

## FALC-project : bediening en programmeren van de KUKA PP8/P8 lasapparatuur

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

Corts, M. S. (1990). *FALC-project : bediening en programmeren van de KUKA PP8/P8 lasapparatuur*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA0948). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1990

**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.

Technische Universiteit Eindhoven.

Faculteit der Werktuigbouwkunde.

Vakgroep Productietechnologie en Automatisering (WPA).

**FALC-project:**

Bediening en programmeren van  
de KUKA PP8/P8 lasapparatuur.

door: M.S. Corts.

WPA-rapportnummer: 0948.

Verslag van een onderzoeksopdracht.

In opdracht van: prof. ir. J.M. van Bragt.

Onder begeleiding van: ing. H.A. Bulten.

Eindhoven, september 1990.

## Samenvatting.

Het FALC-project heeft als doel het automatisch kunnen assembleren en lassen van onderdelen in een productiecel. Daartoe is KUKA lasapparatuur aangeschaft. Bediening en programmeren van deze apparatuur is onbekend. Tevens is onbekend hoe goed de verschillende onderdelen in de productie-cel op elkaar zijn afgestemd.

Verscheidene handleidingen werden doorgelezen. De verkregen kennis werd gebruikt bij het nemen van lasproeven en het maken van (demonstratie) lasprogramma's.

- De KUKA lasapparatuur is gemakkelijk te bedienen en de lasparameterinstelling is goed reproduceerbaar.
- De flowmeter voor de gasstroom in de lasbesturing reageert te snel op het starten van de gasstroom zodat een foutmelding ontstaat.
- De manipulator en de robot schokken als meerdere bewegingsinstructies met behulp van luswerking doorlopen worden.
- Het draagblok voor de remcilindersteun positioneert de te lassen onderdelen niet nauwkeurig genoeg.
- De toorts kan niet in één keer een boog van 180 graden om een cilinder maken.
  
- Het starten van het lasproces moet nu via een omweg geprogrammeerd worden, zodat de foutmelding van de flowmeter gereset kan worden.
- De manipulator kan niet tijdens het lassen gebruikt worden als de las uit meerdere bewegingsinstructies is opgebouwd.
- Door de maattoleranties van de DAF onderdelen is het lassen van de onderdelen aan de remcilindersteun alleen mogelijk als de onderdelen in maatklassen worden ingedeeld.
- De 180 graden boog moet in meerdere stukken geprogrammeerd worden zodat de toorsoriëntatie opgelegd kan worden.

## Inhoudsopgave.

Samenvatting.	1
Hoofdstuk 1: Inleiding.	3
Hoofdstuk 2: De projectstrategie.	4
2.1: Algemeen.	4
2.2: De Oriëntatiefase.	5
2.2.1: Robotbesturing en robot 161/15/25.	6
2.2.2: Robot 361/8/15.	6
2.2.3: De toortsreiniger.	6
2.2.4: De parameterbewaking PCD-SG 500.	6
2.2.5: De lasbesturing PP8/P8.	7
2.3: De Planningsfase.	7
2.4: De Uitvoeringsfase.	7
2.4.1: Lasprogramma's.	7
2.4.2: Lasparameteronderzoek.	8
Hoofdstuk 3: Resultaten.	10
3.1: Lasprogramma's.	10
3.1.1: Toortsoriëntatie bij de CI-instructie.	10
3.1.2: Schokken van robot en manipulator.	11
3.1.3: Positionering van de onderdelen.	11
3.1.4: Flowmeter voor het beschermgas.	12
3.2: Lasparameteronderzoek.	12
Hoofdstuk 4: Conclusies.	14
Literatuur.	15
Bijlage 1: Algemene projectstrategie.	16

## Hoofdstuk 1: Inleiding.

Dit is het verslag van een onderzoeksopdracht in het kader van het FALC-project. FALC staat voor Flexibele Assemblage- en Las-Cel. Het FALC-project is een samenwerking tussen DAF-trucks, Philips en de Technische Universiteit Eindhoven. Het doel van het project is het volautomatisch assembleren en lassen van onderdelen voor DAF vrachtwagens. Daartoe is in de W-hal van de T.U.E. een proefopstelling gebouwd waarvan een flexibel transportsysteem en een lasrobot de belangrijkste componenten zijn.

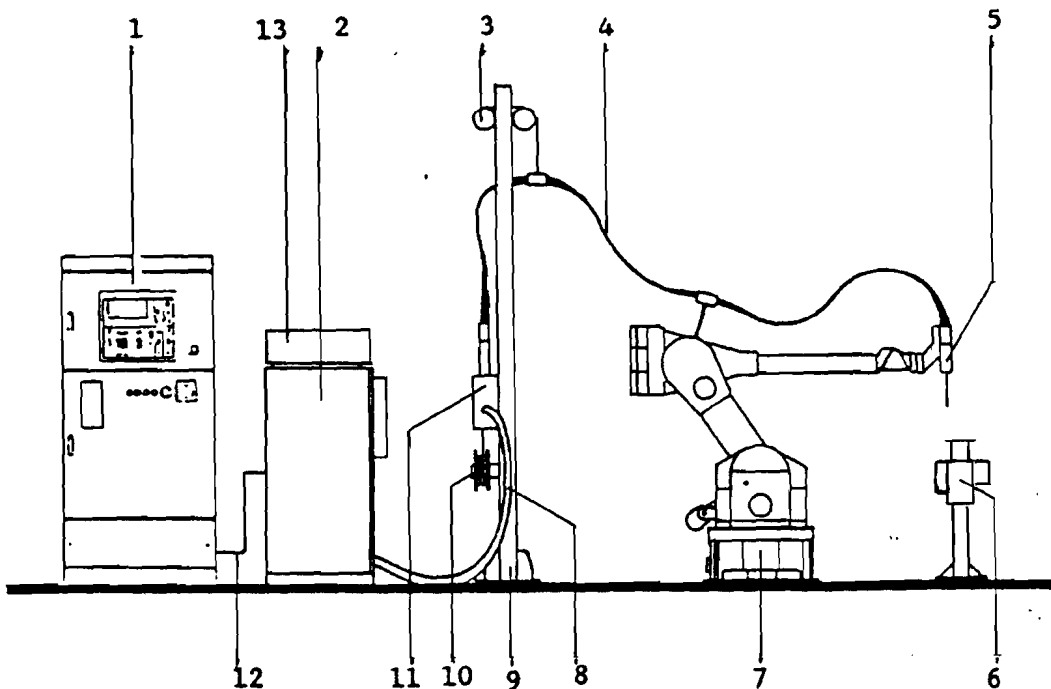
Het verslag gaat over de werking, bediening en het programmeren van de KUKA PP8/P8 lasapparatuur die is aangeschaft om de onderdelen daadwerkelijk te kunnen lassen. Er is onderzoek gedaan naar het instellen van de lasparameters tijdens een lasproces. Ook is onderzocht hoe goed alle onderdelen op elkaar zijn afgestemd en met elkaar samenwerken. Uiteindelijk resulteerde dit in een handleiding en enkele programma's voor het lassen van de DAF onderdelen. De handleiding is als losse bijlage bij dit verslag gevoegd.

## Hoofdstuk 2: De Projectstrategie.

### 2.1: Algemeen.

De hele onderzoeksopdracht is aangepakt met behulp van de projectstrategie volgens prof. ir. J.M. van Bragt. Volgens deze strategie werken we steeds met drie fasen, te weten: Oriëntatie, Planning en Uitvoering (O-P-U). Iedere fase wordt afgerond met een test. Bij een negatief resultaat wordt dezelfde fase opnieuw doorlopen. Bij een positief resultaat volgt de volgende fase. Iedere opdracht of deelopdracht is op deze manier te benaderen. De algemene vorm van deze projectstrategie is in bijlage 1 te vinden.

Om een beeld te schetsen van de gebruikte apparatuur volgt hieronder allereerst een overzicht:



Figuur 1: Systeemoverzicht.

- 1 Robotbesturing (RCM) van Siemens type RC 22/41.
- 2 Lasbesturing (SGL) van KUKA type PP8/P8.
- 3 Slangpakketophanging.
- 4 Slangenpakket van het push/pull draadtoevoersysteem.
- 5 Pullgedeelte (DV2), gemonteerd bij de robotpols.
- 6 KUKA toortsreiniger.

- 7 KUKA robot type 161/15/25; zes vrijheidsgraden.
- 8 Slangenpakket tussen lasbesturing en draadtoevoersysteem.
- 9 Ophangpilaar voor de draadspoel en het pushgedeelte.
- 10 Draadspoel.
- 11 Pushgedeelte (DVI).
- 12 Verbindingskabels tussen robot- en lasbesturing.
- 13 KUKA parameterbewaking type PCD-SG 500.

Om ervoor te zorgen dat de lasnaad voor de robot steeds goed bereikbaar is, is het systeem voorzien van een manipulator. Dit is een ronde tafel die kan draaien en kantelen (Twee vrijheidsgraden). Deze twee extra assen zijn in de robotbesturing opgenomen. Op de manipulator worden met behulp van het transportsysteem de te lassen onderdelen op draagblokken aan- en afgevoerd.

## 2.2: De Oriëntatiefase.

Deze fase kan ook weer in een Oriëntatie, een Planningsfase en een Uitvoeringsfase worden gesplitst. Dat zal hier niet gedaan worden. In dit geval is het zinnvoller om de vele deelopdrachten van het onderzoek te bespreken. Deze deelopdrachten werden ook met de projectstrategie aangepakt. In het algemeen zag dat er als volgt uit:

- Oriëntatiefase:      -Welke apparatuur?  
                          -Welke handleiding?
- Planningsfase:      -Hoe doorlezen?  
                          -Hoeveel tijd nodig?
- Uitvoeringsfase:    -Doorlezen van de handleiding.  
                          -Uitproberen van de opgedane kennis.  
                          -Werkt alles zoals het moet?

De verschillende deelprojecten worden nu in subparagrafen behandeld.

### 2.2.1: Robotbesturing en robot 161/15/25.

Als kennismaking met het systeem werd begonnen met het doorlezen van de KUKA-handleiding "Programmeren van Industrie Robots met RC 20/41". Na het uitproberen van de opgedane kennis, in de vorm van het laten bewegen van de robot en het schrijven van programma's, werden ook nog "Inhoud van de handleiding van de KUKA-robot" en het KUKA Handbuch IR 161/15/25 doorgelezen.

### 2.2.2: Robot 361/8/15.

Bij de levering van de lasapparatuur werd ook een kleine KUKA robot type 361/8/15 meegeleverd. Zodoende konden er lasproeven worden gedaan terwijl de robot in de FALC-opstelling voor andere doeleinden vrij bleef. Omdat de polsconstructie van deze robot verschilt van die van de IR 161 en omdat de aanduidingen bij de bedieningsorganen en op het display in het Duits zijn gesteld, was het nodig hier mee vertrouwd te raken. Dit ging op dezelfde manier in zijn werk als in 2.2.1. staat beschreven, echter ditmaal veel sneller.

### 2.2.3: De toortsreiniger.

Bij de lasapparatuur werd ook een toortsreiniger geleverd, waarmee volautomatisch de toorts schoongemaakt kan worden. Het apparaat wordt vanuit de robotbesturing aangestuurd. Alle functies werden getest in een programma.

### 2.2.4: De parameterbewaking PCD-SG 500.

Met de parameterbewaking kunnen tijdens het lassen allerlei gegevens worden gemeten en berekend. Na afloop kunnen de gegevens via een printer worden afgedrukt. De werking van dit apparaat werd getest tijdens de uitvoeringsfase bij het nemen van lasproeven.



### 2.2.5: De lasbesturing.

Voor dit deelproject werd de KUKA-handleiding "Schutzgas-Schweißausrüstung PP8/P8" doorgelezen. Deze handleiding bestaat uit twee gedeelten: een mechanisch en een elektrisch deel. In het mechanische deel staat bijvoorbeeld hoe het draadtoevoersysteem werkt, terwijl in het elektrische deel staat hoe de verbindingen lopen. In het elektrische deel staat ook met welke instructies de lasbesturing moet worden aangestuurd vanuit de robotbesturing.

Bij het testen bleek dat bepaalde functies, nodig voor het lassen, niet aanwezig waren. Toen alles in orde gemaakt was, kon de gehele oriëntatiefase worden afgesloten met het proberen van het voorbeeld-lasprogramma dat in de KUKA-handleiding van de lasbesturing is opgenomen. Alles bleek te werken.

### 2.3: De Planningsfase.

In de planningsfase werd bekeken wat er verder gedaan kon worden met de tot nu toe verkregen kennis. Ten eerste moesten er programma's geschreven worden voor demonstraties. Ten tweede werd een onderzoek naar de instelling van de lasparameters gedaan omdat de KUKA handleiding daarover weinig informatie geeft, en omdat dit het meeste nut had.

### 2.4: De Uitvoeringsfase.

#### 2.4.1: Lasprogramma's.

In samenwerking met ir. Smals werden programma's geschreven voor het lassen van de DAF producten. Deze programma's zijn ook voor demonstraties gebruikt.

Het uiteindelijke product wordt in meerdere fasen op twee verschillende draagblokken gelast. Ten eerste wordt de pijp-flens verbinding gelast met hoofdprogramma 15. Ten tweede wordt de dikke plaat aan de pijp gelast met hoofdprogramma 11. Hiertoe moet de klem om de dunne plaat te positioneren verwijderd worden, anders kan de robot er niet bij! Ten derde wordt de dunne plaat aan de pijp en aan de dikke plaat gelast met hoofdprogramma 16.

De geschreven programma's zijn in de bijlage 2 van de bij dit verslag behorende handleiding te vinden.

#### 2.4.2: Lasparameteronderzoek.

De instelling van de lasparameters van de lasbesturing gebeurt via de analoge uitgangen van de robotbesturing. Deze hebben een programmeerbare spanning die tussen de -10 en +10 Volt ligt. Voor het lassen zijn vier uitgangen beschikbaar, te weten:

Kanaal 1: Vermogensinstelling.

Kanaal 2: Draadtoevoersnelheid.

Kanaal 3: Draadterugbrandtijd.

Kanaal 4: Pulsspanning bij pulserend lassen.

Vanwege de beperkte tijd is er alleen onderzoek gedaan naar de instelling van vermogen (kanaal 1) en draadtoevoersnelheid (kanaal 2).

Om een idee te krijgen hoe de lasapparatuur werkt, werd begonnen met het leggen van lasrupsen op staalplaat van 12 mm dikte. Voor kanaal 2 werden steeds vaste waarden genomen, namelijk: 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6; hetgeen overeenkomt met een draadtoevoersnelheid van: 4, 6, 8, 10, 12 meter per minuut respectievelijk. Om een goede instelling van de beide parameters te verkrijgen werd kanaal 1 gevarieerd totdat het lasproces "zong", en er een goed ogende las verkregen was.

Er werden proeven gedaan met verschillende toortshoogte en -oriëntatie. Ook werden er nog proeven gedaan met variabele voortloopsnelheid. Tot slot werden er nog V-naden gelast.

De metingen van alle lassen zijn te vinden in bijlage 1 van de bijbehorende handleiding.

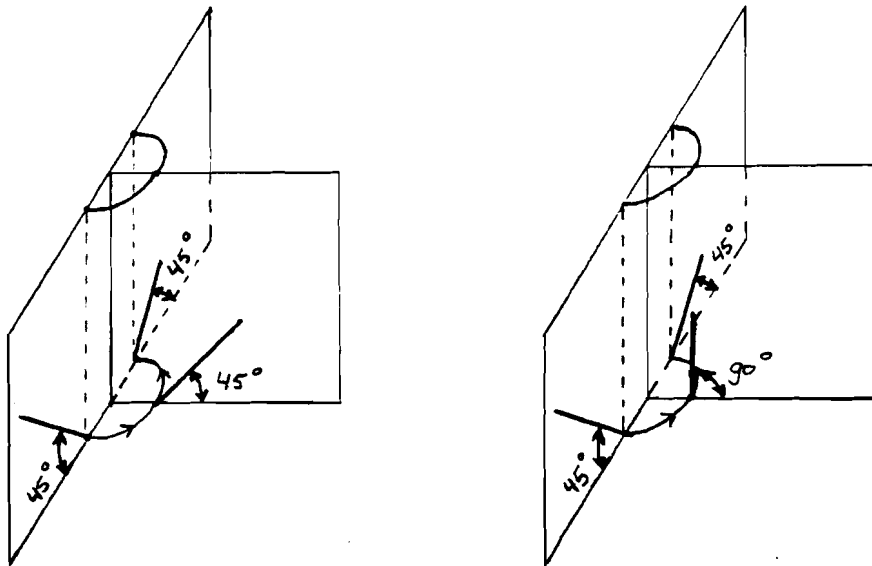
## Hoofdstuk 3: Resultaten.

### 3.1: Lasprogramma's.

Bij het programmeren van de lasprogramma's kwamen een aantal beperkingen aan het licht, die apart zullen worden besproken.

#### 3.1.1: Toortsoriëntatie bij de CI-instructie.

Bij het lassen van de DAF onderdelen wordt veel gebruik gemaakt van de circulaire bewegingsinstructie (CI). Deze instructie gaat uit van drie baanpunten en interpoleert daaruit de te doorlopen baan. In figuur 2 B is te zien wat er fout gaat als er maar één CI-instructie gebruikt wordt om een cirkelboog van 180 graden te doorlopen.



A: Twee of meer CI-instructies.

B: Eén CI-instructie.

Figuur 2: Toortsoriëntatie tijdens beweging om een cilinder.

Bij het eerste en bij het laatste punt wordt ook de oriëntatie van de toorts opgegeven. Bij het middelste punt berekent de besturing de oriëntatie. Het vervelende is dat de besturing steeds de kortste weg neemt om de oriëntatie van de toorts van beginpunt naar eindpunt te interpoleren. Hierdoor is het niet mogelijk om om een cilindrisch werkstuk heen te draaien met een toortshoek van bijvoorbeeld 45

graden. Een cirkelboog van 180 graden moet daarom in minstens twee CI-instructies geprogrammeerd worden zodat ook de toortsoriëntatie in het tussengelegen punt bepaald is. In de praktijk zijn er wel vier instructies nodig om ervoor te zorgen dat de robottoorts wel nauwkeurig genoeg langs de lasnaad loopt.

### 3.1.2: Schokken van robot en manipulator.

Er zijn meestal meerdere lineaire (LIN) en circulaire (CI) bewegingsinstructies nodig om een lasnaad te programmeren. Tussen deze instructies stopt de robot. Bij het lassen is dit ongewenst omdat er dan een verdikking in de lasnaad optreedt. Met de luswerking (LUW) instructie kan ervoor gezorgd worden dat de robot vloeiend doorbeweegt.

