

# Het aanbrengen van een breekplaats op een heartwire naald met behulp van een laser

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

Heikoop, R. (1991). *Het aanbrengen van een breekplaats op een heartwire naald met behulp van een laser*. (DCT rapporten; Vol. 1991.109). Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1991

**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.

Het aanbrengen van een breekplaats  
op een heartwire naald met  
behulp van een laser.

Ruud Heikoop

Rapport nr. WFW.91.109

# **Het aanbrengen van een breekplaats op een heartwire naald met behulp van een laser**

**Auteur:** Ruud heikoop

**Stagebegeleider:** Maarten Hermens  
Afdeling Leads  
Medtronic E.S.T.C.  
Kerkrade

**Contactpersoon TUE:** Piet Schreurs

**Eindhoven, november 1991**  
**Vakgroep Fundamentele Werktuigkunde**  
**Faculteit Werktuigbouwkunde**  
**Technische Universiteit Eindhoven**

## Samenvatting

Medtronic produceert een tijdelijke heartwire die tijdens en na een hartoperatie gebruikt wordt om het hartritme te stimuleren. De scherpe punt van de naald van de heartwire moet kunnen worden verwijderd. Bij de huidige naald geeft een groefje in de naald de breekplaats aan. Dit groefje verzwakt de naald zodanig dat er breuk op kan treden bij een bepaalde belasting. De breek eigenschappen moeten aan strenge eisen voldoen.

In dit onderzoek zal de verzwakking in de naald worden aangebracht met behulp van een laser. Dit is mogelijk zoals eerder onderzoek al heeft uitgewezen. Door de laserbehandeling verandert in een bepaalde zone van de naald de materiaalstructuur. Het blijkt dat bij behandeling van de huidige heartwire-naald (materiaal AISI 420) een hardheidstoename van ongeveer 200 HV plaatsvindt. Dit maakt de naald op de behandelde plaats brosser.

Uit het structuuronderzoek blijkt echter dat deze hardheidstoename niet wordt gerealiseerd door conventioneel harden, maar door een proces dat te vergelijken is met laserlassen. Verder blijkt het bij een naald van het materiaal AISI 420 met een buitendiameter van 1.0 mm niet mogelijk te zijn de laserparameters zo in te stellen dat aan de breek specificaties wordt voldaan.

Hardheidstoename vindt niet plaats als gebruik wordt gemaakt van holle AISI 304 naalden. Holle naalden hebben als voordeel dat in de achterkant van de naald geen gaatje geboord hoeft te worden om daarin de draad van de heartwire te bevestigen.

AISI 304 blijkt niet met een laser gehard te kunnen worden als slechts tot kamertemperatuur kan worden afgekoeld. Verder is de warmtestroom en warmteafvoer bij holle naalden totaal anders dan bij massieve naalden, hetgeen inhoudt dat de lasersettings bij behandelen verschillend zullen moeten zijn.

