden over te schakelen op het TIG-lassen.

Bij gelijke voortloopsnelheid is er geen verschil te constateren in lassen vervaardigd met de beide verschillende methodes, terwijl op het eerste oog ook de grootte van het smeltbad gelijk is.

Dit betekent dat het niet noodzakelijk is een gedeelte van de experimenten opnieuw uit te voeren bij het overschakelen op een ander lasproces.

### 3.5. De inklemming van de proefplaatjes.

Voor het vervaardigen van de lassen zijn proefplaatjes genomen met een dikte van 0.75 mm. Het materiaal is blank, koudgewalst staal, kwaliteit SP/D Fe Pol. De opspanning van de plaatjes is zeer belangrijk daar een kleine vooropening leidt tot doorbranden.

Een reeds bestaande inspanklem is hiertoe aangepast zodat inklemming en positionering van de plaatjes nauwkeurig en snel mogelijk is.

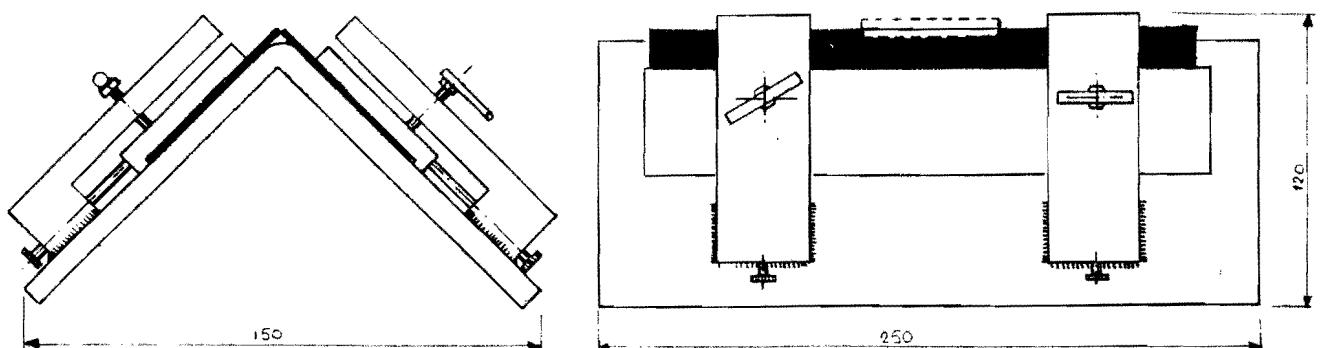


Fig.11. Inklemming van de proefplaatjes

Voor het uiteindelijk beoordelen van het lasuiterlijk wordt het gedeelte zoals dat in bovenstaande figuur is aangegeven uit het proefstuk gehaald, zodat begin- en eind-effecten niet van belang zijn

#### 4. De invloed van een verstoring in de voortloopsnelheid op het lasuiterlijk.

##### 4.1. Inleiding.

Wanneer er een verstoring in de voortloopsnelheid optreedt, bij constante overige procesvariabelen, dan zal de las mogelijk ook een afwijking gaan vertonen.

Of deze waarneembaar is voor het menselijke oog is bij een sinusvormige snelheidsverstoring afhankelijk van de amplitude en frequentie.

In dit hoofdstuk wordt gepoogd een schatting te maken van de grootte die deze parameters moeten hebben, opdat de verstoring zichtbaar wordt in het lasuiterlijk.

##### 4.2. Het verband tussen voortloopsnelheid en lasbadafmeting.

Met toenemende voortloopsnelheid en constante stroomsterkte nemen de afmetingen van het lasbad af, zoals weergegeven is in figuur 12.