Als alleen de zes assen van de robot gebruikt worden tijdens het lassen, dan werkt de LUW-instructie prima. Als echter ook nog de manipulator gebruikt wordt, dan treedt er een schok op in de robot en de manipulator. Dit komt waarschijnlijk door een fout in de machinedata van de robotbesturing. In het ergste geval reageert de (versnellings-) beveiliging van de besturing: de robot springt op NOOD-UIT.

### 3.1.3: Positionering van de onderdelen.

Bij het lassen van de dikke en dunne platen aan de pijp bleek dat er nogal wat maatafwijkingen waren in de buiging en de afmetingen van genoemde platen. In het ergste geval bedroeg dit 6 mm! Voor het lassen is een positioneringsnauwkeurigheid van 1 mm noodzakelijk.

Met het voor deze lassen ontworpen draagblok kunnen deze afwijkingen niet worden opgevangen. De robot kan tegen het werkstuk botsen en schakelt op NOOD-UIT, of de robot last te ver van de eigenlijke lasnaad af. Op dit moment kan dit probleem alleen worden opgelost door de onderdelen in maatklassen in te delen, en voor iedere maatklasse een apart lasprogramma te maken, of door steeds het lasprogramma van

te voren aan te passen.

#### 3.1.4: Flowmeter voor het beschermgas.

Bij het openen van de magneetklep voor het beschermgas schiet het stalen kogeltje te ver omhoog door. Hierdoor ontstaat een foutmelding op de lasbesturing. Om dit te voorkomen moet eerst de gasstroom met een gastest gestart worden. Daarna kan de lasbesturing vanuit de robotbesturing gereset worden door uitgang 11 HOOG te maken. Meteen daarna kan het lasproces gestart worden; het kogeltje zakt namelijk langzaam naar beneden als de gasstroom gestopt wordt. Meteen opnieuw starten veroorzaakt daarom geen foutmelding. Dit is natuurlijk geen elegante oplossing; er zal daarom nog naar een betere oplossing gezocht moeten worden.

#### 3.2: Lasparameteronderzoek.

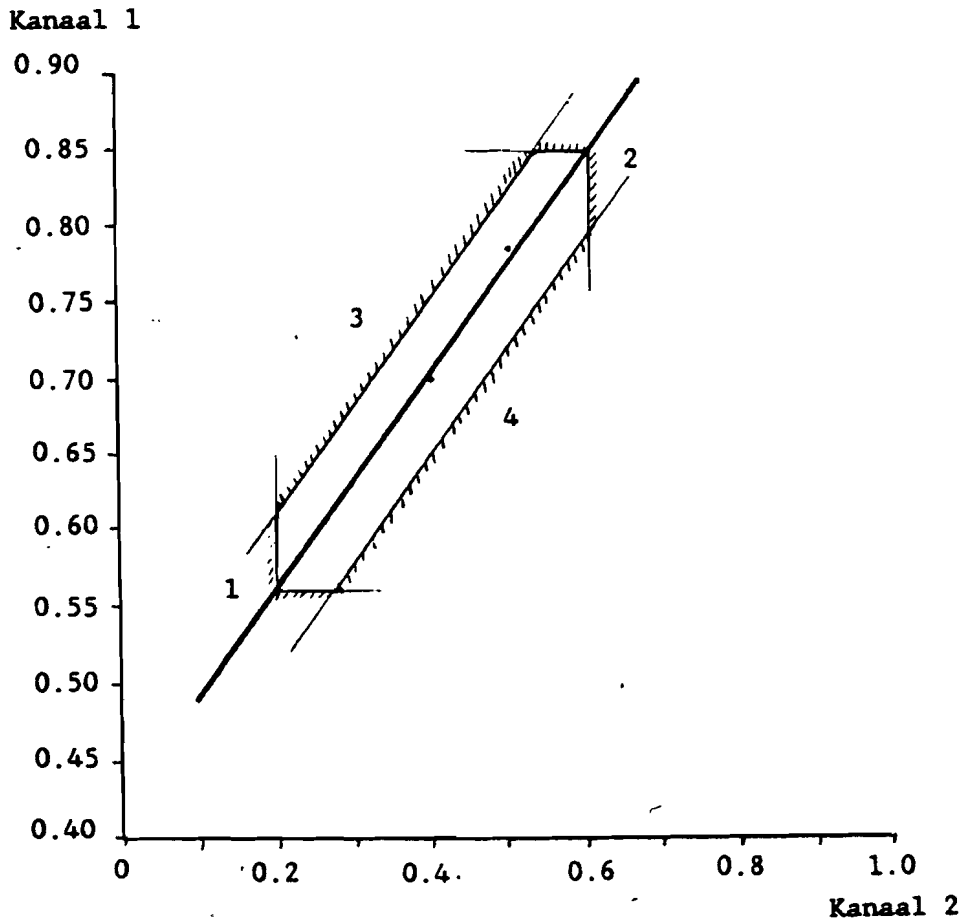
Bij het leggen van lasrupsen met verschillende toortshoogten bleek dat er steeds een vaste combinatie van kanaal 1 (K1) en kanaal 2 (K2) was die een goed lasresultaat opleverde. Ook de lassnelheid en het stekend lassen hadden geen invloed op deze combinatie. Wel kon het vermogen worden teruggenomen bij het slepend lassen.

Bij het lassen van V-naden bleken de bij de lasrupsen gevonden instellingen voor kanaal 1 en 2 ook goed te zijn. Daarom zijn er niet zoveel V-naden gelast.

In figuur 3 is het optimale instellingsgebied weergegeven. Het gebied is aan vier zijden begrensd:

- 1 De keuze van de draaddikte bepaalt het minimale lasvermogen (K1). Te lage instelling levert gevaar voor kortsluiting op.
- 2 Bij erg groot vermogen is het smeltbad zo groot, dat het moeilijk onder controle te houden is.
- 3 Bij groter vermogen wordt de boog langer, en de draaduitsteek korter. Er bestaat het gevaar dat de draad zich vastlast in het contactbuisje.

-4 Bij lager vermogen wordt de boog korter. De draad kan nu tegen het werkstuk komen en er ontstaat kortsluiting.



Figuur 3: Het instellingsgebied voor 1,2 mm draad.

In de bijbehorende handleiding wordt uitgebreid ingegaan op het instellen van de parameters tijdens een lasproces.

#### Hoofdstuk 4: Conclusies.

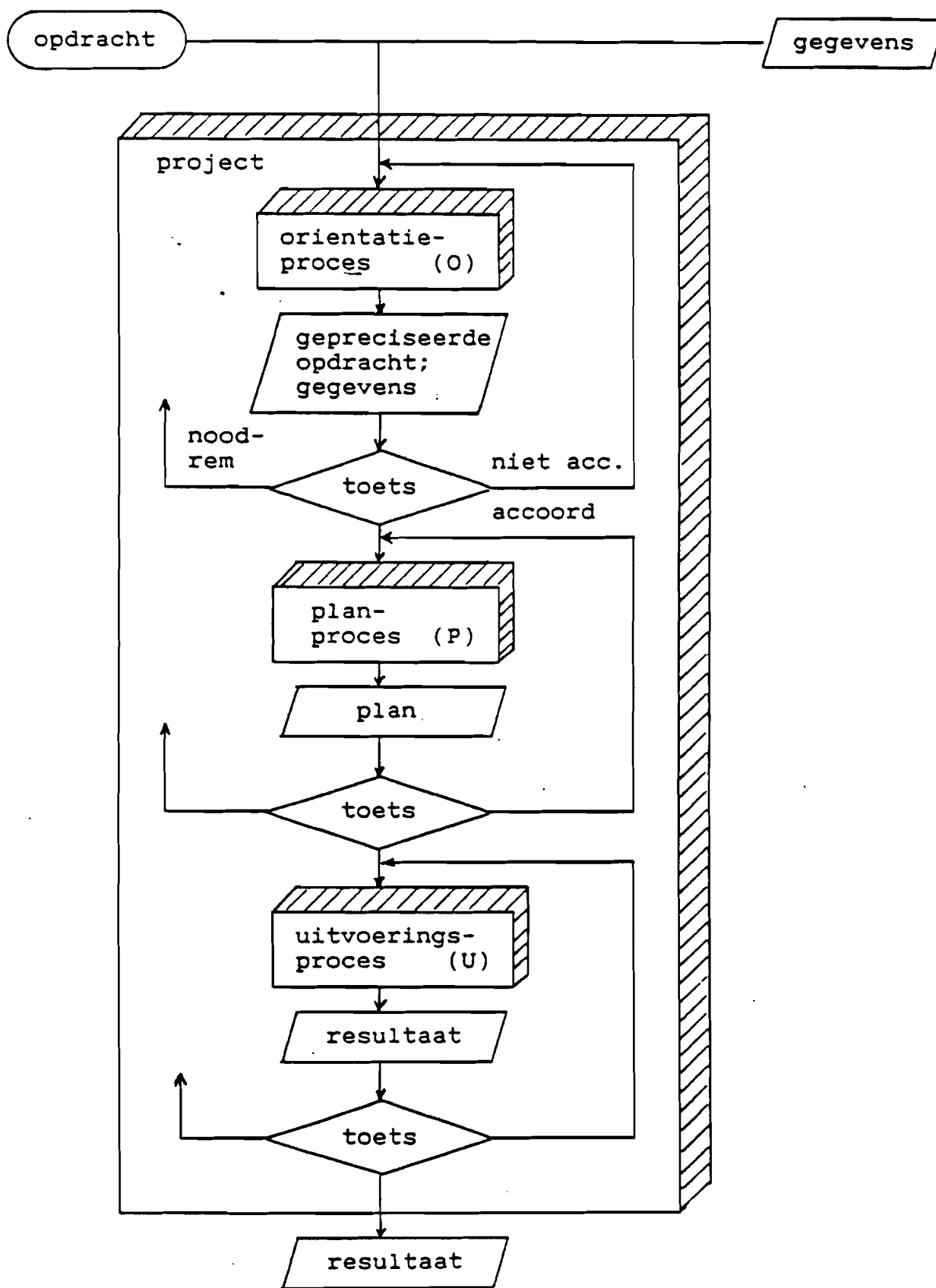
- De lasapparatuur is eenvoudig te bedienen en te programmeren. Alleen het starten van de gasstroom moet via een omweg gebeuren omdat de flowmeter een foutmelding genereert.
- De parameterinstelling is goed reproduceerbaar; K1 en K2 staan steeds ongeveer in dezelfde verhouding. Deze verhouding kan als uitgangspunt worden gebruikt bij een nieuwe las; het optimaliseren kan tijdens het lassen gebeuren.
- Tijdens het lassen kan niet gebruik worden gemaakt van de manipulator als er ook gebruik wordt gemaakt van luswerking (LUW). De robot en manipulator schokken; er kan een NOOD-UIT situatie ontstaan.
- Bij de CI-instructie gaat de toortsoriëntatie verloren als de boog waarover gelast wordt toeneemt. Een boog van 180 graden moet hierdoor in minstens twee stappen verdeeld worden.
- De dikke en dunne plaat zijn niet nauwkeurig te positioneren vanwege maatafwijkingen. De robot kan deze lassen daarom niet nauwkeurig genoeg benaderen tenzij de onderdelen in maatklassen worden ingedeeld, of het programma steeds aangepast wordt.



## Literatuur.

- Kuka handleiding "Schutzgas-Schweißausrüstung PP8/P8".  
Dok 704.05.9 d KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH.
  
- Kuka Handbuch IR 161/15/25.  
Dok 491.06.8 d KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH.
  
- Kuka handleiding "Programmeren van Industrie Robots met RC 20/41".  
Dok 153.08.5 fl KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH.
  
- Kuka cursus "Lassen met KUKA robots".  
KUKA Automatische systemen + Robots.
  
- "Inhoud van de handleiding van de KUKA-robot".  
Onderzoeksopdracht door M.N.W.A. van Raay.  
W.P.A. rapportnummer 0842, november 1989.
  
- "Projectstrategie in de innovatie" door Prof. ir. J.M. van Bragt.  
5 augustus 1987, Technische Universiteit Eindhoven.

Bijlage 1: Algemene projectstrategie.



Technische Universiteit Eindhoven.

Faculteit der Werktuigbouwkunde.

Vakgroep Productietechnologie en Automatisering (WPA).

**FALC-project:**

Handleiding voor de bediening  
en het programmeren van de KUKA  
PP8/P8 lasapparatuur.

door: M.S. Corts.

WPA-rapportnummer: 0948.

Verslag van een onderzoeksopdracht.

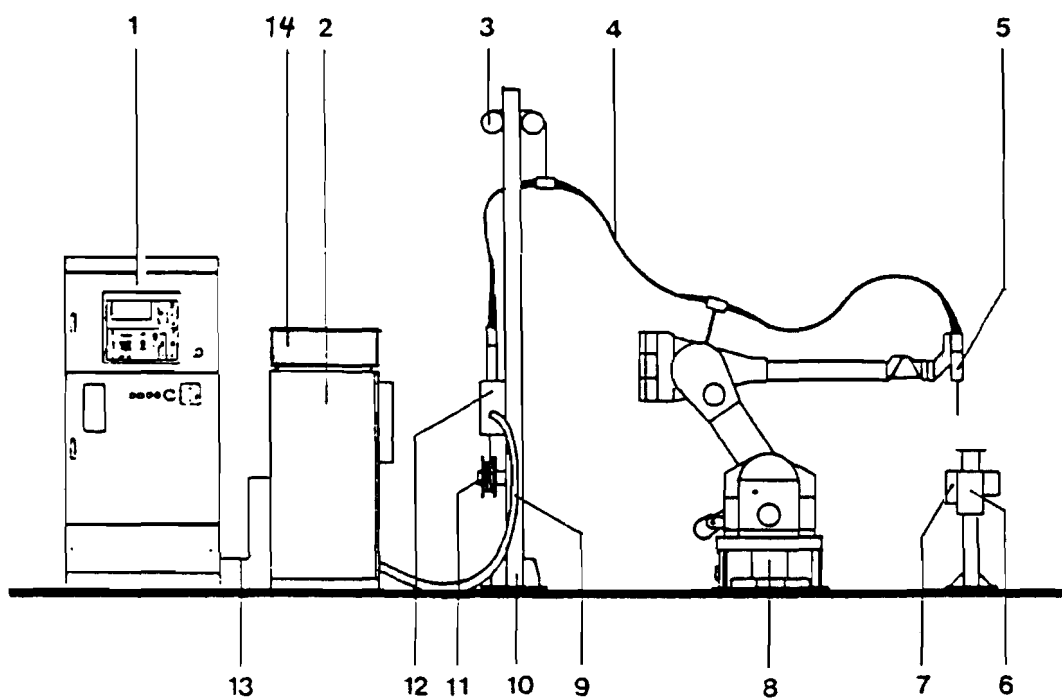
In opdracht van: prof. ir. J.M. van Bragt.

Onder begeleiding van: ing. H.A. Bulten.

Eindhoven, september 1990.

## Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1: Systeemoverzicht.	2
1.1: Algemeen.	2
1.2: Het pullgedeelte (DV2).	2
1.3: Het pushgedeelte (DV1).	4
1.4: De toorts.	5
1.5: De lasbesturing.	5
1.5.1: Het besturingsdeel.	6
1.5.2: Vermogensdeel en koelsysteem.	7
Hoofdstuk 2: Programmeren.	8
2.1: Inleiding.	8
2.2: Het lasprogramma.	9
2.3: De ANU-instructie.	11
2.4: De toortsreiniger.	14
2.5: De parameterbewaking (PCD-SG 500).	15
2.5.1: Programmakeuze.	17
2.5.2: Parameter-grenzen en ist-waarden.	18
2.5.3: Tijd- en machinegegevens.	19
2.5.4: Printermode.	20
2.5.5: Dataverwerking.	21
2.5.6: De printer.	22
2.5.7: Programmeren.	22
2.6: Een uitgebreid voorbeeld.	23
Hoofdstuk 3: Instelling van de lasparameters.	25
3.1: Inleiding.	25
3.2: Vermogensinstelling.	25
3.3: Draadtoevoersnelheid.	25
3.4: Lasparameterinstelling.	26
Literatuur.	27
Bijlagen.	28
Bijlage 1: Lasproeven.	28
Bijlage 2: Lasprogramma's.	31



Figuur 1: Systemoverzicht.

## Hoofdstuk 1: Systeemoverzicht.

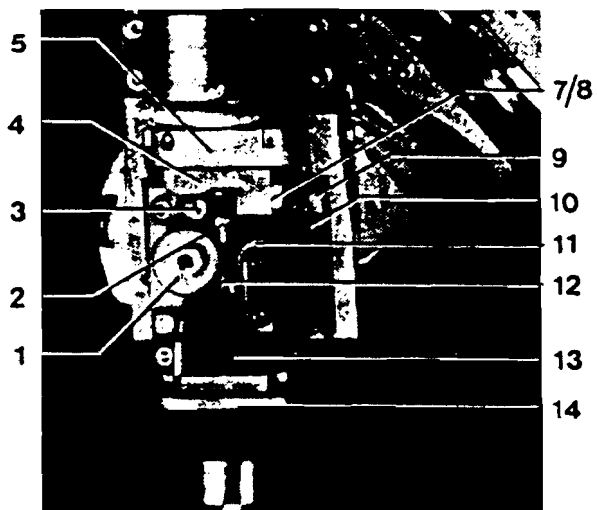
### 1.1: Algemeen.

In dit hoofdstuk zal allereerst een overzicht worden gegeven van de apparatuur waarmee gewerkt gaat worden. De KUKA PP8/P8 lasapparatuur [fig.1.] bestaat uit:

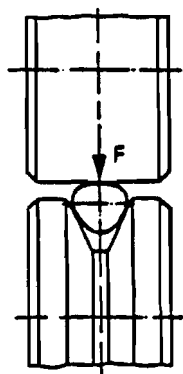
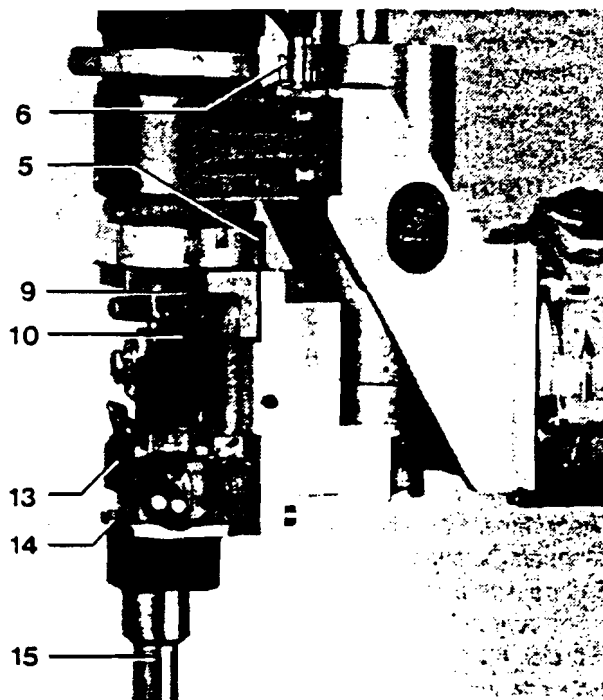
- 1 Robotbesturing (RCM).
- 2 Lasbesturing (SGL; Schweiß-Gleich-Richter).
- 3 Slangpakketophanging.
- 4 Slangenpakket (DV1-DV2).
- 5 Pull-gedeelte (DV2; Draht-Vorschub, bij de robotpols).
- 6 Toortsreiniger (wordt in 2.4 behandeld).
- 7 Verbinding met RCM.
- 8 Robot.
- 9 Slangenpakket (SGL-DV1).
- 10 Ophangpilaar voor draadspoel en DV1.
- 11 Draadspoel.
- 12 Push-gedeelte (DV1).
- 13 Verbindingskabel (RCM-SGL).
- 14 Parameterbewaking (wordt in 2.5 behandeld).

### 1.2: Het pullgedeelte (DV2).

De lasapparatuur is voorzien van een push/pull draadtoevoersysteem. Het pullgedeelte is aan de robotpols bevestigd en trekt de draad, met behulp van twee rollen, door het slangenpakket. De aandrijving is elektronisch geregeld, zodat de draadsnelheid bij push- en pullgedeelte gelijk is.



Figuur 2: Het pullgedeelte.



Druk  
te hoog

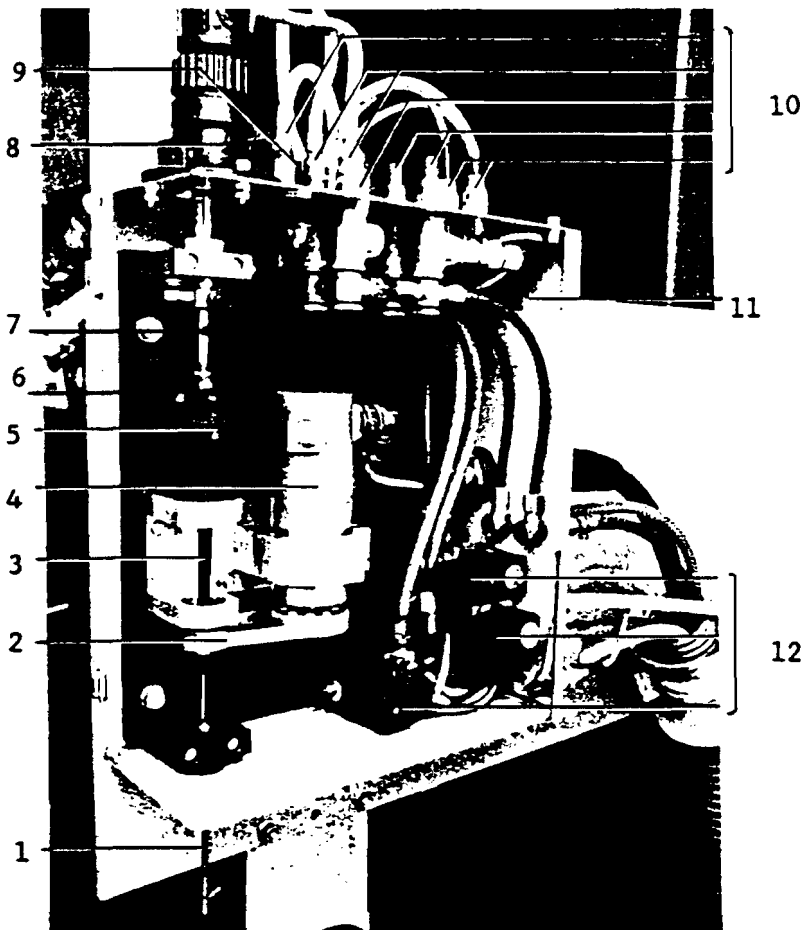
Figuur 3: Draadvervorming door te hoge aandrukkracht.

In figuur 2 is het volgende te zien:

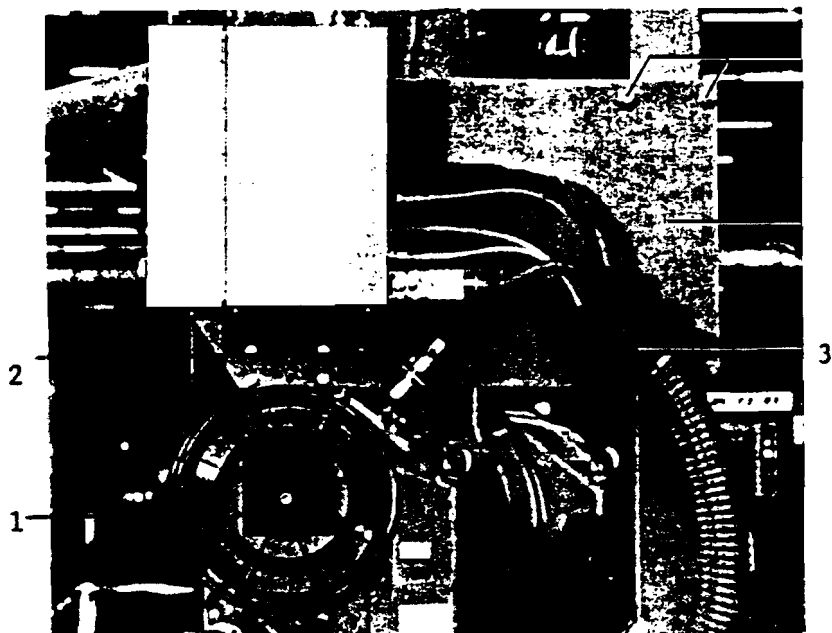
- 1 Aandrijfrol (\*).
- 2 Draadinloophuls (\*).
- 3 Klemhefboom.
- 4 Energieverdeler.
- 5 Schroefdraad.
- 6 Schakelaar; hiermee kan de draad heen en weer bewogen worden door de schakelaar naar links of naar rechts te bewegen. Let op of er geen gestolde druppel meer aan de draad hangt bij het terugbewegen. Als de schakelaar langer wordt vastgehouden zal de snelheid verhoogd worden.
- 7 Moer.
- 8 Schroefdraadhuls.
- 9 Schroef; hiermee wordt de kracht ingesteld waarmee de aandrukrol tegen de draad drukt. Deze moet niet te vast worden aangedraaid anders vervormt de draad, die dan niet meer gelijkmatig door de toorts loopt [fig.3.].
- 10 Beugel; door de veerkracht blijft de aandrukkracht constant. Door schroef 9 geheel los te draaien kan de aandrukrol worden weggekapt. Dit is nodig als er een nieuwe draad wordt doorgevoerd.
- 11 Aandrukrolnaaf.
- 12 Draaduitloophuls (\*) ; bij het invoeren van een nieuwe draad erop letten of deze wel de huls inloopt. Meestal loopt de draad tegen de rand.
- 13 Toortsklem; hiermee wordt de toorts vastgezet.
- 14 Toortswisselsysteem; als klem 13 los is, kan de toorts naar onder getrokken worden en gewisseld worden. Wel moet dan de koelvloeistofpomp uit staan anders loopt de koelvloeistof weg.
- 15 Toorts (\*).

De met een (\*) gemerkte onderdelen zijn afhankelijk van de draaddikte. In de FALC-cel gebruiken we 1,2 mm draad. Als er een andere draaddikte gebruikt gaat worden, dan dienen deze onderdelen vervangen te worden. Raadpleeg hiervoor eventueel de KUKA-handleiding. ("Schweißdrahtdurchmesserabhängige Teile" SAM 18.01 d).





Figuur 4: Het pushgedeelte.



Figuur 5: Aan pilaar bevestigde onderdelen.

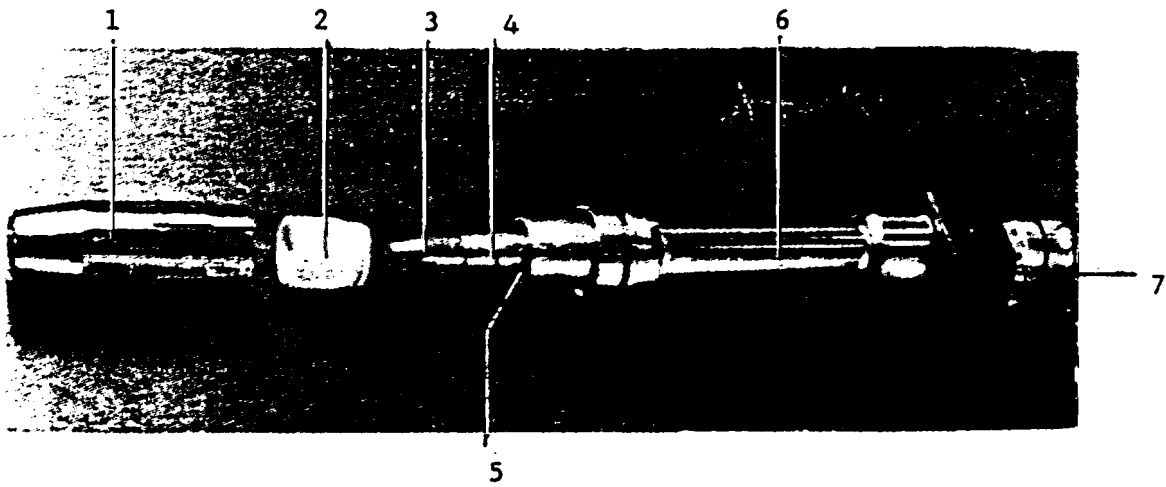
### 1.3: Het pushgedeelte (DV1).

Het pushgedeelte van de draadaandrijving bevindt zich in de oranje kast, die aan de ophangpilaar is bevestigd. Als deze kast [fig.4.] opengemaakt wordt, ziet men het volgende:

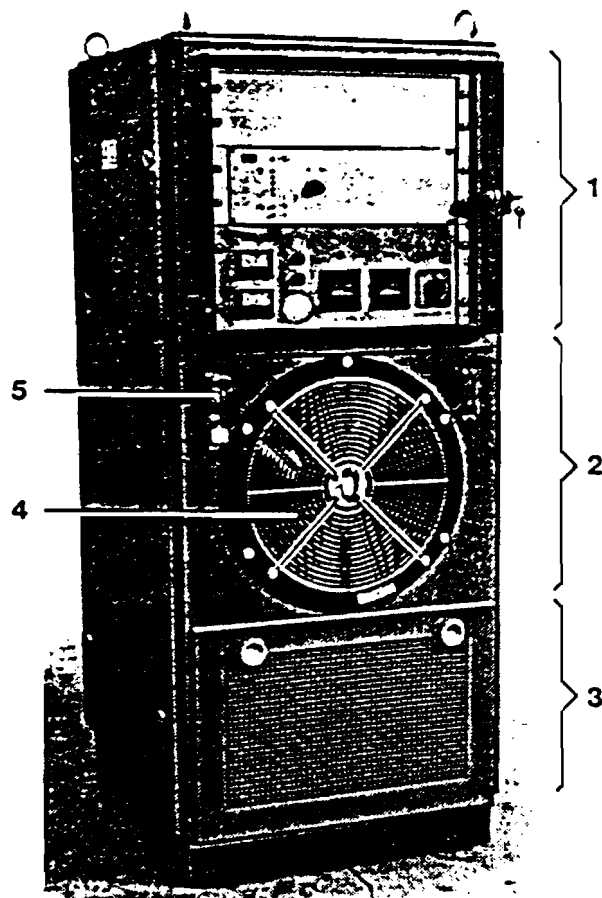
- 1 Draadinloopspiraal.
- 2 Tandriemaandrijving.
- 3 Aandrijfas.
- 4 Motor.
- 5 Planeetwielaandrijving/verdraaibare kap.
- 6 Verdraaibare kap; bij het invoeren van een nieuwe draad kap 5 en 6 ten opzichte van elkaar draaien zodat de planeetwielen uit elkaar gaan. De draad met de hand invoeren tot deze in inloophuls 7 zit. De kappen 5 en 6 weer terugdraaien. Met behulp van schakelaar 9 kan nu de draad door het slangenpakket worden gevoerd.
- 7 Inloophuls.
- 8 Schroefaansluiting voor de lasstroom.
- 9 Schakelaar voor draadtransport.
- 10 Aansluitingen voor beschermgas, perslucht, koelwater, koelwatersensor en electriciteit naar de pullmotor.
- 11 Kast.
- 12 Elektrische kleppen voor beschermgas en perslucht.

Aan de ophangpilaar [fig.5.] is verder bevestigd:

- 1 Draadspoel.
- 2 Draadbewaking; deze controleert of de draad nog niet op is (Rode LED brandt). Als dit wel het geval is (LED is uit) dan wordt de las eventueel nog afgemaakt, maar daarna wordt de programma-uitvoering van de RCM onderbroken. (Voor het afstellen zie KUKA-handleiding "Schweißdrahtüberwachung für Kleinspulen" SAM 12.01 d).
- 3 Slangenpakket (SGL-DV1).



Figuur 6: De toorts.



Figuur 7: De lasbesturing.

#### 1.4: De toorts.

De watergekoelde toorts [fig.6.] bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 Gascup; deze kan er simpel op en af worden geschoven.
  - 2 Bescherming tegen spatten; zit met schroefdraad vast.
  - 3 Contactbuisje (\*) ; hier wordt de stroom op de draad overgedragen.
  - 4 Schroefdraad voor het contactbuisje.
  - 5 Uitstroomopeningen voor het beschermgas.
  - 6 Toorts.
  - 7 Koelvloeistofaansluitingen.
- (\*) betekent dat dit onderdeel afhankelijk is van de draaddikte.

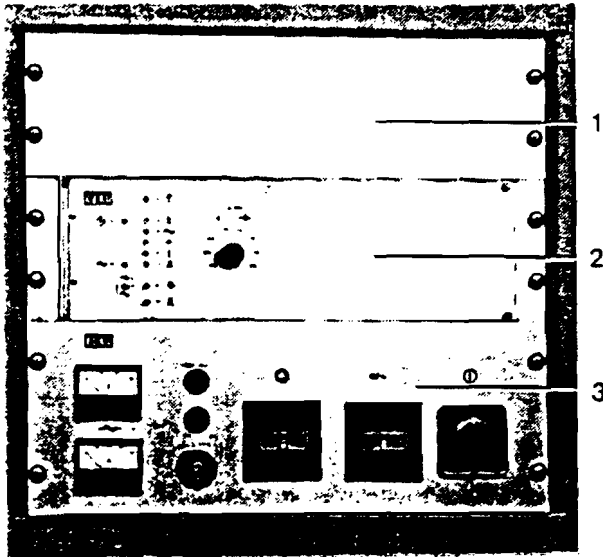
De toorts is voorzien van toortsbeveiliging. Dit houdt in dat bij een aanvaring de NOOD-UIT voorziening ingeschakeld wordt door twee microschakelaars in het pullgedeelte.

Na het lassen dient regelmatig gecontroleerd te worden of er niet al te veel spatten aan de gascup en het contactbuisje zijn blijven hangen. Deze zijn gemakkelijk met behulp van een staalborstel of de toortsreiniger te verwijderen.

#### 1.5: De lasbesturing.

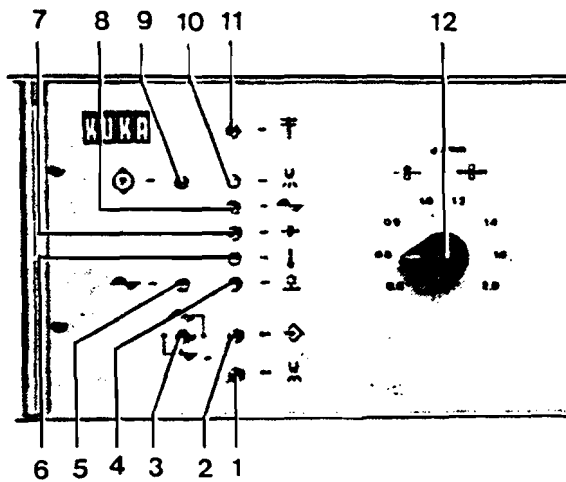
De lasbesturing SGL 301/451 IR wordt bijna volledig bestuurd vanuit de robotbesturing (RCM). Globaal bevat de besturingskast [fig.7.] drie gedeeltes: het besturingsdeel, het vermogensdeel en het koelsysteem.

- 1 Besturingsdeel.
- 2 Vermogensdeel.
- 3 Koelsysteem.
- 4 Koelventilator.
- 5 Flowmeter voor het beschermgas.



Figuur 8: Het besturingsdeel.

Pos.	Symbol
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	



Figuur 9: Het controlepaneel.

### 1.5.1: Het besturingsdeel.

Het besturingsdeel [fig.8.] bestaat ook weer uit drie delen:

- 1 Lichtboogsensor; dit wordt verder niet besproken. (Voor informatie zie "Optionen" SAE 09.01 d in de KUKA-handleiding).
- 2 Controlepaneel.
- 3 Bedieningspaneel.

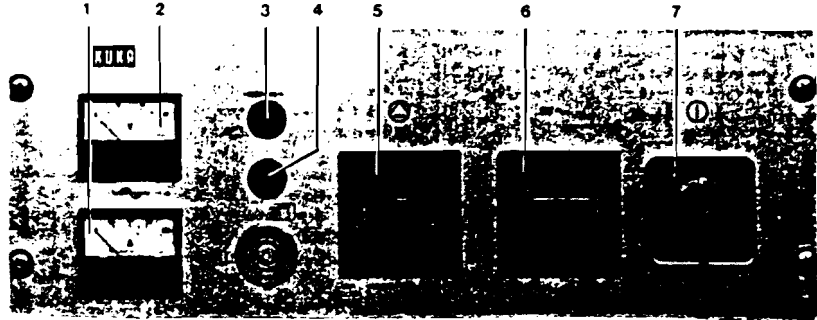
Het controlepaneel [fig.9.] bevat de volgende schakelaars en LED's:

- 1 Schakelaar om de gasstroom te testen of in te stellen.
- 2 Schakelaar voor storingsbevestiging.
- 3 Keuzeschakelaar met of zonder stroom lassen.
- 4 LED voor te weinig koelwater.
- 5 LED bij schakelaar 3.
- 6 LED voor te hoge temperaturen.
- 7 LED van de draadbewaking.
- 8 LED voor een stroomfout.
- 9 LED voor draadaandrijffout.
- 10 LED voor een fout in de gasstroom.
- 11 LED voor "in bedrijf".
- 12 Draaischakelaar voor draaddiktekeuze.

Om de hoeveelheid beschermgas in te stellen wordt de gastest schakelaar (1) gebruikt. Op de flowmeter is dit af te lezen. De gasstroom kan tussen de 10 en 15 liter/minuut worden ingesteld met behulp van het ventiel op de gasfles. Als de gasstroom is ingesteld, moet de inductieve opnemer over het kogeltje worden geschoven zodat er geen foutmelding (10) meer komt.