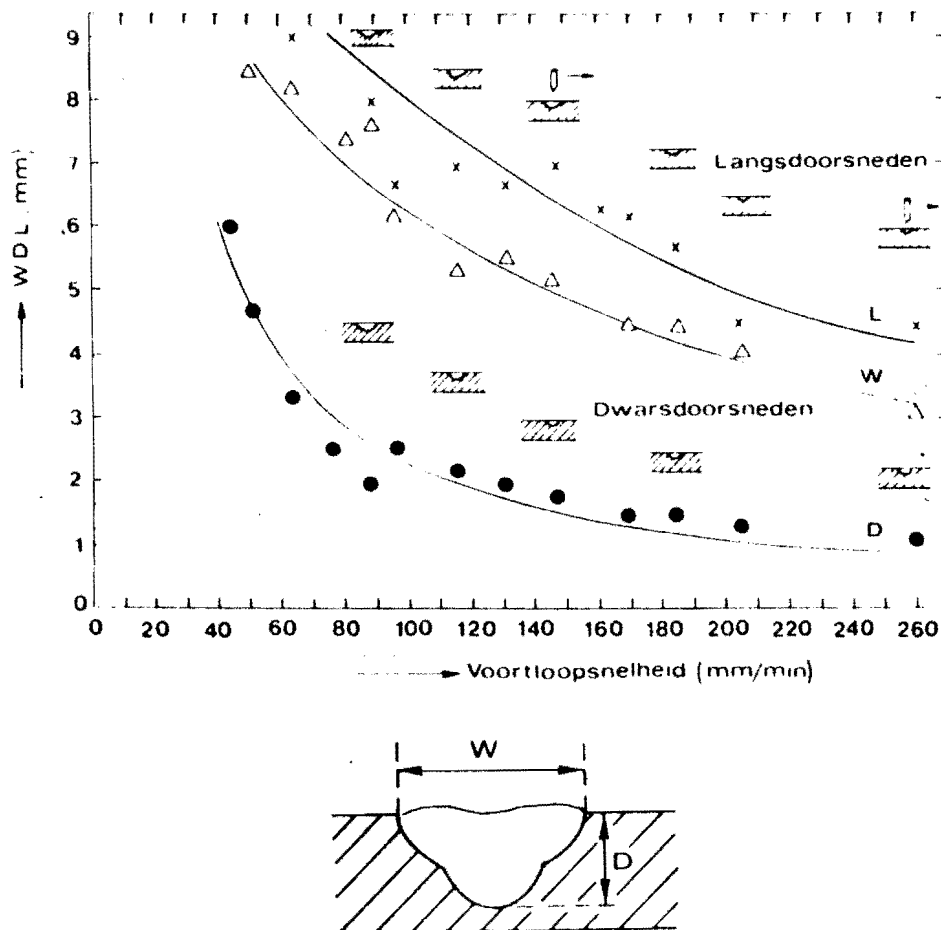


Fig.12. Vorm en afmetingen van het lasbad als functie van de voortloopsnelheid als functie van de voortloopsnelheid.

Het gebied waarbinnen de voortloopsnelheid gevarieerd kan worden, is echter beperkt, daar bij een te lage voortloopsnelheid doorbranding van de plaat optreedt, terwijl bij een te hoge snelheid de warmte-inbreng te klein wordt om een continu lasbad te verkrijgen.

Figuur 12 geeft het verband weer tussen de lasbadafmetingen en de voortloopsnelheid voor het leggen van rupsen op een 6 mm dikke plaat, bij een stroomsterkte van 145 A.

Bij een andere stroomsterkte zal de grafiek eenzelfde vorm hebben.

Figuur 13 laat namelijk zien dat de lasbadafmetingen ongeveer evenredig zijn met de stroomsterkte.