Bij alle foutmeldingen (LED's 4,6,8,9,10) wordt het lasproces onmiddellijk onderbroken en stopt de robot. Als de storingsoorzaak is verdwenen en schakelaar 2 bediend is, kan er verder gelast worden. Bij draadeindemelding (LED 7) wordt de onderhanden las afgemaakt als de resterende draad toereikend is.

Pos.	Symbol
1	
2	
3	
4	
5	
6	220V/42V ~
7	



Figuur 10: Het bedieningspaneel.

Het bedieningspaneel [fig.10.] bestaat uit de volgende elementen:

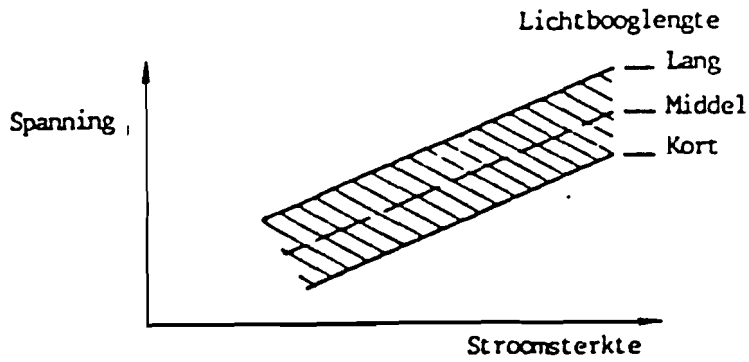
- 1 Lasstroommeter (in Ampère).
- 2 Lasspanningsmeter (in Volt).
- 3/4 Zekeringen.
- 5 Schakelaar voor het koelsysteem.
- 6 Schakelaar voor het besturingsgedeelte.
- 7 Hoofdschakelaar; hiermee wordt de gehele lasbesturing geschakeld.

#### 1.5.2: Vermogensdeel en koelsysteem.

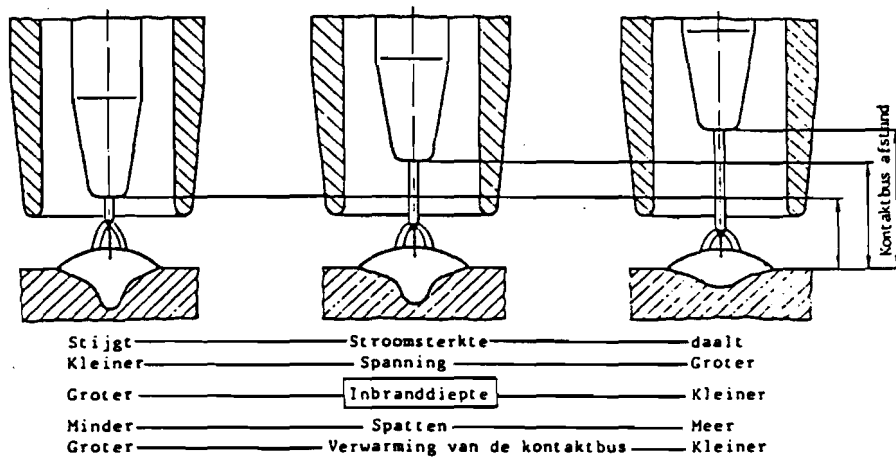
Het vermogensdeel bevat de voedingstransformator voor het lasproces. De voeding wordt gekoeld door middel van de grote ventilator.

Het koelsysteem bevat een pomp, een reservoir, een koeler en een flowmeter. De flowmeter voor het koelwater bevindt zich achter in de uitschuifbare lade van het koelsysteem. Verdere informatie over deze twee delen van de lasbesturing is te vinden in de KUKA-handleiding. ("Leistungsteil" SAE 04.01 d; "Kühlsystem" SAE 05.01 d).

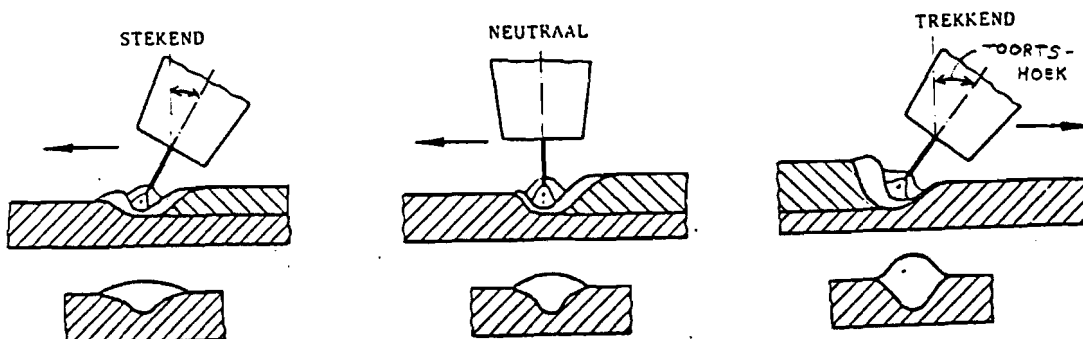




Figuur 11: Invloed van spanning en stroom op de lichtbooglengte.



Figuur 12: Invloed van de toortshoogte op het lasproces.



Figuur 13: Verschillende toortsooriëntaties.

## Hoofdstuk 2: Programmeren.

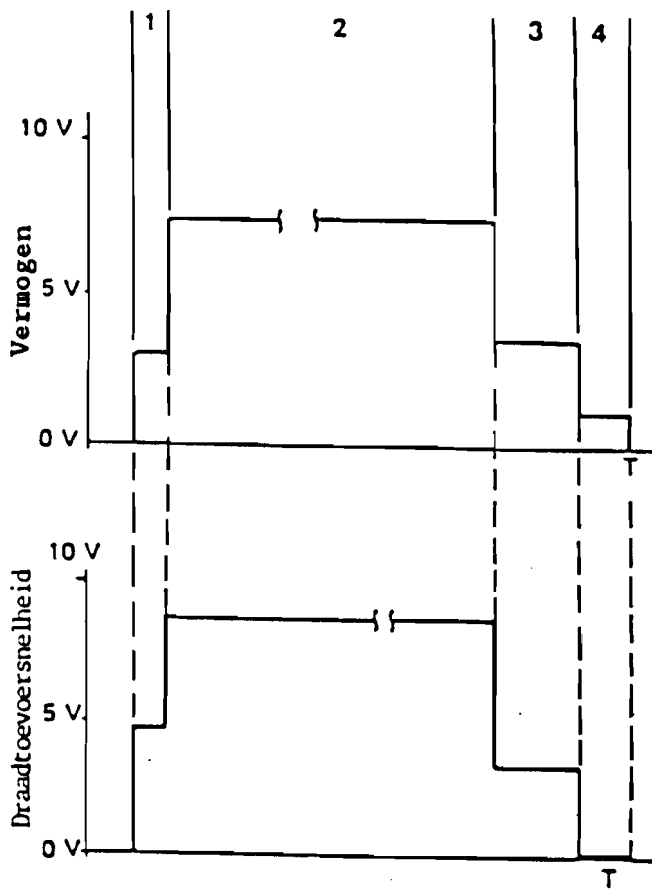
### 2.1: Inleiding.

Bij het elektrisch vlambooglassen ontstaat een lichtboog tussen de afsmeltende electrode en het werkstuk. Om oxidatie te voorkomen wordt een beschermgas toegevoerd. Bij het FALC-project wordt een Argon/CO<sub>2</sub>-mengsel gebruikt.

De lichtboog kan alleen stabiel blijven als spanning, stroom en draadtoevoersnelheid op elkaar zijn afgestemd. De verhouding tussen spanning en stroom [fig.11.] heeft invloed op de lichtbooglengte. Als de spanning wordt verhoogd (of de stroomsterkte verlaagd), dan wordt de lichtboog langer totdat hij afbreekt. Het gevaar bestaat dat de draad zich dan vastlast in het contactbuisje. Het contactbuisje moet dan vervangen worden. Wordt de spanning verlaagd (of de stroomsterkte verhoogd), dan wordt de lichtboog korter totdat de draad het werkstuk raakt en er kortsluiting optreedt. De draad zal nu waarschijnlijk vastzitten aan het werkstuk.

Als de robot last dan maken we gebruik van lineaire (LIN) en circulaire (CI) bewegingsinstructies. De geprogrammeerde bewegingssnelheid mag niet te hoog zijn, en zal tussen 0.2 en 1.0 meter/minuut bedragen. Het contactbuisje dient daarbij op een bepaalde hoogte boven het werkstuk te blijven. Deze hoogte hangt af van de draaddikte. In ons geval (1,2 mm draad) is een hoogte van tussen de 10 en 15 mm goed. De invloed van deze hoogte op het lasproces is te zien in figuur 12.

Afhankelijk van het lasproces kan de oriëntatie van de lastoorts gevarieerd worden [fig.13.]. Bij stekend lassen wordt de inbranddiepte kleiner en de lasnaad vlakker bij toenemende toortshoek. Bij slepend lassen wordt de inbranddiepte groter en de lasnaad boller bij toenemende toortshoek.



Figuur 14: De opbouw van een lasprogramma.

## 2.2: Het lasprogramma.

Om te gaan lassen zal er in de robotbesturing (RCM) een programma aanwezig moeten zijn dat de lasbesturing aanstuurt. In het algemeen bestaat zo'n lasprogramma uit vier delen [fig.14.]:

- 1 Boogtrekken; draadtoevoersnelheid en vermogen zijn laag.
- 2 Het lassen van de gewenste verbinding.
- 3 Eindkratervullen; de toorts staat stil maar er wordt nog steeds draad afgesmolten om de krater te vullen.
- 4 Draadterugbranden om te voorkomen dat de draad aan het werkstuk vast gaat zitten. De draadtoevoersnelheid is nu nul.

Zoals in de inleiding al besproken is, is het lasproces van een aantal variabelen afhankelijk. Dit zijn spanning, stroom, en draadtoevoersnelheid. Verder zijn er nog een groot aantal factoren aan te wijzen die de uiteindelijke laskwaliteit bepalen zoals toortshoogte, lassnelheid, toortsooriëntatie, hoeveelheid beschermgas, enzovoorts.

Om de lasvariabelen naar de lasbesturing te sturen maken we gebruik van de analoge uitgangen van de robotbesturing (RCM). De RCM heeft zes van deze uitgangen ter beschikking die alle een waarde tussen -10 en +10 Volt kunnen aannemen. Voor het lassen zijn vier van deze uitgangen in gebruik. Deze worden gebruikt voor de volgende variabelen:

Kanaal 1: Vermogensinstelling.

Kanaal 2: Draadtoevoersnelheid; 1 Volt levert 2 meter/minuut.

Kanaal 3: Draadterugbrandtijd.

Kanaal 4: Pulsspanning bij pulserend lassen; dit wordt verder niet meer besproken.

We zien dat KUKA de variabelen spanning en stroom in één parameter (kanaal 1) heeft ondergebracht. De lasbesturing (SGL) bepaalt met behulp van de ingestelde draaddikte welke spanning en stroom er bij een gegeven vermogensinstelling ingesteld worden.

Het instellen van de lasbesturing vanuit de robotbesturing gebeurt met de programma-instructie ANU (ANaloge Uitgave). Deze instructie wordt gevolgd door het gekozen kanaal. Bijvoorbeeld ANU K1 om kanaal 1 te kiezen. Het gebruik van deze instructie wordt nog uitgebreid behandeld in 2.3.

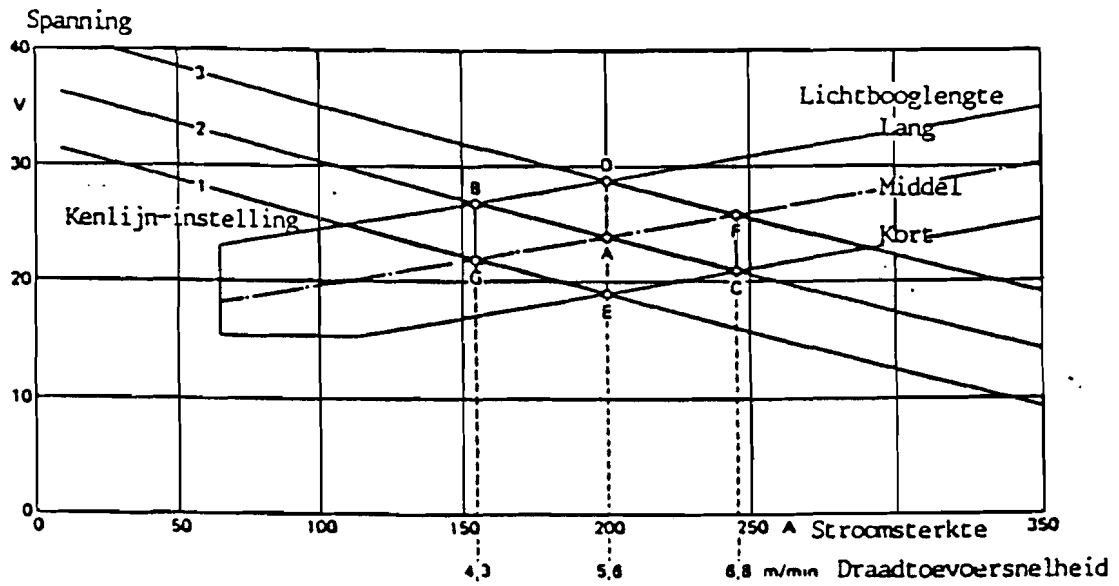
Om het lassen daadwerkelijk te starten wordt gebruik gemaakt van de instructie: GRP 1 SLU. Dit staat voor grijper 1 sluiten. Om het proces weer te stoppen: GRP 1 OPN.

Het is ook mogelijk om een gastest uit te voeren vanuit de robotbesturing. Hiervoor dient GRP 2 SLU/OPN gebruikt te worden. Hieronder is de algemene opbouw van een lasprogramma weergegeven:

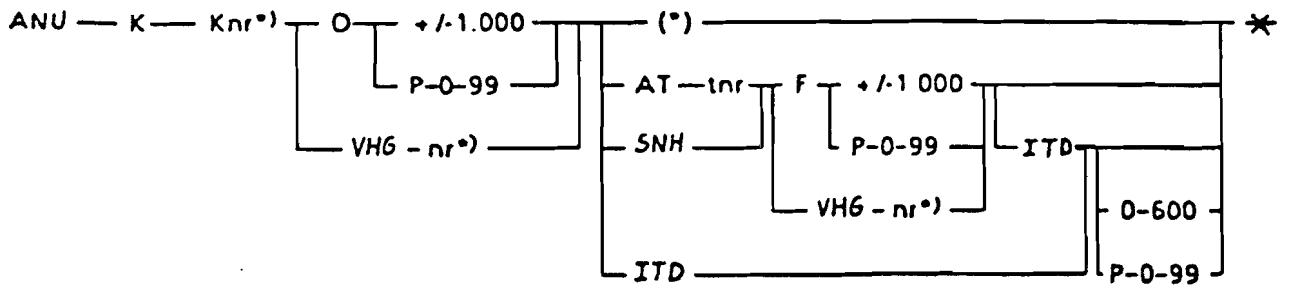
DEF HP 10	Programmadefinitie.
LIN X Y Z A B C	Bewegen naar begin van de lasnaad.
SNH BAN 0.6	Instelling van de lassnelheid.
KOM BOOGTREKKEN	
ANU K1	Vermogensinstelling voor lasstart.
ANU K2	Instelling van draadtoevoersnelheid.
GRP 1 SLU	Lasstartcommando.
WCH I 5 H	Wacht tot de lasstroom loopt.
KOM LASSEN	
ANU K1	Lasvermogeninstelling.
ANU K2	Instelling draadtoevoersnelheid.
LIN X Y Z A B C	Bewegen langs de lasnaad.
KOM EINDKRATERVULLEN	
ANU K1	
ANU K2	
WCH T 10	Wacht 1 seconde tot krater gevuld is.
KOM DRAADTERUGBRANDEN	
ANU K3	Instelling draadterugbrandtijd.
GRP 1 OPN	Commando stoppen met lassen.
ANU K1	Lasvermogen tijdens terugbranden.
WCH I 5 L	Wacht tot lasstroom niet meer loopt.
END HP 10	Programma-einde.

Opmerking:

-Ingang 5 (I 5) is een digitale ingang die 0 of 1 cq. LAAG of HOOG kan zijn. Op deze ingang (van de RCM) meldt de SGL terug of de lasstroom loopt. (I 5 is dan HOOG).



Figuur 15: Invloed van spanning en stroom op de lichtbooglangte.



Figuur 16: Opbouw van de ANU-instructie.

Zoals uit het voorbeeld blijkt, gebruiken we tijdens het lassen maar twee parameters, namelijk vermogen (K1) en draadtoevoersnelheid (K2). De invloed van deze parameters op de booglengte volgt uit figuur 15. Als bij een bepaalde instelling (A) van K1 en K2 het vermogen (K1) verlaagd wordt dan wordt de boog korter (E). Als de draadtoevoersnelheid (K2) wordt verlaagd dan wordt de boog langer (B). Dit is logisch als bedacht wordt dat er een bepaald vermogen nodig is om een bepaald draadvolume te smelten. Als er minder vermogen wordt ingesteld, zal het smelten trager gaan zodat de boog korter wordt. (De draaduitsteek wordt langer).

### 2.3: De ANU-instructie.

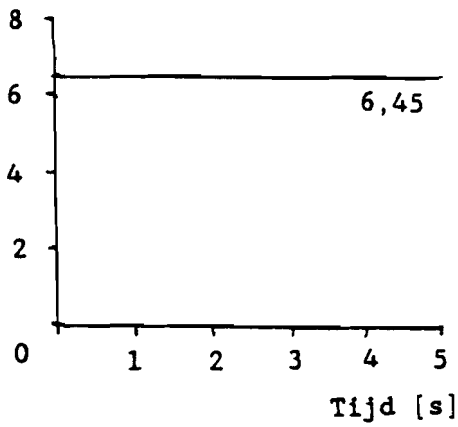
In paragraaf 2.2. zijn de analoge uitgangen van de robotbesturing (RCM) besproken. Nu zal er wat verder ingegaan worden op het aansturen van deze uitgangen vanuit een programma. Hiertoe dient de ANU-instructie. In figuur 16 is de opbouw van de instructie te zien.