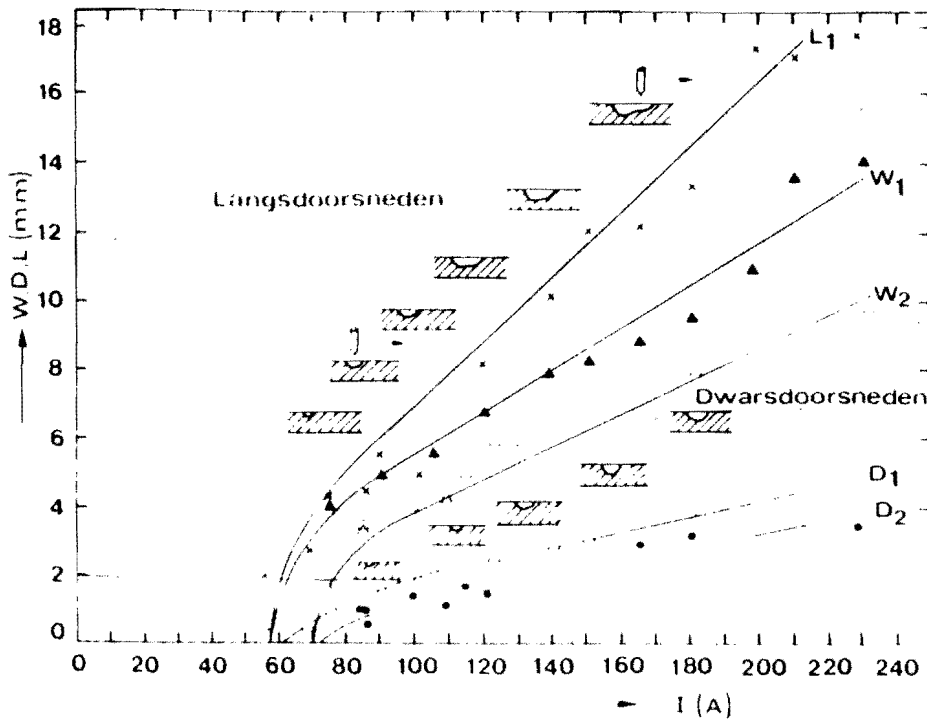


Fig.13. Vorm en afmetingen van het lasbad als functie van de stroomsterkte bij verschillende voortloopsnelheden  
 1: v=85 mm/min 2: v=96 mm/min

Het verband zoals dat weergegeven is in figuur 12 is te benaderen met een lineair verband, d.w.z. voor de breedte van de las geldt:

$$W = W_0 - C_1 \cdot v$$

met W = breedte van de las  
 v = voortloopsnelheid  
 $W_0, C_1$  = constanten

Voor de voortloopsnelheid geldt:

$$v(t) = v_0 + v_A \cdot \sin \omega t$$

Dit geeft: 
$$W(t) = W_0 - c_1 v_0 - c_1 v_A \sin \omega t$$

of 
$$W(t) = c_0 - c_1 v_0 \Delta v \sin \omega t$$

met 
$$c_0 = W_0 - c_1 v_0 \text{ en } \Delta v = \frac{v_A}{v_0}$$

De constanten  $c_1$  en  $c_0$  zijn te bepalen door een las te vervaardigen waarin het sinusvormige verloop van het lasuiterlijk duidelijk te zien is. Beschouw proefplaatje 13:  $\Delta v = 20\%$ ,  $f = 2 \text{ Hz}$  en  $v_0 = 960 \text{ mm/min}$ .

Voor de las geldt:  $W_{\max} = 1.81 \text{ mm}$  en  $W_{\min} = 1.40 \text{ mm}$ .

Dit levert voor de constanten:  $c_1 = 0.064 \text{ min}$  en  $c_0 = 1.605 \text{ mm}$  en voor de lasbreedte: 
$$W(t) = 1.605 - 1.024 \Delta v \sin \omega t$$

Verder geldt dat de afstand tussen twee opeenvolgende toppen of dalen in het

lasuiterlijk,  $X_T$  gelijk is aan: 
$$X_T = \frac{v_0}{f}$$

De experimenten worden uitgevoerd bij  $v_0 = 960 \text{ mm/min}$  hetgeen het volgende verband geeft tussen  $X_T$  en  $f$ :

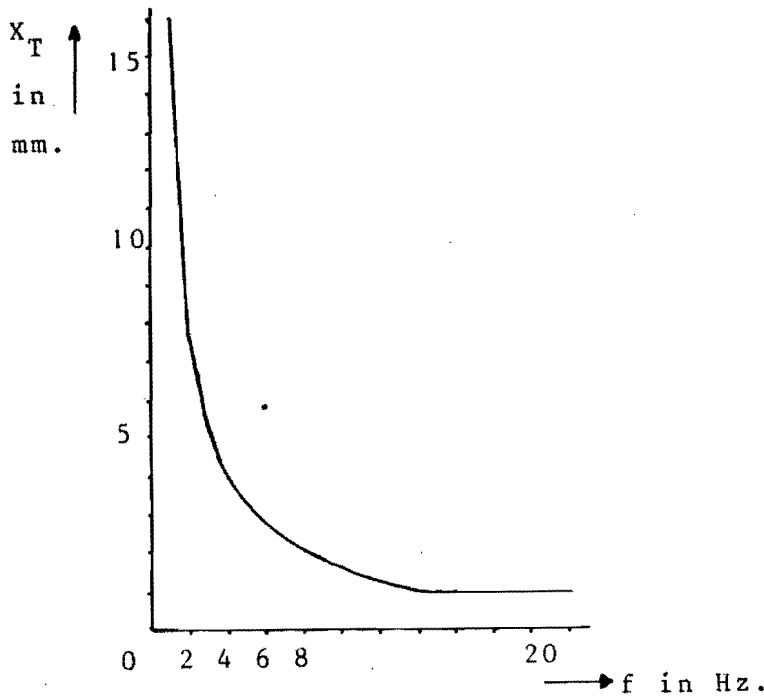


Fig.15. Afstand tussen twee maxima als functie van  $f$ .

Neem aan dat het smeltbad cirkelvormig is. De diameter van de cirkel is dan gelijk aan  $w(t)$  met een minimum en maximum dat afhankelijk is van de grootte van de snelheidsverstoring  $\Delta v$ .

Onderstaand figuur laat zien wat er gebeurt wanneer bij constante  $\Delta v=20\%$ , de frequentie wordt verhoogd:

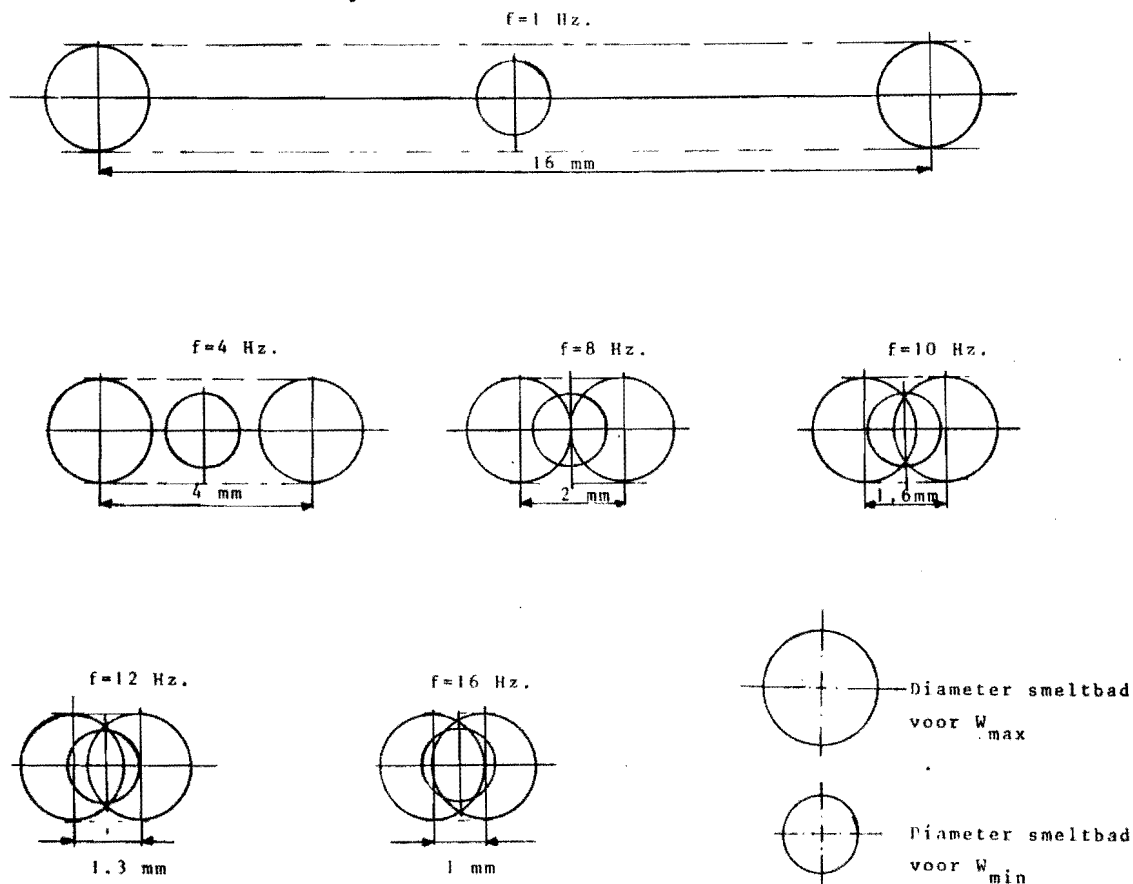


Fig.16. De invloed van verhoging van de frequentie bij constante grootte van de verstoring  $\Delta v$  op het te verwachten lasuiterlijk

Bij een bepaalde frequentie, hier ongeveer 10 Hz, beginnen de toppen en dalen in de las elkaar te overlappen en zal het smeltbad de snelheidsverstoring uitmiddelen. Het is te verwachten dat een verstoring in het lasuiterlijk het duidelijkst zichtbaar is bij frequenties lager dan 10 Hz.

De mate waarin het verschil in breedte van de las zichtbaar is, is afhankelijk van de grootte van de verstoring  $\Delta v$ .

De experimenten worden uitgevoerd bij frequenties tussen 0 en 20 Hz en met een snelheidsverstoring variërend van 4 tot 462%.

## 5. De experimenten

### 5.1. De proefopstelling.

In figuur 17 wordt een schematisch overzicht gegeven van de proefopstelling, waarmee de experimenten uitgevoerd zijn.

De gebruikte componenten zijn:

- Wavetek functiegenerator model 130.
- Telonic attenuator model TG 950.
- HP-141B oscilloscope.
- Lineaire actuator
- Toorts-bevestiging(eigen ontwerp).
- Lastoorts, voor het plasma-lassen model WP 3A Smitweld.
- Lasgenerator: MAC-351 voor TIG-lassen  
Smitweld Thyropuls 280 AC/DC voor plasma-lassen.
- Inspan-hulpstuk(eigen ontwerp).