Gebruikte afkortingen:

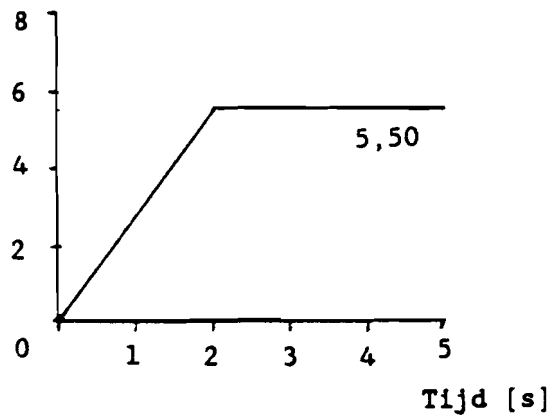
ANU	ANaloog Uitgave.
K	Kanaal.
Knr	Kanaalnummer ( $1 < Knr < 4$ ).
O	Analoge offset relatief t.o.v. max. uitgangswaarde. ( $-1.000 < O < +1.000$ ).
P	Parameter (De waarde-instelling staat in een parameter).
VHG	Sensor variabel geheugen; wordt verder niet besproken.
AT	Analoog Tabel.
tnr	Tabelnummer.
SNH	Snelheid op de baan in betrekking tot de referentiesnelheid.
ITT	Integratietijd in 0.1 seconden ( $0 < ITT < 600$ ).
F	Analoge factor ( $-1.000 < F < +1.000$ ).

Door een offset-waarde van tussen de -1.000 en +1.000 wordt op het betreffende kanaal een spanning van tussen de -10 en +10 Volt gezet. Voor het lassen gebruiken we alleen positieve getallen. Bijvoorbeeld: ANU K1 O+0.645 zet een spanning van 6,45 Volt op kanaal 1.

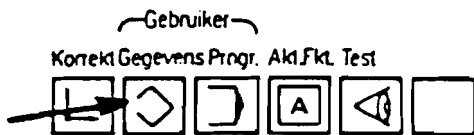
Spanning [V]



Spanning [V]



Figuur 17: Integratietijd nul.      Figuur 18: Integratietijd 2 seconden.



Kanaalnummer	Aktuele uitgangswaarde
ANALOOGKANAAL 3	+0.340
AT1 +0.350	AT2 > -0.901
AT3 +1.000	AT4 +0.000
AT5 +0.000	AT6 +0.000
AT7 +0.000	AT8 +0.500
AT9 -1.000	RS 25.0

Figuur 19: Beïnvloeding van de parameters via de analogtabel.



Dit is de meest directe methode van programmeren. De uitgang wordt onmiddellijk gezet [fig.17.]. Door gebruik te maken van een integratietijd zal de uitgangsspanning geleidelijk de geprogrammeerde waarde bereiken. De integratietijd is altijd nul als deze niet geprogrammeerd wordt. Bijvoorbeeld: ANU K1 0+0.550 ITT 20: in 2 seconden van 0 naar 5,50 Volt [fig.18.].

Met behulp van de SNH-optie kan de uitgangsspanning van een analoge uitgang afhankelijk worden gemaakt van de geprogrammeerde bewegingssnelheid van de robot. Dit is handig als er bijvoorbeeld met een lijmpistool wordt gewerkt. Deze optie wordt verder niet besproken. Meer informatie is te vinden in de cursus "Lassen met KUKA robots".

Het is mogelijk om tijdens het lassen de lasparameters te wijzigen. Dit gebeurt door gebruik te maken van de AT-optie (Analoog Tabel). Per kanaal is één tabel beschikbaar met daarin negen te gebruiken variëerbare waarden. Met deze negen waarden kunnen van negen verschillende lassen in een programma de lasparameters worden geoptimaliseerd.

Het variëren van de lasparameters gebeurt door middel van de override-toetsen (of overloop-toetsen). Men dient de volgende handelingen uit te voeren [fig.19.]:

- Druk op de [gegevens]-toets.
- Gebruik de cursor up en down toetsen om de gewenste tabel te vinden.
- Gebruik de cursor left en right toetsen om het lasnummer te kiezen.  
De > geeft aan van welk lasnummer (1-9) de parameter veranderd wordt.
- Met de override-toetsen kan de waarde gewijzigd worden.

De stapgrootte van de wijzigingen hangt af van de geprogrammeerde analoge factor F. Ook zal de stapgrootte toenemen als de override-toets langer wordt ingehouden! De actuele uitgangsspanning volgt de volgende wetmatigheid:

$$\text{Spanning} = ( 0 + AT * F ) * f(\text{ITT}) * 10 \text{ Volt.}$$

De tabelwaarde wordt vermenigvuldigd met de analoge factor F en daarna opgeteld bij de offset-waarde (0). f(ITT) heeft betrekking op de integratietijd.

Voorbeeld: ANU K1 0+0.645 AT1 F+0.500 de vermogensinstelling (K1) van lasnummer 1 kan worden beïnvloed met 0.5 maal tabelwaarde 1.

ANU K2 0+0.350 AT5 F+1.000 de draadtoevoersnelheid (K2) van lasnummer 5 kan worden beïnvloed met 1 maal tabelwaarde 5.

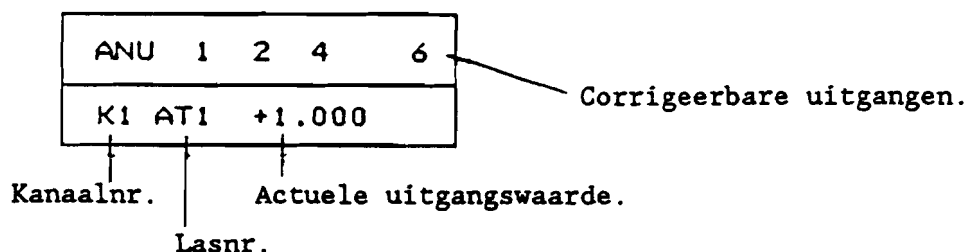
Het bijstellen van de lasparameters kan ook via de afstandsbediening (AFS) gebeuren. Dit gaat als volgt:

-Toets in [D] [2] [ingave] (op de AFS).

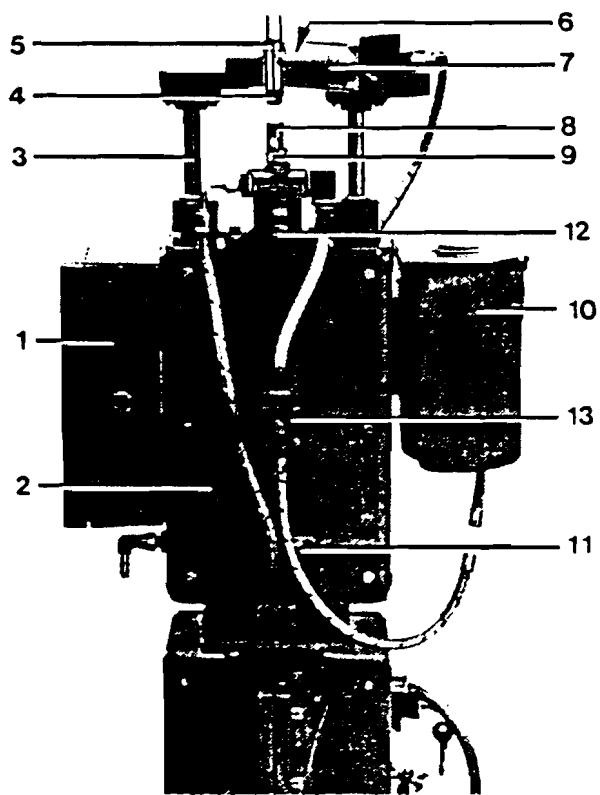
De override-toetsen beïnvloeden nu de analoge uitgangen.

Om de normale situatie terug te krijgen intoetsen: [D] [1] [ingave].

-Op de afstandsbediening (AFS) verschijnt nu:



-Met behulp van de [No+] en [No-] toetsen of de toetsen [1]-[4] [ingave] kan de gewenste uitgang worden gekozen.



Figuur 20: De toortsreiniger.

#### 2.4: De toortsreiniger.

Omdat bij het lasproces veel spatten vrijkomen, is het nodig om af en toe de toorts te reinigen. Dit kan geheel automatisch gebeuren met behulp van de toortsreiniger [fig.20.]:

- 1 Aansluitkast; verbonden met de RCM.
- 2 Huis.
- 3 Geleiding.
- 4 Gascup.
- 5 Toorts.
- 6 Kleminrichting.
- 7 Luchtcilinder.
- 8 Roterend mes.
- 9 Sproeier.
- 10 Tankje voor sproeimiddel.
- 11 Luchtventiel.
- 12 Doseerschroef om de hoeveelheid sproeimiddel in te stellen.
- 13 Ventiel voor sproeimiddel.

De toortsreiniger kan vanuit de robotbesturing (RCM) worden aangestuurd. De werking kan getest worden door op de drie knopjes op het apparaat te drukken. De drie knopjes zijn voor het mes, de sproeier en de kleminrichting. Deze drie functies zijn via digitale uitgangen van de RCM te besturen. Te weten:

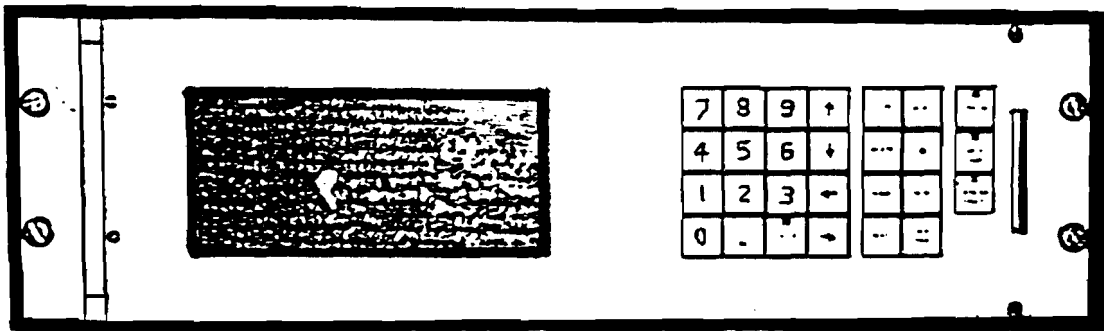
Uitgang 43 (U 43) Motor van het mes aan/uit.

Uitgang 44 (U 44) Kleminrichting.

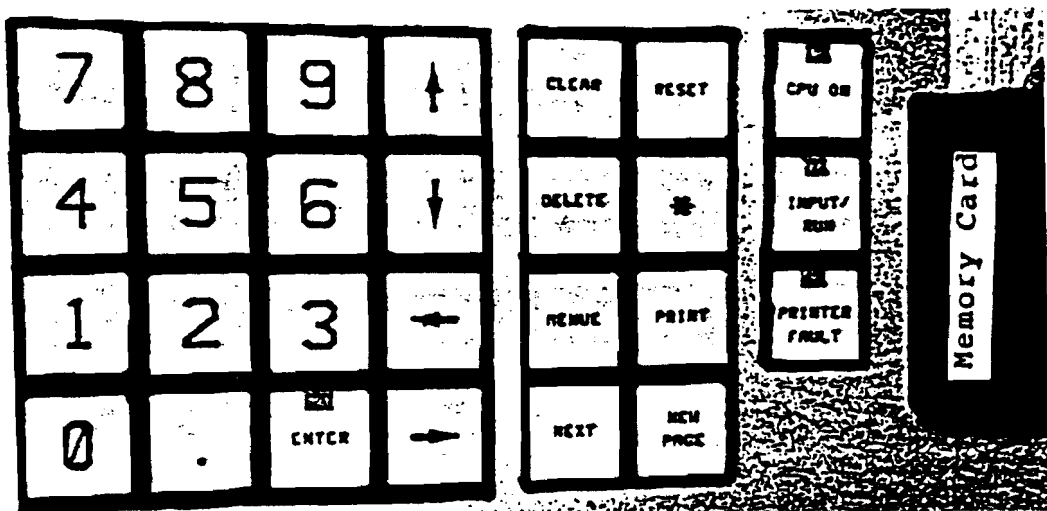
Uitgang 45 (U 45) Sproeier aan/uit.

Uitgang 39 (U 39) Blaast perslucht door de toorts.

Deze uitgangen kunnen met behulp van de zet (Z) en de terugzet (TZ) instructie respectievelijk hoog en laag worden gemaakt. Om ervoor te zorgen dat alle spatten de toorts verlaten, wordt er tijdens het reinigen perslucht door de toorts geblazen door uitgang 39 te zetten.



Figuur 21: De parameterbewaking (PCD-SG 500).



Figuur 22: Het bedieningspaneel van de parameterbewaking.

Een toortsreinigingsprogramma ziet er als volgt uit:

DEF OP 1 HP 10	Definiëer OP 1 van HP 10.
SNH BAN 0.5	Lage snelheid kiezen.
LIN X Y Z A B C	Toorts beweegt in de klem.
Z U 44	Klem dicht.
Z U 43	Mes gaat draaien.
Z U 39	Perslucht door toorts aanzetten.
SNH BAN 0.3	
LIN X Y Z A B C	Beweeg toorts omlaag over het mes.
LIN X Y Z A B C	Beweeg weer terug omhoog.
TZ U 44	Klem weer open.
TZ U 43	Mes stopzetten.
TZ U 39	Perslucht af.
SNH BAN 0.5	
LIN X Y Z A B C	Beweeg toorts boven sproeier.
Z U 45	Zet sproeier aan.
WCH T 7	Wacht 0.7 seconden.
TZ U 45	Zet sproeier af.
END OP 1 HP 10	Einde van het onderprogramma.

De toortsreiniger is voorzien van rubber blokken zodat enige afwijkingen in de positionering van de toorts worden opgevangen. Wel moet ervoor gezorgd worden dat de toortsreiniger vaststaat ten opzichte van de robot.

## 2.5: De parameterbewaking (PCD-SG 500).

Met behulp van parameterbewaking (PCD-SG 500) is het mogelijk om tijdens het lassen allerlei data te meten, te berekenen, op te slaan en eventueel naar een printer te sturen [fig.21.].

Het bedieningspaneel is te zien in figuur 22 en bevat de volgende functies:

- Cijfertoetsen en decimaalpunt.
- Cursortoetsen; in de inputmode kan de cursor naar iedere positie gestuurd worden om data in te geven.
- [clear] maakt een ingave-veld leeg, de LED bij [enter] gaat branden.
- [enter] een waarde wordt ingegeven, de LED gaat uit.
- [menue]; het menu bestaat uit vijf pagina's; door eerst op [menue] en daarna een cijfer (1-5) te typen verschijnt de gewenste pagina.
- [next]; hiermee kan door het menu vooruit gebladerd worden.

- [delete]:-in input-mode kan een foute ingave gewist worden.  
-in run-mode kan door het menu worden teruggebladerd.
- [reset] zet alles weer in de beginstand.
- [\*] hiermee kunnen de op menu-pagina 2weergegeven spanning en stroom worden omgeschakeld van meettijd min onderdrukkingstijd naar totale meettijd.
- [print] geeft de data door naar de printer.
- [new page] start het printen op een nieuwe pagina.
- [cpu on] geeft aan dat het apparaat actief is.
- [input/run] schakelt om naar input-mode; de LED brandt. Het programma in het systeem kan nu geen data verwerken. In run-mode kan er geen data veranderd worden.
- [printer fault] geeft een printerstoring aan.
- [memory card]; hier kunnen gegevens op worden opgeslagen.

Na het aanzetten van de parameterbewaking verschijnt er in grote letters KUKA in beeld. Na circa tien seconden wordt automatisch menu-pagina 2 weergegeven. Door op [menue] te drukken verschijnt het volgende hoofdmenu:

MENU:	
1 -	PROGRAMMAKEUZE
2 -	PARAMETER-GRENZEN EN -ISTWAARDEN
3 -	TIJD- EN MACHINEGEGEVENS
4 -	PRINTERMODE
5 -	DATAVERWERKING
EPROMDATA:	PCD525
VERSIE:	27-SEP-1989

De vijf menu-pagina's worden nu afzonderlijk besproken.

### 2.5.1: Programmakeuze.

Op menu-pagina 1 verschijnt het volgende beeld:

1 - PROGRAMMAKEUZE	
PROGRAMMA-NUMMER	:
ONDERDRUKKINGSTIJD t0 s	:
MEETTIJD tM s	:
NAADLENGTE SN mm	:
Bd.TYPE-NUMMER	:
Bd.TYPE-BENAMING	:
Bd.TYPE-STUKAANTAL	:
DOKUMENTATIE	(0-1):

- Programmnummer: bij elke lasnaad kan een ander nummer gekozen worden. in totaal zijn 255 nummers beschikbaar. Het is mogelijk deze nummers via de RCM te kiezen. Dit gebeurt met PUI (Periferie Uitgave Instructie). Zie 2.5.7.
- Onderdrukkingstijd (t0): de metingen die in deze tijd worden gedaan, worden niet in de berekeningen meegenomen. Dit wordt gebruikt om de lasstarttijd te onderdrukken.
- Meettijd (tM): de tijd waarin, gedurende het lassen, de parameters gemeten worden.
- Naadlengte: de lasnaadlengte moet opgegeven worden om de lasenergie op menu-pagina 2 te kunnen berekenen.
- Bd.type-nummer, Bd.type-benaming, Bt.type-stukaantal: hiermee kunnen de te lassen delen van elkaar onderscheiden worden. De teller voor stukaantal kan via de ingang "teller verhogen" met één verhoogt worden. (zie KUKA-handleiding "Optionen" SAE 09.01 d).
- Dokumentatie (0-1): Bepaalt voor welke lassen de parameters wel worden uitgeprint (1) en welke niet (0).



## 2.5.2: Parameter-grenzen en -istwaarden.

Op menu-pagina 2 is het volgende beeld te zien:

2 - PARAMETER-GRENZEN EN ISTWAARDEN				
PROG.-NR. :				
Bd.TYPE-NR.:		MIN	IST	MAX
LAS-STROOM	A			
LAS-SPANNING	V			
LAS-TIJD	s			
LAS-ENERGIE	J/mm			
DRAADSNELHEID	m/min			
MOTORSTROOM 1	A			
MOTORSTROOM 2	A			

Op deze pagina zijn de gemeten en berekende waarden van de lasparameters te zien van een lasproces.

- Las-stroom De weergegeven waarden zijn gemiddelden over
- Las-spanning de meetijd min de onderdrukkingstijd.
- Las-stroom M Als de M erachter staat dan is de meting
- Las-spanning M over de totale meetijd berekend.  
Dit is omschakelbaar met de [\*] toets.
- Las-tijd Dit is de tijd gemeten zolang het signaal  
"meten aan" hoog is.
- Las-energie Deze wordt berekend uit de lasstroom,  
lasspanning, lastijd en lasnaadlengte.
- Draadsnelheid Geeft de gemiddelde draadsnelheid aan.
- Motorstroom 1/Motorstroom 2 geeft de stromen door de push/pull  
motoren weer.

Opmerking: Als de minimum lasstroom ingesteld wordt op nul, dan wordt deze niet meegenomen bij de berekening van het gemiddelde. De ist-waarde staat dan ook op nul na de berekening.