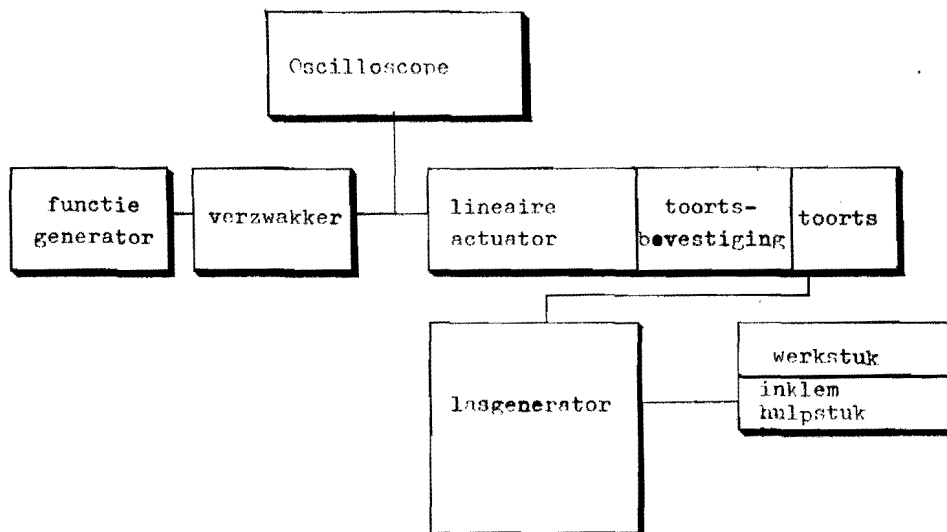


Fig.17. Schematische weergave van de proefopstelling.



## 5.2. De keuze van de lasparameters.

### De voortloopsnelheid.

De experimenten zijn uitgevoerd bij een voortloopsnelheid  $v=960$  mm/min. Dit is ongeveer een factor 2 sneller dan een ervaren lasser, bij deze lasmethode, met de hand kan bereiken.

### De lasstroom.

Bij het TIG-lassen ontstaat er een goede las bij een stroomsterkte  $I=75A$ , bij het plasma-lassen bij  $I=165 A$ . Dit verschil lijkt in eerste instantie groot. De stroomdichtheid is in beide gevallen echter gelijk, daar bij het TIG-lassen de elektrode een diameter van 1.5 mm heeft en bij het plasma-lassen een diameter van 2.3 mm.

In beide gevallen is de elektrode negatief en wordt gelast met gelijkstroom.

### De gasstroomsnelheid.

Bij het plasma-lassen: plasmagas Ar: 3 l/min  
schermgas 95%Ar 5% $H_2$ : 7.5 l/min

Bij het TIG-lassen: schermgas Ar: 10 l/min.

### Frequentie en grootte van de snelheidsverstoring.

De frequentie van de snelheidsverstoring wordt ingesteld tussen 0 en 20 Hz terwijl de grootte varieert van 4% tot 462%.

Tabel 1 geeft de waarden voor deze parameters weer voor de verrichte experimenten.

## 5.3. De resultaten.

In figuur 18 zijn de resultaten van de experimenten weergegeven, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen lassen met een slecht, matig of goed lasuiterlijk.

f=0.8 Hz		f=2 Hz		f=3 Hz		f=4 Hz		f=5 Hz		f=6 Hz	
Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]
1	4	9	4	17	4	24	12	32	4	41	8
2	8	10	8	18	8	25	16	33	8	42	12
3	12	11	12	19	12	26	20	34	12	43	16
4	16	12	16*	20	16	27	24	35	16	44	20
5	20	13	20	21	24	28	30*	36	20	45	24*
6	30	14	30	22	30	29	38*	37	30*	46	30
7	38*	15	38*	23	38*	30	46	38	38	47	38
8	76*	16	46			31	76	39	60*	48	46
								40	70*	49	62
										50	76
										51	115

f=7 Hz		f=8 Hz		f=9 Hz		f=10 Hz		f=11 Hz		f=12 Hz	
Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]
52	8	60	12	72	16*	79	16	91	115*	97	30
53	12	61	16	73	24*	80	20	92	154*	98	46
54	16	62	20	74	46*	81	24	93	192*	99	115
56	20	63	24	75	62*	82	32	94	230*	100	230
57	46	64	28	76	76*	83	38	95	308*	101	385
58	62	65	32	77	96*	84	46	96	385*		
59	115	66	38	78	115*	85	54*				
		67	46			86	62*				
		68	76			87	76*				
		69	115			88	115				
		70	154			89	230				
		71	230			90	308				

f=13 Hz		f=14 Hz		f=15 Hz		f=16 Hz		f=18 Hz		f=20 Hz	
Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]	Nr.	$\Delta v$ [%]
102	60*	106	46	110	76*	115	115*	121	115*	125	76*
103	115*	107	192	111	115*	116	154*	122	230*	126	115*
104	230*	108	308	112	153*	117	192*	123	308*	127	230*
105	385*	109	385	113	230*	118	308*	124	385*	128	270*
				114	308*	119	385*			129	385*
						120	462*				

Opm. De met een \* gemerkte proefplaatjes zijn vervaardigd met TIG-lassen, de overige met plasmalassen.