### 2.5.3: Tijd- en machinegegevens.

Bij het oproepen van menu-pagina 3 is het volgende te zien:

3 - TIJD- EN MACHINEGEGEVENS	
DATUM:	
TIJD :	
MACHINE-NUMMER:	
OMREKENFACTOR	IS: 0.40
	vD: 0.14
	IM1: 0.10
	IM2: 0.10

- Datum/tijd De parameterbewaking heeft een ingebouwde klok.
- Maschinennummer Hier kan een getal van acht cijfers worden ingegeven dat een machine kenmerkt. Dit in verband met kwaliteitsbewaking.
- Omrekenfactor:
  - IS: deze waarde is nodig om het juiste ampèrage te meten.  $IS = \frac{150}{1000} * \frac{I_n}{U_n}$  . IS = 0.40.
  - vD: deze waarde is nodig om de juiste draadsnelheid te berekenen. Bij dit systeem is VD = 0.14.
  - IM1/IM2: is nodig om de motorstromen te berekenen.  $IM = \frac{150}{100} * \frac{I_n}{U_n}$  . IM = 0.10.

Om de spanning te berekenen is geen factor nodig omdat op deze ingang maximaal 200 Volt gezet mag worden. Bij het lassen komt maximaal 40 Volt op deze ingang.

#### 2.5.4: Printermode.

Het volgende wordt zichtbaar als menu-pagina 4 gekozen wordt:

4 - PRINTERMODE
0 - ZONDER PRINTER
1 - PRINTEN MANUEEL
2 - PRINTEN KONTINU (ALLES)
3 - PRINTEN KONTINU (KEUZE)
4 - PRINTEN NA FOUTLAS
KEUZE:

Er kan gekozen worden uit de volgende vijf opties:

- 0-Zonder printer            De lasparameters kunnen niet worden geprint; printerstoringen worden genegeerd.
- 1-Printen manueel        Om parameters te printen moet de [print] toets ingedrukt worden.
- 2-Printen continu (alles): Na iedere las worden automatisch alle parameters geprint.
- 3-Printen continu (keuze): De parameters worden alleen geprint als bij "Dokumentatie" (menu-pagina 1) de optie 1 is gekozen.
- 4-Printen na foutlas     Er wordt geprint als er een lasfout is opgetreden. Op het papier wordt een \* geprint ter herkenning van de foutlas.

### 2.5.5: Dataverwerking.

Hieronder is menu-pagina 5 te zien:

<p>5 - DATAVERWERKING</p> <p>1 - DATA NAAR RAM SCHRIJVEN</p> <p>2 - DATA VANUIT RAM LADEN</p> <p>3 - DATAPRINT NAAR PROGRAMMA-NUMMER</p> <p>4 - DATAPRINT NAAR Bd.TYPE-NUMMER</p> <p>5 - DATA KOPIEREN</p> <p>6 - INGAVE ONDERBREKING (NEEN)</p> <p>KEUZE:</p>
--

De zes opties die bij "Keuze" ingetypt kunnen worden zijn:

- 1-Data naar RAM schrijven: de ingegeven gegevens van lasprogramma's kunnen zo op de "memory card" geschreven worden. Iedere RAM kaart kan herkend worden. (Voor verdere informatie zie "Optionen" in de KUKA-handleiding).
- 2-Data vanuit RAM laden: nu worden gegevens ingelezen.
- 3/4-Dataprint naar Programmanummer/Bd.Type-nummer: hiermee kunnen alle ingegeven gegevens uitgeprint worden, geordend naar programmanummer of type-nummer.
- 5-Data kopiëren: gegevens van een lasprogramma kunnen naar een ander lasprogramma gecopiëerd worden als de lassen identiek zijn.
- 6-Ingave onderbreking: de RAM-kaart kan de functie van sleutelschakelaar krijgen. Veranderingen in de data zijn alleen mogelijk als de RAM-kaart erin zit.

IKUKA - MIG - MAG - PCD - SYSTEMO

DATUM: MACHINE-NR. IS: 0.40 vD: 0.14 IM1: 0.10 IM2: 0.10

BD.TYPE- BEN.	BD.TYPE- STUKAANTAL	PROG.- NUMMER	TIJD	PAR	IS A	US V	tS s	ES J/mm	vD m/min	IM1 A	IM2 A	tA s	tM s	ISM A	USM V
------------------	------------------------	------------------	------	-----	---------	---------	---------	------------	-------------	----------	----------	---------	---------	----------	----------

Figuur 23: Uitdraai van de lasparameters.

### 2.5.6: De printer.

De printer is aangesloten via een RS 232 interface. Een uitdraai van de lasparameters is in figuur 23 te zien.

De afkortingen betekenen het volgende:

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| -BD.TYPE-BEN.: Onderdeeltype. | -IM1: Motorstroom 1.(Push-motor).   |
| -PAR: Parameter.              | -IM2: Motorstroom 2.(Pull-motor).   |
| -IS: Lasstroom.               | -tA: Onderdrukkingstijd t0.         |
| -US: Lasspanning.             | -tM: Meettijd.                      |
| -tS: Lastijd.                 | -ISM: Lasstroom over de meettijd.   |
| -ES: Lasenergie.              | -USM: Lasspanning over de meettijd. |
| -vD: Draadtoevoersnelheid.    |                                     |

Als er bij een parameter een \* staat afgedrukt dan wil dit zeggen dat er een lasfout is opgetreden.

Een [printer fault] ontstaat als:

- De printer niet aan staat.
- De printer niet "on-line" staat.
- De verbinding niet goed is.
- Er geen papier in de printer zit.

### 2.5.7: Het programmeren.

De parameterbewaking moet vanuit een lasprogramma in de robotbesturing worden aangestuurd. Dit gaat als volgt:

- Eerst wordt met PUI (Periferie Uitgave Instructie) bepaald welk programmanummer (1-255) gekozen wordt in de parameterbewaking. We doen dit door het Parameter Woord (PW) uit te geven. Dus PUI PW 12 kiest programmanummer 12.
- Vlak voor het commando GRP 1 SLU (lasstart) wordt het signaal "meten aan" gezet door uitgang 3 (U 3) hoog te maken (Z U 3).
- Vlak voor het eindkratervullen moet het signaal "meten aan" weer laag worden gemaakt (TZ U 3).

In 2.6 wordt dit nog in het voorbeeld besproken.

2.6: Een uitgebreid voorbeeld.

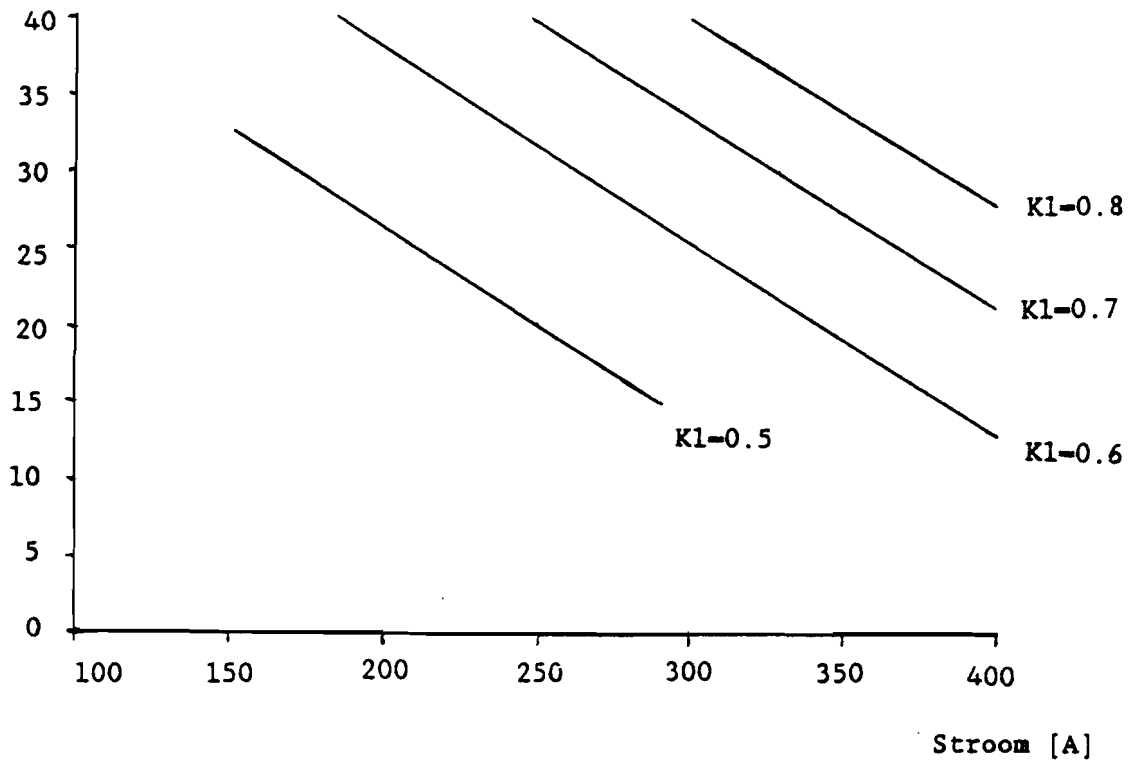
DEF HP10	Definiëer hoofdprogramma 10.
KOM LASNAAD M.S. CORTS	Altijd wat voor programma het is enz.
GRP 1 OPN	Voor de zekerheid de grijpers open
GRP 2 OPN	zetten.
NPK 0 ABS	
SNH BAN 2.000	Snelheden laag zetten.
SNH ALL 10	
WTK 0	Eerst met werktuig nul naar referentie-
PTP X Y Z A B C	punt bewegen.
WTK 7 D+170.0 L+325.0 H-46.000	Definitie van de lastoorts.
PTP X Y Z A B C	Zelfde referentiepunt nogmaals aanvaren.
HLT OW	Voor de zekerheid zijn een aantal halts
PTP X Y Z A B C	ingebouwd.
LIN X Y Z A B C	Beweeg naar lasnaadbegin.
KOM ONTSTEKING	
PUI PW 1	Kies programmanummer 1 van de parameter-
HLT OW	bewaking.
ANU K1 0+0.300 ITT 0	Instelling ontstekingsvermogen.
ANU K2 0+0.200 ITT 0	Instelling draadtoevoersnelheid.
GRP 2 SLU	Voer een gastest uit.
WCH T15	Wacht 1,5 seconden.
Z U11	Reset de lasapparatuur (storingsreset).
GRP 2 OPN	Stop de gasstroom.
Z U3	Maak signaal "meten aan" hoog.
GRP 1 SLU	Lasstart.
WCH I5 H	Wacht tot de lasstroom loopt.
TZ U11	Storingsresetsignaal wegnemen.
KOM LASSEN	
ANU K1 0+0.695 ITT 0	Vermogen tijdens lassen.
ANU K2 0+0.400 ITT 0	Draadtoevoersnelheid op 8 meter/ minuut.
SNH BAN 0.500	Lage snelheid om las te leggen.
LIN X Y Z A B C	Beweeg langs lasnaad.
TZ U3	"meten aan" signaal laag maken.
KOM KRATERVULLEN	
ANU K1 0+0.400 ITT 0	Lager vermogen om krater te vullen.
ANU K2 0+0.350 ITT 0	Idem voor draadsnelheid.
WCH T13	Wachttijd om krater te vullen.
KOM DRAADTERUGBRANDEN	
ANU K3 0+0.200 ITT 0	Draadterugbrandtijd 0,2 seconden.
GRP 1 OPN	Stop lassen.
ANU K1 0+0.100 ITT 0	Laag vermogen tijdens terugbranden.
WCH I5 L	Wacht tot lasstroom gestopt is.
HLT OW	Kijk of draad niet vastzit aan werkstuk.
SNH BAN 2.000	Hogere snelheid.
LIN X Y Z A B C	Beweeg weg van lasnaad.
PTP X Y Z A B C	Ga terug naar referentiepunt.
HLT OW	Voorkomt dat programma opnieuw afloopt.
END HP10	Einde van het hoofdprogramma.

Nog even iets over het ontsteken. Omdat het kogeltje van de flowmeter voor de gasstroom door de inductieve opnemer heenschiet als de magneetklep opengaat, geeft de lasbesturing meteen een foutmelding. Deze kan bevestigd worden vanuit de robotbesturing zodat er toch nog volledig automatisch gelast kan worden. Dit gaat als volgt:

- Start de gasstroom met een gastest (GRP 2 SLU).
- Het kogeltje schiet omhoog; er komt een foutmelding.
- Wacht 1,5 à 2,5 seconden tot het kogeltje gestabiliseerd is.
- Reset de lasbesturing door uitgang 11 (U 11) hoog te maken,.
- Stop de gastest (GRP 2 OPN) maar start meteen weer met lasstart (GRP 1 SLU); dit gaat snel genoeg, zodat het kogeltje nauwelijks zakt.
- Maak uitgang 11 weer laag zodat toekomstige foutmeldingen niet worden genegeerd (TZ U 11).

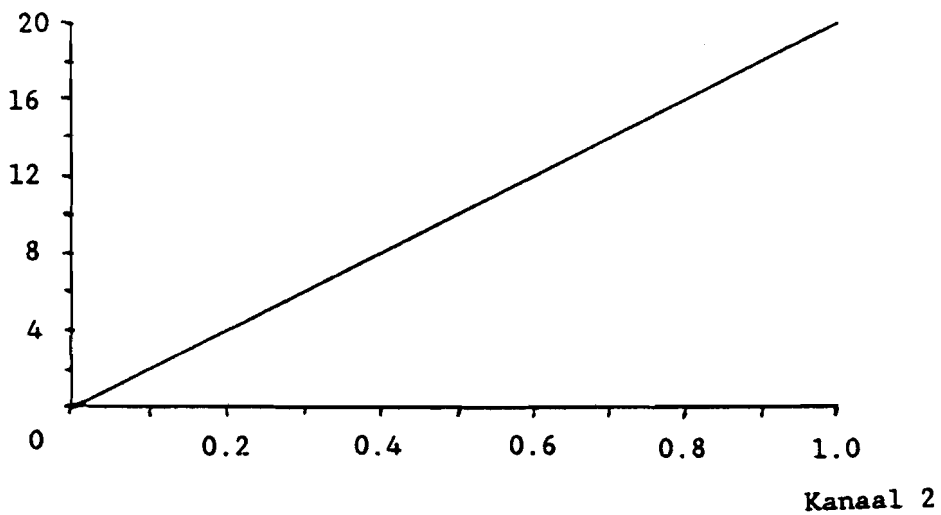


Spanning [V]



Figuur 24: Vermogenskenlijnen voor verschillende K1-waarden.

Draadsnelheid [m/min]



Figuur 25: Draadtoevoersnelheid als functie van de K2-waarde.

## Hoofdstuk 3: Instelling van de lasparameters.

### 3.1: Inleiding.

Omdat de KUKA-handleiding geen praktische waarden geeft voor de instelling van de lasparameters, zijn deze empirisch bepaald. Vanwege de beperkte tijd is er alleen onderzoek gedaan naar de vermogensinstelling (K 1) en de draadtoevoersnelheid (K 2) tijdens het leggen van lasrupsen en V-naden. Het goed vullen van de eindkrater en correct draadterugbranden wordt niet behandeld; dit zal in ieder afzonderlijk geval zelf moeten worden onderzocht.

In bijlage 1 zijn alle gemeten en ingestelde parameters te vinden van de genomen lasproeven. In bijlage 2 zijn de lasprogramma's afgedrukt, voorzien van commentaar.

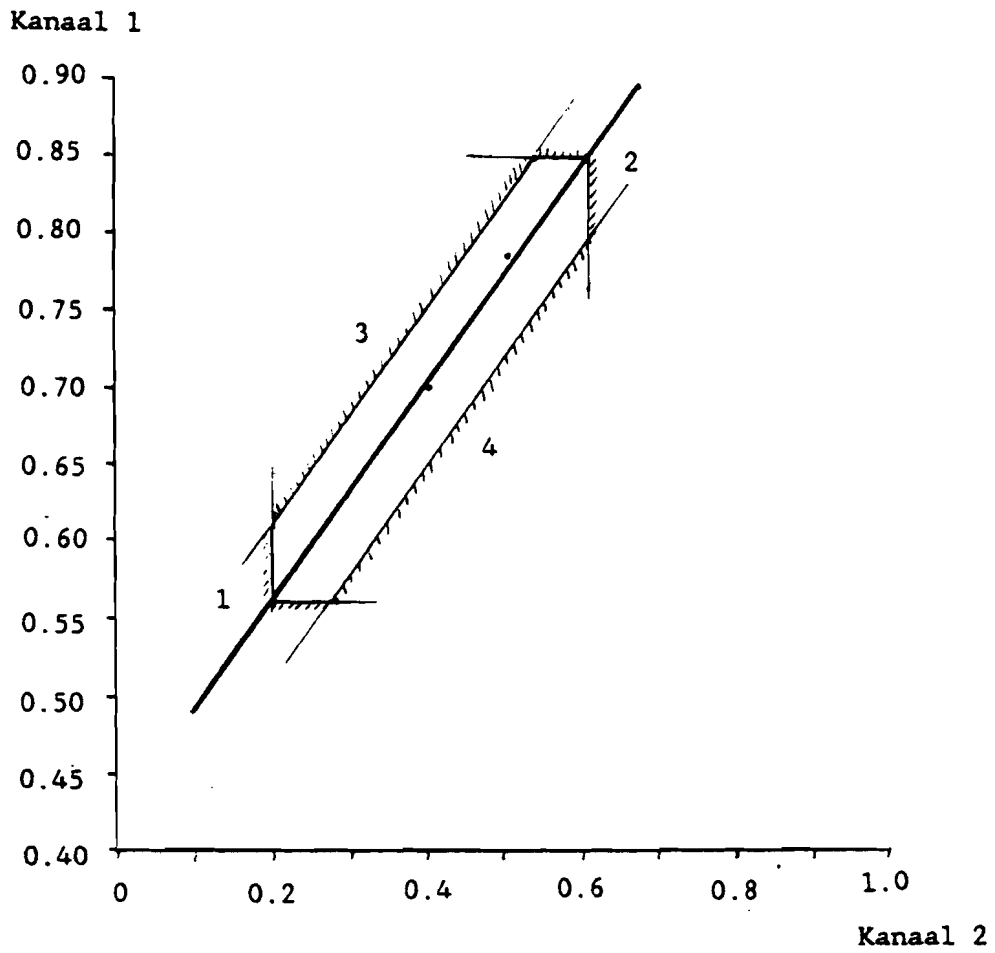
### 3.2: Vermogensinstelling.

De lasbesturing bepaalt aan de hand van de ingestelde draaddikte en draadtoevoersnelheid welke spanning en stroom er ingesteld worden. Het is dus niet mogelijk om precies aan te geven welke spanning en stroom men kan verwachten bij een bepaalde instelling van het vermogen (kanaal 1). Wel ligt deze instelling op een lijn; de zogenaamde vermogenskenlijn [fig.24.].

De uitgezette vermogens zijn hoog omdat er met 1,2 mm draad gewerkt wordt. Om dit te laten smelten is minstens circa 200 Ampère nodig. Bij lagere stromen wordt de boog te kort zodat er kortsluiting kan optreden.

### 3.3: Draadtoevoersnelheid.

Voor de draadtoevoersnelheid bestaat er wel een vast verband met de uitgangsspanning van kanaal 2. Eén Volt komt namelijk overeen met een snelheid van twee meter per minuut [fig.25.].



Figuur 26: Instelgebied voor 1,2 mm draad.

### 3.4: Lasparameterinstelling.

Uit de genomen lasproeven blijkt dat de optimale instelling van de lasparameters K1 en K2 ongeveer op een vaste lijn ligt, en nagenoeg onafhankelijk is van allerlei factoren zoals toortshoogte, lasnaadvorm, toortsoriëntatie, lassnelheid, plaatdikte en hoeveelheid beschermgas. In figuur 26 is deze lijn weergegeven.

Bij het kiezen van parameters voor een las kan van deze lijn worden uitgegaan, waarna tijdens het lassen bijgesteld kan worden via de analoogtabel (2.3) zodat de optimale instelling wordt verkregen.

Het instelgebied wordt aan vier zijden beperkt:

- 1 De keuze van de draaddikte bepaalt het minimale lasvermogen (K1). Te lage instelling levert gevaar voor kortsluiting op.
- 2 Het maximum vermogen wordt beperkt door de lasbesturing. Aangeraden wordt om K1 niet hoger te maken dan 8 Volt. Het hierbij geleverde vermogen is zo hoog dat het smeltbad moeilijk onder controle gehouden kan worden: de las vloeit uit.
- 3 Het vermogen vergroten terwijl de draadtoevoer gelijk blijft geeft een langere lichtboog. Op een gegeven moment bestaat er het gevaar de draad zich vastlast in het contactbuisje dat dan vervangen moet worden.
- 4 Het vermogen verlagen bij gelijkblijvende draadtoevoer geeft een kortere boog. Nu bestaat er gevaar voor kortsluiting; de draad komt vast te zitten aan het werkstuk.

Bij slepend lassen kan kanaal 1 ongeveer een halve Volt lager worden ingesteld. Dit komt waarschijnlijk doordat de toorts nu langer dezelfde plaats blijft verhitten.

## Literatuur.

- Kuka handleiding "Schutzgas-Schweißausrüstung PP8/P8"  
Dok 704.05.9 d KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH.
  
- Kuka Handbuch IR 161/15/25.  
Dok 491.06.8 d KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH.
  
- Kuka handleiding "Programmeren van Industrie Robots met RC 20/41"  
Dok 153.08.5 f1 KUKA Schweißanlagen + Roboter GmbH.
  
- Kuka cursus "Lassen met KUKA robots"  
KUKA Automatische systemen + Robots.
  
- "Inhoud van de handleiding van de KUKA-robot"  
Onderzoeksopdracht door M.N.W.A. van Raay.  
W.P.A. rapportnummer 0842, november 1989.
  
- "Projectstrategie in de innovatie" door Prof. ir. J.M. van Bragt.  
5 augustus 1987, Technische Universiteit Eindhoven.

## Bijlage 1: Lasproeven.

### 1.1: Lasrupsen.

De lasproeven zijn genomen onder de volgende omstandigheden:

-Lasdraad: 1.2 mm DIN 8559 SG 2.

-Plaatdikte: 12 mm.

-Lassnelheid: 0.5 m/min; tenzij anders vermeld.

-Beschermgas: nrs. 1-20: 15 l/min. Argon/CO<sub>2</sub> (80/20).

nrs. 21-43: 10 l/min.

-Gebruikte afkortingen:

-K1: vermogensinstelling.

-K2: draadtoevoersnelheid.

- V: gemeten voltage.

- A: gemeten ampèrage.

-th: toortshoogte in mm [fig.27.].

-to: toortsoriëntatie: -20 - 20 graden stekend.

0 - loodrecht.

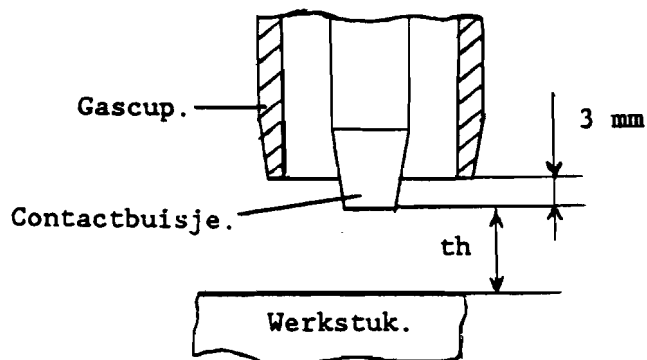
+20 - 20 graden slepend.

-rb: gemeten rupsbreedte in mm.

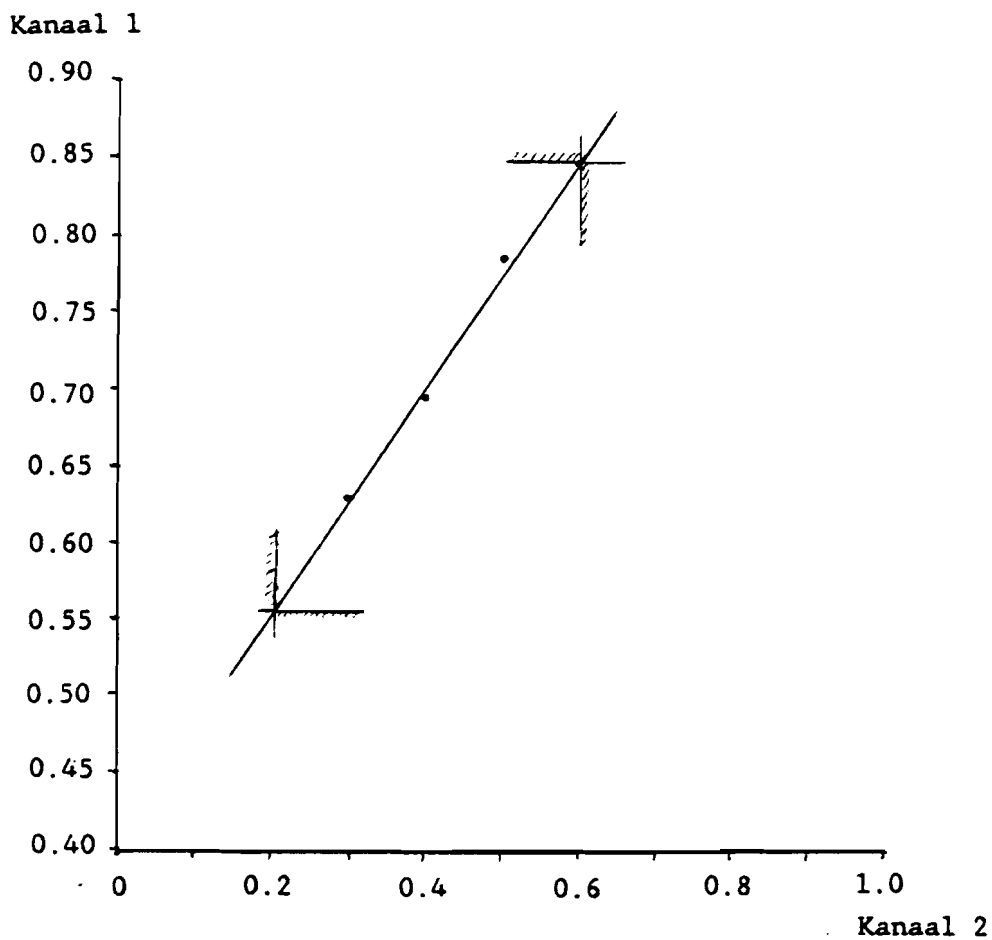
-var: variabele instelling van kanaal 1.

-De gascup zit steeds 3 mm hoger dan th [fig.27.].

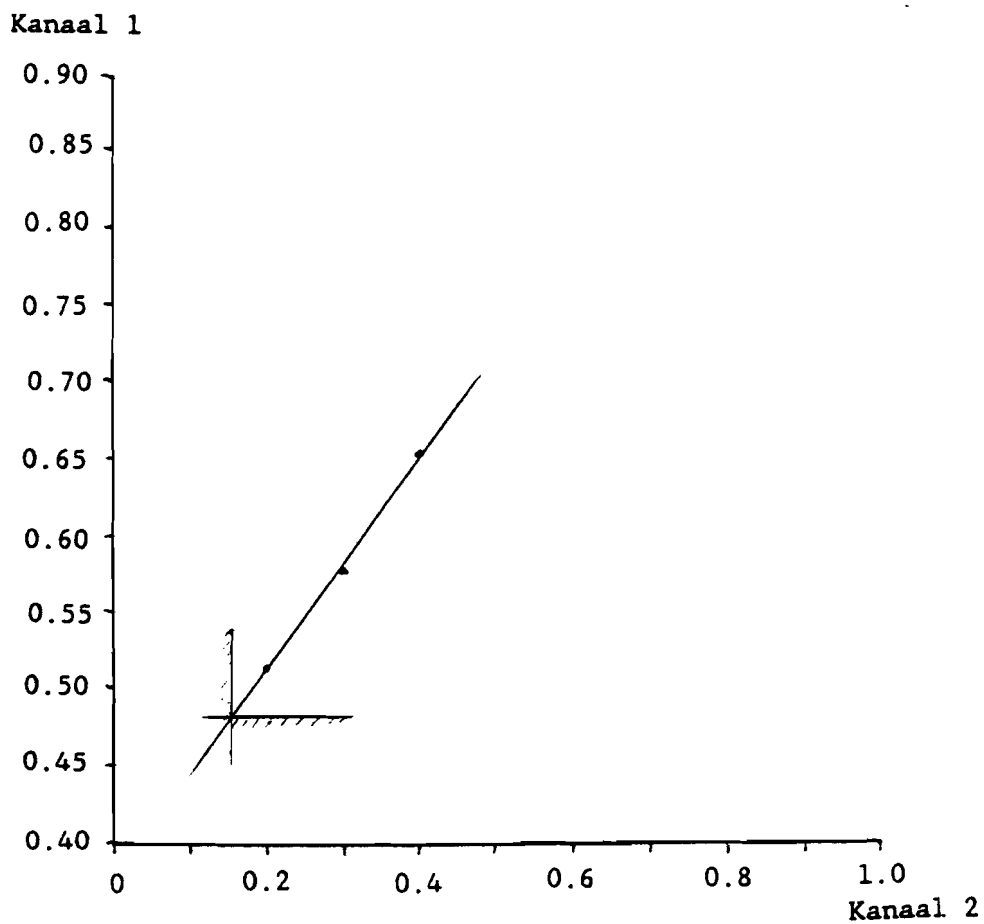
Een goede instelling houdt in dat er weinig spatten zijn en dat de las er goed uit ziet. (Het lasproces "zingt").



Figuur 27: Definitie van toorts- en gascuphoogte.



Figuur 28: Resultaten bij toortsoriëntatie 0 en -20.



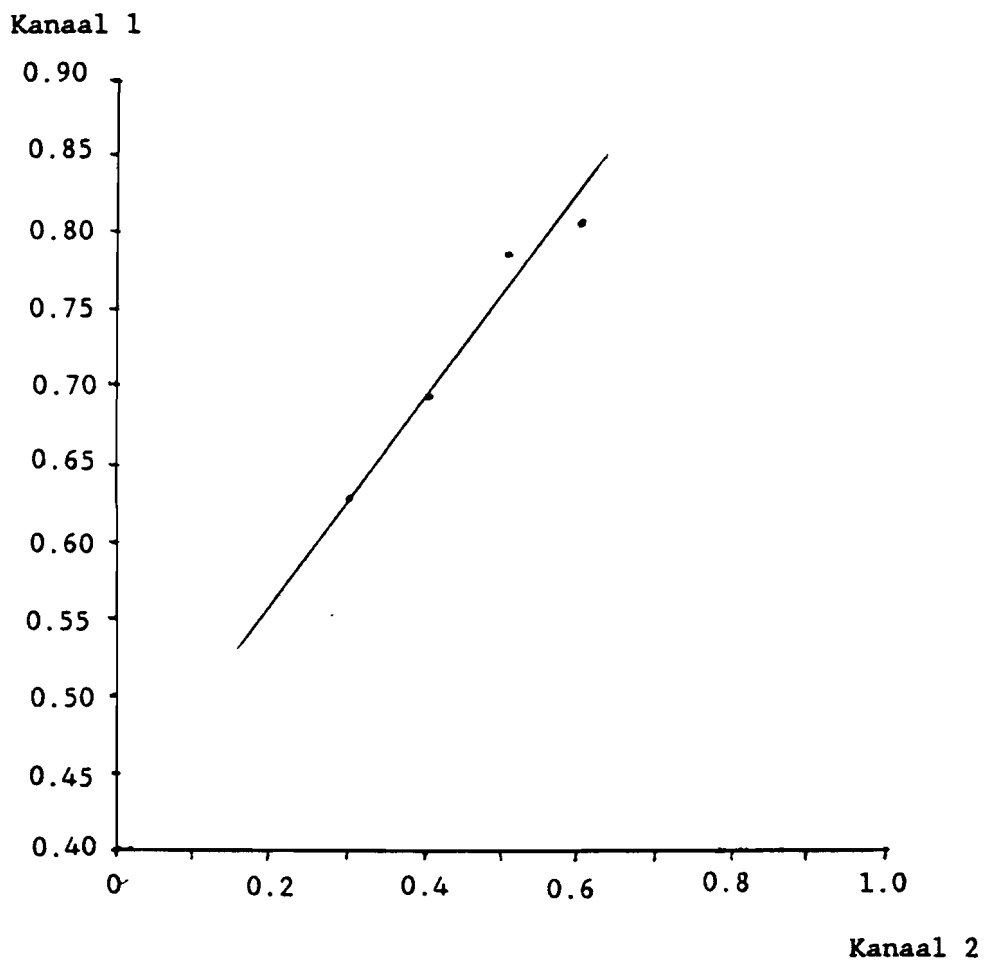
Figuur 29: Resultaten bij toortsoriëntatie +20.

Nr.:	K1:	K2:	V:	A:	th:	to:	rb:	Opmerkingen:
1	0.650	0.400	30	260	15	0	10	Spat erg.
2	0.650	0.400	30	260	12	0	10	Spat erg.
3	0.650	0.400	29	290	9	0	11	Spat erg.
4	var	0.400			9	0	10	Spatten.
5	0.620	0.400			9	0	10	Spatten.
6	var	0.400			9	0		Bij 0.695 goed; zingen.
7	0.695	0.400	30	300	9	0	11	Goede instelling.
8	var	0.300			9	0	9.2	Bij K1=0.630 goed.
9	0.630	0.300	30	250	9	0	10	Goede instelling.
10	0.630	0.300			9	0	10	
11	0.640	0.300	30	240	9	0	10	
12	0.550	0.300	26	230	9	0	9	Korte boog; spatten.
13	0.450	0.200	24	180	9	0	7	K1 variabel tussen 0.450
14	0.550	0.200	30	200	9	0	8	en 0.550. Veel spatten
15	var	0.200			12	0		of grote boog; goede in-
								stelling niet vindbaar.
16	0.450	0.200	24	170	12	0	8	Ook niet met variabele
								lassnelheid.
17	0.660	0.300	32	240	12	0	10	th nauwelijks invloed.
18	0.650	0.300	32	235	12	0	9.8	Goede instelling.
19	var	0.400			12	0	11	
20	0.695	0.400	32	280	12	0	11	Goede instelling.
21	0.695	0.400			12	0		Gasstroom naar 10 l/min.
22	0.695	0.400	32	270	12	-20		Instelling blijft goed.
23	0.695	0.400	32	270	12	-20		
24	var	0.500			12	0		
25	var	0.500			12	0		
26	var	0.500			12	0		Goed bij K1=0.785.
27	0.785	0.500	34	320	12	0	12.5	Goede instelling.
28	var	0.600			12	0		Hoge K1; las vloeit weg.
29	0.850	0.600	36	375	12	0	13.5	Goede instelling.
30	0.650	0.300	32	240	12	-20	11	Rups breder; inbranding
31	0.785	0.500	34	320	12	-20	13	minder door steken.
32	0.650	0.300	32	240	12	+20		
33	var	0.300			12	+20		
34	0.580	0.300	28	225	12	+20	9	K1 lager door slepen.
35	var	0.400			12	+20	10	Bobbelige las door gas-
36	var	0.400			12	+20	11	stroom.
37	0.695	0.400	32	280	12	+20	9	
38	0.580	0.300			12	+20		
39	var	0.400			12	+20		
40	var	0.200			12	+20		
41	0.515	0.200	28	175	12	+20	8.5	Af en toe een spat.

Het blijkt dat bij stekend lassen de instelling van K1 en K2 hetzelfde kan blijven. Bij slepend lassen kan K1 lager worden; het is nu zelfs mogelijk om met K2=0.200 goed te lassen. Dit komt doordat bij slepend lassen de lichtboog gericht blijft op het net gelaste stuk. Dit stuk blijft daardoor extra heet.

De resultaten zijn nog eens in de figuren 28 en 29 weergegeven.





Figuur 30: Resultaten V-naden.

## 1.2: V-naden.

De V-naden zijn onder dezelfde omstandigheden gelast als de lasrupsen.

De rupsbreedte (rb) wordt nu echter vervangen door de A-hoogte.

-ah: A-hoogte in mm.

De gasstroom is steeds 10 l/min, en de lassnelheid is 0.5 m/min.

Nr.:	K1:	K2:	V:	A:	th:	to:	ah:	Opmerkingen:
1	var	0.300			11	0	4	
2	0.630	0.300			11	0	4	Goede instelling.
3	var	0.400			11	0	4.5	Goed bij K1=0.695.
4	var	0.500			11	0	5	Goed bij K1=0.785.
5	var	0.600			11	0	5.5	Bij K1>0.755 open boog!
6	var	0.600			15	0	5	Goed bij K1=0.805.
7	var	0.200			11	0	3.5	Niet goed instelbaar; blijft spatten.
8	0.630	0.300	30	240	11	0		Gaten in de las.
9	0.695	0.400	30	300	11	0	4.5	
10	0.785	0.500	33	340	11	0	5	
11	0.805	0.600	32	362	11	0	5.5	

Omdat de resultaten sterk overeenkomen met die van de lasrupsen, zijn er maar 11 V-naden gelast. De resultaten zijn te zien in figuur 30.