Tabel 1. Proefstuknummers met de bijbehorende parameters voor de snelheidsverstoring.

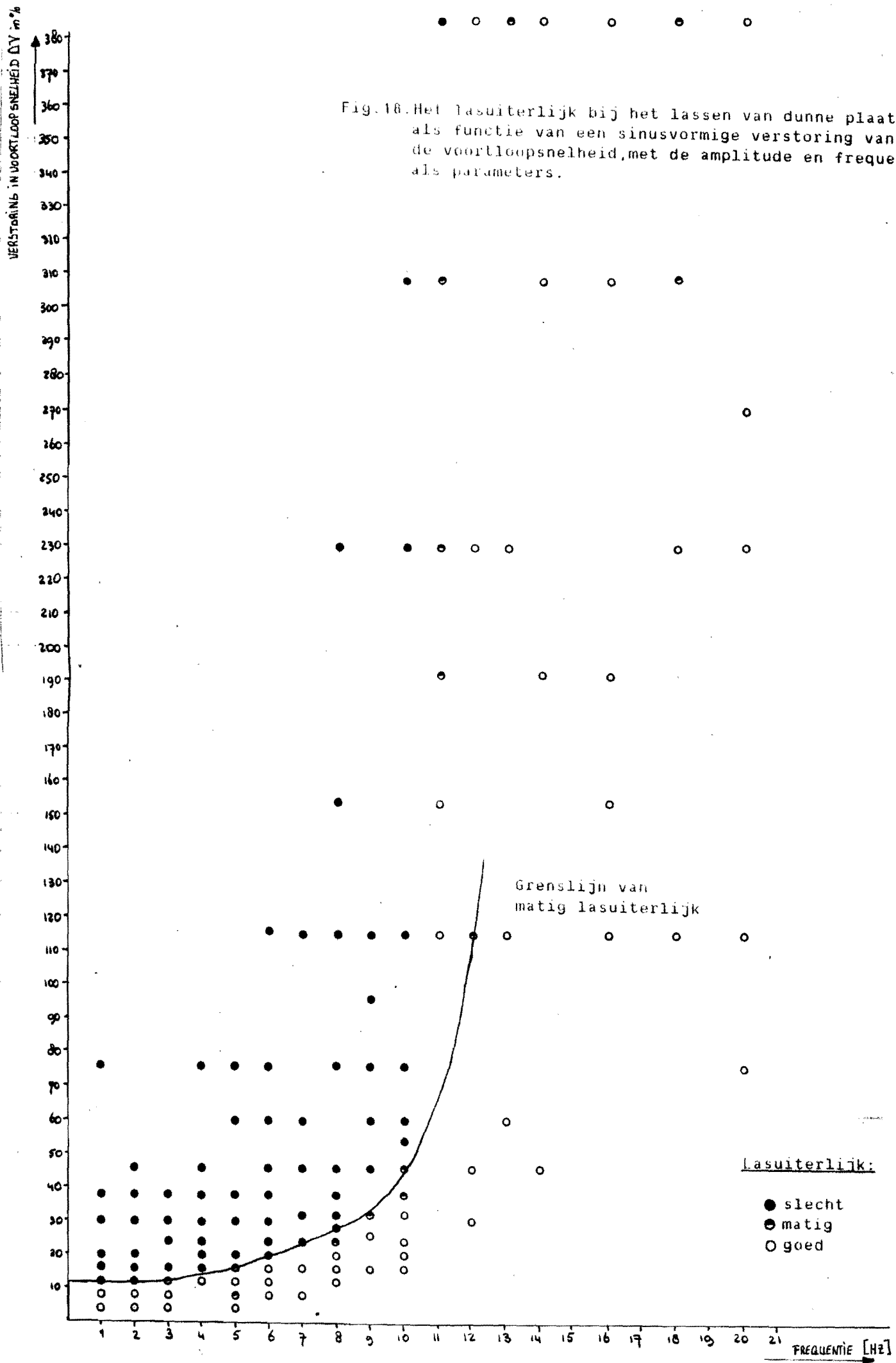


Fig. 18. Het lasuiterlijk bij het lassen van dunne plaat als functie van een sinusvormige verstoring van de voortloopsnelheid, met de amplitude en frequentie als parameters.

## 6. Interpretatie van de resultaten.

Beschouw de verkregen proeflassen die vervaardigd zijn met de lasparameters zoals die in hoofdstuk 5 beschreven zijn.

Definieer de afstand tussen twee opeenvolgende maxima of minima die

theoretisch in het lasuiterlijk op zullen treden als  $X_T = \frac{v_0}{f}$

In het frequentiebereik van 0 tot 20 Hz zijn 3 gebieden te onderscheiden:

- 0 tot 5 Hz:  $X_T$  is enige malen groter dan de afmetingen van het smeltbad.  
In dit gebied is een verstoring in de voortloopsnelheid van 12% reeds zichtbaar.
- 6 tot 12 Hz:  $X_T$  is van ongeveer dezelfde grootte als de lasbadafmetingen.  
Bij toenemende frequentie zal deze afstand tussen twee maxima of minima afnemen, waardoor het smeltbad de verstoring gedeeltelijk uitmiddelt en de toelaatbare  $\Delta v$  toeneemt.
- 13 tot 20 Hz: In dit gebied is  $X_T$  kleiner dan de afmetingen van het smeltbad. Het smeltbad middelt een verstoring in de voortloopsnelheid geheel uit.  
Zelfs een niet realistische afwijking  $\Delta v = 400\%$  is nog niet nadelig voor het lasuiterlijk.

## 7. Conclusies en opmerkingen.

### Conclusies:

- De toelaatbare snelheidsverstoring is frequentie-afhankelijk.
- Bij lage frequenties wordt een verstoring eerder zichtbaar dan bij hoge.