## Bijlage 2: Lasprogramma's.

### Hoofdprogramma 11 :

Dit programma last de dikke plaat aan de pijp vast [fig.31.]. Eerst wordt er een hechtlas gelegd en daarna wordt vanaf de andere kant de cirkel in vier instructies gelast. Door gebruik te maken van luswerking stopt de toorts niet tussen de CI-instructies. Bij de cirkellas kunnen K1 en K2 gevarieerd worden via de analoogtabel (AT2). Let erop dat alle waarden AT1 tot en met AT9 op nul staan voordat er gelast gaat worden! Anders kan het namelijk voorkomen dat het vermogen te hoog staat ingesteld!

Om deze las te kunnen leggen moet de klem die de dunne plaat positioneert verwijderd worden van het draagblok anders kan de toorts niet bij de las komen!

```
DEF HP11
KOM DIKKEPLAATLAS REM-CIL
KOM MICHIEL CORTS
KOM WERKTUIG NIET AANGEPAST!
HLT OW
WTK 4 D+160.0 L+330.0 H-46.000
GRP 1 OPN
GRP 2 OPN
SNH ALL 25;
SNH BAN 5.000
PTP X+1156.5 Y-496.7 Z+1475.1 A-115.064 B+88.999 C-89.935
BAS IN SBA
PPB X-42.9 Y+65.7 Z+683.6 A+106.596 B+88.936 C-87.716
    B1+0.000 B2+0.000
PPB X+42.0 Y+66.3 Z+683.6 A+41.066 B+88.935 C-87.682
    B1+0.000 B2-65.496
BAS UIT
PTP X+981.2 Y-195.7 Z+1427.3 A+105.016 B+49.760 C+73.103
PTP X+981.2 Y-195.7 Z+1220.5 A+105.025 B+49.761 C+73.095
PTP X+1015.3 Y-254.3 Z+1186.9 A+110.570 B+11.613 C+100.575
PTP X+1042.4 Y-303.4 Z+1140.6 A+110.573 B+11.616 C+100.571
SNH BAN 2.000
LIN X+1051.6 Y-328.3 Z+1137.9 A+120.355 B+1.450 C+100.186
KOM LASSTART
ANU K1 O+0.300 ITT 0
ANU K2 O+0.200 ITT 0
GRP 2 SLU
WCH T15
Z U11
HLT OW
```

GRP 2 OPN  
 GRP 1 SLU  
 WCH I5 H  
 TZ U11  
 ANU K1 0+0.350 ITT 4  
 ANU K2 0+0.230 ITT 4  
 SNH BAN 0.600  
 LIN X+1051.6 Y-328.3 Z+1151.2 A+120.356 B+1.450 C+100.185  
 ANU K3 0+0.300 ITT 0  
 GRP 1 OPN  
 GRP 2 SLU  
 ANU K1 0+0.100 ITT 0  
 WCH I5 L  
 HLT OW  
 SNH BAN 2.000  
 LIN X+1005.9 Y-241.8 Z+1175.2 A+120.347 B+1.449 C+100.204  
 PTP X+979.7 Y-252.8 Z+1352.0 A+120.346 B+1.447 C+100.207  
 PTP X+891.8 Y-109.7 Z+1338.0 A-39.045 B+87.549 C-149.763  
 PTP X+929.7 Y-514.0 Z+1403.9 A-129.020 B+47.243 C-137.531  
 PTP X+957.0 Y-464.2 Z+1196.7 A-129.034 B+47.230 C-137.510  
 PTP X+996.9 Y-422.8 Z+1176.1 A-129.036 B+47.228 C-137.507  
 LIN X+1020.5 Y-379.4 Z+1149.5 A-128.943 B+47.196 C-137.474  
 SNH BAN 0.350  
 LUW BAN 100  
 HLT OW  
 ANU K1 0+0.300 ITT 0  
 ANU K2 0+0.200 ITT 0  
 GRP 2 OPN  
 GRP 1 SLU  
 WCH I5 H  
 ANU K1 0+0.650 AT2 F+1.000 ITT 0  
 ANU K2 0+0.400 AT2 F+1.000 ITT 0  
 CI X+1031.9 Y-385.5 Z+1150.1 X+1046.2 Y-384.9 Z+1151.4  
 A-86.951 B+44.154 C-156.293  
 CI X+1060.5 Y-378.8 Z+1150.7 X+1067.9 Y-371.1 Z+1148.6  
 A-39.367 B+50.273 C-174.880  
 CI X+1070.0 Y-360.3 Z+1149.8 X+1069.5 Y-346.8 Z+1149.9  
 A+19.938 B+46.867 C+154.320  
 CI X+1065.2 Y-337.5 Z+1149.9 X+1048.8 Y-326.7 Z+1149.9  
 A+58.812 B+46.572 C+144.425  
 KOM KRATERVULLEN  
 ANU K1 0+0.400 ITT 0  
 ANU K2 0+0.300 ITT 0  
 WCH T18  
 KOM TERUGBRANDEN  
 ANU K3 0+0.200 ITT 0  
 GRP 1 OPN  
 ANU K1 0+0.100 ITT 0  
 WCH I5 L  
 HLT OW  
 LUW BAN 0  
 SNH BAN 2.000  
 LIN X+1069.8 Y-293.6 Z+1175.2 A+64.333 B+50.707 C+148.809

SNH ALL 10  
PTP X+1098.1 Y-218.4 Z+1247.2 A+73.418 B+51.390 C+142.377  
PTP X+1064.7 Y-212.8 Z+1522.6 A+92.214 B+50.772 C+118.359  
SNH ALL 25  
BAS IN SBA  
PPB X-42.9 Y+65.7 Z+683.6 A+106.563 B+88.935 C-87.682  
B1+0.000 B2+0.000  
BAS UIT  
END HP11

Hoofdprogramma 15 :

Dit programma last de flens aan de pijp vast [fig.31.]. De 360 graden las wordt bijna in één keer gelegd door de manipulator onder 45 graden te zetten. De toorts staat stil en de manipulator draait 350 graden onder de toorts door. De laatste 10 graden worden met een LIB-instructie gelast. Ook hier is het mogelijk om K1 en K2 bij te regelen via AT1.

```
DEF HP15
KOM LAS PIJP-FLENS CORTS SMALS
KOM 26-03-1990
GRP 1 OPN
GRP 2 OPN
SNH ALL 75
WTK 1 D+0.0 L+0.0 H+0.000
PTP X+1000.0 Y-430.0 Z+1800.0 A+65.000 B+45.000 C+90.000
WTK 4 D+155.0 L+272.0 H-45.400
TXT DRUK START
HLT OW
TXT
BAS IN SBA
SNH ALL 25
PPB X+0.0 Y+0.0 Z+580.0 A+106.590 B+88.935 C-87.709
    B1+0.000 B2+0.000
PPB X-96.6 Y+357.5 Z+649.1 A+118.840 B+47.094 C+95.238
    B1+43.973 B2-151.064
LUW PTP 0
SNH BAN 10.000
LIB X-28.6 Y+92.4 Z+458.0 A+90.563 B+50.775 C+81.609
    B1+45.000 B2-153.508;
LIB X-20.2 Y+42.3 Z+395.2 A+90.566 B+50.780 C+81.611
    B1+45.000 B2-153.508
SNH BAN 2.000
LIB X-14.1 Y+25.5 Z+375.3 A+117.352 B+42.558 C+60.175
    B1+44.997 B2-153.520
SNH BAS2 13
TXT LASAPP OK? START
HLT OW
TXT
KOM ONTSTEKING
ANU K1 0+0.300 ITT 0
ANU K2 0+0.200 ITT 0
GRP 2 SLU
WCH T15
Z U11
HLT VW
GRP 2 OPN
GRP 1 SLU
WCH I5 H
TZ U11
KOM LASSEN
```

ANU K1 0+0.580 AT1 F+1.000 ITT 0  
 ANU K2 0+0.300 AT1 F+1.000 ITT 0  
 PPB X-10.5 Y+27.2 Z+375.3 A+109.481 B+42.558 C+60.175  
 B1+45.000 B2+198.608  
 SNH BAN 0.500  
 LIB X-10.6 Y+27.2 Z+375.3 A+109.653 B+42.558 C+60.175  
 B1+45.000 B2+198.780;  
 KOM KRATERVULLEN  
 ANU K1 0+0.400 ITT 0  
 ANU K2 0+0.280 ITT 0  
 WCH T14  
 KOM TERUGBRANDEN  
 ANU K3 0+0.150 ITT 0  
 GRP 1 OPN  
 ANU K1 0+0.100 ITT 0  
 WCH I5 L  
 HLT VW  
 LUW PTP 9  
 SNH BAN 2.000  
 LIB X-20.6 Y+39.7 Z+393.3 A+111.192 B+42.956 C+59.076  
 B1+45.000 B2+198.780;  
 SNH BAN 10.000  
 LIB X-224.7 Y+223.3 Z+590.4 A+105.243 B+44.015 C+67.218  
 B1+45.000 B2+198.951;  
 SNH BAS2 25  
 SNH ALL 25  
 PPB X-2.4 Y-5.3 Z+719.4 A+68.513 B+88.647 C-45.487  
 B1+0.000 B2+0.000  
 LUW PTP  
 BAS UIT  
 END HP15



Hoofdprogramma 16 :

Dit programma last de dunne plaat aan de pijp en aan de dikke plaat. [fig.31.]. Eerst worden er vier hechtlassen gelegd om de dunne plaat te positioneren. De lasinstructies staan in OP1 en OP5. Daarna wordt de dunne plaat aan de pijp gelast (Cirkellas; SPG OP2). Nu staan de lasinstructies in OP2 en OP4. Als laatste wordt de dunne plaat aan de dikke plaat gelast. Deze lasinstructies staan in OP3 (V-naad) en OP6. Er zijn overal voorwaardelijke halts geprogrammeerd; hiermee kan bekeken worden of alles wel goed gaat als er voor de eerste keer gelast wordt.

```

DEF HP16
KOM REMCYLSTEUN CORTS SMALS
KOM 26-03-1990
GRP 1 OPN
GRP 2 OPN
SNH ALL 75
WTK 1 D+0.0 L+0.0 H+0.000
PTP X+1000.0 Y-430.0 Z+1800.0 A+65.000 B+45.000 C+90.000
WTK 4 D+155.0 L+272.0 H-45.400
TXT DRUK START
HLT OW
TXT
BAS IN SBA
SNH ALL 25
PPB X+0.0 Y+0.0 Z+720.0 A+103.794 B+89.536 C-84.914
B1+0.000 B2+0.000
PPB X-5.8 Y-0.0 Z+719.4 A+3.041 B+88.645 C-45.514
B1+0.000 B2-65.500
BAS UIT
SNH ALL 35
LUW PTP 9
PTP X+952.8 Y-200.2 Z+1510.8 A-155.725 B+88.715 C-45.126
PTP X+961.5 Y-228.2 Z+1420.8 A+118.599 B+25.595 C+71.029
PTP X+997.4 Y-253.6 Z+1199.3 A+124.843 B+22.106 C+83.639
PTP X+1027.1 Y-286.6 Z+1180.2 A+124.846 B+22.106 C+83.636
LUW PTP 0
SNH BAN 3.000
LIN X+1050.5 Y-324.2 Z+1180.9 A+124.894 B+22.110 C+83.587
GRP 2 SLU
WCH T15
Z U11
SPG OP1 1
SPG OP5 1
TZ U11
LIN X+1028.2 Y-300.4 Z+1180.6 A+124.867 B+22.106 C+83.614
LUW BAN 9
PTP X+945.9 Y-216.3 Z+1240.1 A+124.871 B+22.106 C+83.610
PTP X+964.8 Y-122.1 Z+1554.9 A+174.927 B+44.072 C+8.356
PTP X+886.3 Y-418.1 Z+1462.7 A-163.124 B+20.217 C-60.549

```

PTP	X+913.1	Y-433.8	Z+1287.7	A-160.219	B+26.181	C-67.905
PTP	X+987.2	Y-408.7	Z+1206.4	A-167.694	B+25.548	C-60.032
LUW	PTP	0				
LIN	X+1029.2	Y-385.0	Z+1186.3	A-167.686	B+25.494	C-60.024
SPG	OP1	1				
SPG	OP5	1				
LIN	X+984.8	Y-394.1	Z+1197.9	A-167.688	B+25.511	C-60.027
LUW	PTP	9				
PTP	X+945.7	Y-492.5	Z+1211.7	A-144.891	B+30.569	C-86.462
PTP	X+1003.5	Y-486.8	Z+1163.9	A-145.876	B+12.902	C-90.469
LUW	PTP	0				
LIN	X+1108.1	Y-438.5	Z+1147.6	A-145.737	B+12.871	C-90.450
SPG	OP1	1				
SPG	OP5	1				
LIN	X+1054.0	Y-464.9	Z+1151.4	A-150.597	B+7.606	C-88.735
LUW	PTP	9				
PTP	X+938.1	Y-521.0	Z+1236.4	A-150.599	B+7.599	C-88.730
BAS	IN	SBA				
PPB	X-234.4	Y+97.6	Z+444.7	A+163.279	B+7.526	C-88.733
	B1+0.000	B2+90.000				
BAS	UIT					
PTP	X+1042.9	Y-540.5	Z+1162.9	A-140.898	B+7.674	C-88.716
LUW	PTP	0				
LIN	X+1095.3	Y-507.0	Z+1147.9	A-140.571	B+7.625	C-88.673
SPG	OP1	1				
SPG	OP5	1				
LIN	X+1054.3	Y-537.0	Z+1148.9	A-140.900	B+7.659	C-88.701
LUW	PTP	9				
BAS	IN	SBA				
PPB	X+324.0	Y+70.6	Z+628.7	A+27.390	B+65.133	C-87.627
	B1+0.000	B2-65.500				
BAS	UIT					
PTP	X+963.8	Y-469.8	Z+1238.5	A-97.431	B+45.156	C-102.770
PTP	X+1012.0	Y-422.5	Z+1222.4	A-97.428	B+45.157	C-102.775
LUW	PTP	0				
LIN	X+1026.3	Y-382.2	Z+1186.6	A-97.203	B+43.254	C-103.115
SNH	BAN	0.350				
LUW	BAN	100				
ORI	VAR					
SPG	OP2	1				
CI	X+1038.0	Y-383.8	Z+1186.8	X+1060.2	Y-377.5	Z+1188.6
	A-47.856	B+45.029	C-101.602			
CI	X+1063.1	Y-373.6	Z+1188.4	X+1068.5	Y-361.9	Z+1186.2
	A-20.476	B+45.612	C-149.668			
CI	X+1068.7	Y-351.1	Z+1187.0	X+1066.0	Y-341.7	Z+1185.8
	A+32.234	B+45.886	C+172.913			
CI	X+1065.1	Y-339.0	Z+1186.2	X+1051.0	Y-329.8	Z+1186.3
	A+73.923	B+40.530	C+163.254			
LUW	BAN	0				
SPG	OP4	1				
SNH	BAN	3.000				
LIN	X+1056.4	Y-297.3	Z+1214.9	A+68.648	B+50.421	C+145.306
LUW	PTP	9				
PTP	X+987.2	Y-120.0	Z+1246.3	A+79.142	B+50.573	C+143.397
PTP	X+999.7	Y-83.7	Z+1450.7	A+26.057	B+89.184	C+148.870
BAS	IN	SBA				
PPB	X-178.2	Y+731.9	Z+106.2	A+74.823	B-0.752	C+117.506

B1+90.000 B2+180.000

BAS UIT  
PTP X+924.4 Y-827.9 Z+977.0 A-55.089 B+66.223 C-143.378  
PTP X+898.1 Y-815.3 Z+782.9 A-47.209 B+67.816 C-144.576  
LUW PTP 0  
LIN X+880.9 Y-807.0 Z+656.0 A-42.051 B+68.858 C-145.362  
SPG OP3 1  
SNH BAN 0.330  
LIN X+751.2 Y-689.6 Z+653.3 A-42.649 B+80.921 C-128.275  
SPG OP6 1  
GRP 2 OPN  
SNH BAN 3.000  
LIN X+749.8 Y-681.6 Z+706.4 A-55.135 B+69.518 C-143.337  
LUW PTP 9  
PTP X+728.1 Y-720.7 Z+1130.7 A-55.141 B+69.519 C-143.333  
BAS IN SBA  
PPB X+163.2 Y+97.2 Z+655.9 A+168.534 B+69.525 C-143.113  
B1+0.000 B2+0.000  
BAS UIT  
LUW PTP 0  
END HP16

DEF OP1 HP16 A Hechtlassen.  
HLT VW  
KOM ONTSTEKING  
ANU K1 O+0.300 ITT 0  
ANU K2 O+0.200 ITT 0  
GRP 2 OPN  
GRP 1 SLU  
WCH I5 H  
ANU K1 O+0.450 ITT 0  
ANU K2 O+0.300 ITT 0  
WCH T12  
END OP1 HP16 A

DEF OP2 HP16 A Dunne plaat aan pijp lassen.  
HLT VW  
KOM CIRKELLAS  
ANU K1 O+0.300 ITT 0  
ANU K2 O+0.200 ITT 0  
GRP 2 OPN  
GRP 1 SLU  
WCH I5 H  
ANU K1 O+0.650 ITT 4  
ANU K2 O+0.400 ITT 4  
END OP2 HP16 A

DEF OP3 HP16 A  
KOM V-NAAD  
HLT VW  
ANU K1 O+0.300 ITT 0  
ANU K2 O+0.200 ITT 0  
GRP 2 OPN  
GRP 1 SLU  
WCH I5 H  
ANU K1 O+0.670 ITT 0  
ANU K2 O+0.450 ITT 0  
END OP3 HP16 A

Dunne plaat aan dikke plaat  
lassen.

DEF OP4 HP16 A  
KOM KRATERVULLEN  
ANU K1 O+0.400 ITT 0  
ANU K2 O+0.280 ITT 0  
WCH T18  
KOM TERUGBRANDEN  
ANU K3 O+0.180 ITT 0  
GRP 1 OPN  
GRP 2 SLU  
ANU K1 O+0.100 ITT 0  
WCH I5 L  
HLT VW  
END OP4 HP16 A

Laseinde na cirkellas (OP2).

DEF OP5 HP16 A  
KOM TERUGBRANDEN  
ANU K3 O+0.200 ITT 0  
GRP 1 OPN  
GRP 2 SLU  
ANU K1 O+0.100 ITT 0  
WCH I5 L  
HLT VW  
END OP5 HP16 A

Laseinde na hechten (OP1).

DEF OP6 HP16 A  
KOM KRATERVULLEN  
ANU K1 O+0.400 ITT 0  
ANU K2 O+0.280 ITT 0  
WCH T18  
KOM TERUGBRANDEN  
ANU K3 O+0.180 ITT 0  
GRP 1 OPN  
GRP 2 SLU  
ANU K1 O+0.100 ITT 0  
WCH I5 L  
HLT VW  
END OP6 HP16 A

Laseinde na V-naad (OP3).