- Een lage frequentie betekent in dit verband, dat de afstand tussen twee opeenvolgende maxima of minima in het lasuiterlijk enige malen groter is dan de afmetingen van het smeltbad.
- Bij deze lage frequentie is de maximaal toelaatbare snelheidsverstoring ongeveer 10%. De verstoring is gedefinieerd als de verhouding van de amplitude en de gelijkspanningscomponent van het sinusvormige ingangssignaal voor de lineaire actuator.
- Deze experimenten bevestigen de, in de inleiding vermelde, vuistregel, dat de maximaal toelaatbare snelheidsafwijking 10% mag bedragen.
- Aangezien het smeltbad klein van afmeting is, zal bij het lassen in een andere positie het resultaat waarschijnlijk niet veel verschillen van het uit deze experimenten verkregen resultaat.

### Opmerking:

- Bij het inschakelen van de hoogfrequent ontsteking voor de boog, beweegt de actuator langzaam in een bepaalde richting, ofschoon er geen ingangsspanning aanwezig is. Mogelijk dient dit verschijnsel nader onderzocht te worden.

## 8.Literatuur.

- [1]: Ontwerp, productie en dynamische analyse van een lineaire actuator.  
L.V.M. van Bommel.  
Rapport nr. WPB-0067 October 1984.
  
- [2]: Positionering van een robotarm.  
R.J.M. van der Burght.  
Rapport nr. WPB-0165 Februari 1985.
  
- [3]: Micro-plasma lassen.  
H.Liebisch.  
Lastechniek jaargang 51, September 1985 pg.178-182.
  
- [4]: Vorm en grootte van het smeltbad.  
J. Franse, T. Luyendijk en G. den Ouden  
Lastechniek jaargang 50, Mei 1984 pg.82-87.