## **Inhoudsopgave**

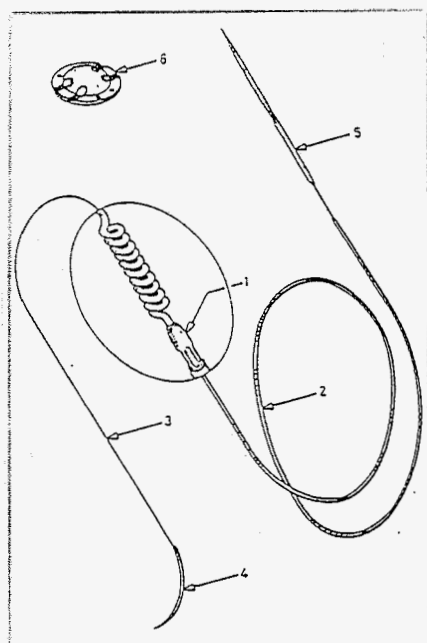
<b>Samenvatting</b>	1
<b>Inhoudsopgave</b>	2
<b>1. Inleiding</b>	4
<b>2. Het harden van staal</b>	6
2.1 Inleiding	6
2.2 Het harden van staal	6
2.3 Het harden van AISI 420	9
2.4 Het harden van AISI 304	9
2.5 Conclusies	10
<b>3. Het harden met een laser</b>	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Overzicht van laserharden in het algemeen	11
3.3 De gebruikte lasersettings	11
3.4 De behandelingsmethode	13
3.5 Conclusies	13
<b>4. Structuuronderzoek en hardheidsmetingen aan AISI 420 naalden</b>	14
4.1 Inleiding	14
4.2 Hardheidsmetingen	14
4.3 Structuuronderzoek	15
4.4 Aanpassing van de lasersettings	16
4.5 Conclusies	17
<b>5. Behandeling van de holle AISI 304 naalden</b>	18
5.1 Inleiding	18
5.2 Lasersettings bij de holle naald	18
5.3 Hardheidsmetingen	18
5.4 Structuuronderzoek	19
5.5 Conclusies	20

---

<b>6. Conclusies</b>	21
<b>7. Aanbevelingen</b>	22
<b>8. Literatuur</b>	23
<b>Bijlagen</b>	
A. Gebruikte apparatuur	24
B. Programmatuur	25
C. Specificaties van de breeknaald	38
D. Foto's	40
E. Gebruikte materialen	46

## 1. Inleiding

De tijdelijke heartwire (figuur 1.1) die Medtronic produceert, wordt gebruikt voor pacing en sensing van het hart durende de periode tijdens en vlak na een hartoperatie. Het ene uiteinde van de dunne draad wordt door middel van een kromme naald aangebracht in de hartwand. De dunne draad wordt door de hartwand getrokken tot het fixatiespiraaltje. De draad met kromme naald wordt achter het spiraaltje afgeknipt. Aan de andere zijde van de draad is een rechte roestvaste naald bevestigd. Deze rechte naald wordt door de borstkas naar buiten getrokken, waarna vervolgens de scherpe punt wordt afgebroken. Het overgebleven naaldgedeelte kan in een ECG apparaat of in een uitwendige pacemaker worden gepluigd.



**Figuur 1.1** De tijdelijke heartwire.

Het afbreken van de scherpe naaldpunt wordt mogelijk gemaakt door een verzwakking die in de naald is aangebracht. Bij de huidige naald is een groefje over de omtrek gedraaid. Deze diameterverkleining in combinatie met de juiste hardheid zorgt er voor dat de naald binnen de gewenste specificaties (bijlage C) breekt. Het aanbrengen van het groefje in de naald is een dure bewerking vandaar dat er gezocht wordt naar een andere methode om de verzwakking in de naald aan te brengen. Uit eerder onderzoek [1] is gebleken dat het mogelijk is om met een laser een verzwakking aan te brengen. Door deze laserbehandeling wordt de naald plaatselijk gehard, hetgeen tot gevolg heeft

dat het materiaal brosser wordt, waardoor de naald op deze plaats kan breken.

Omdat het moeilijk is om de naald zo te harden dat hij binnen de specificaties breekt zal een uitgebreid structuuronderzoek en hardheidsmetingen op doorsneden van de naald worden uitgevoerd. Hierbij zal gebruik gemaakt worden van massieve naalden van roestvast staal AISI 420, het materiaal waarvan de huidige breeknaald is gemaakt, en van holle roestvaste stalen AISI 304 naalden. De resultaten staan in resp. hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 vermeld.

Dit alles zal vooraf worden gegaan door een kort overzicht van het conventioneel harden van staal (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 zal onder andere worden ingegaan op het laserharden en twee verschillende methoden om de naalden te behandelen.

De algemene conclusies en aanbevelingen die uit het onderzoek volgen staan in resp. hoofdstuk 6 en 7.

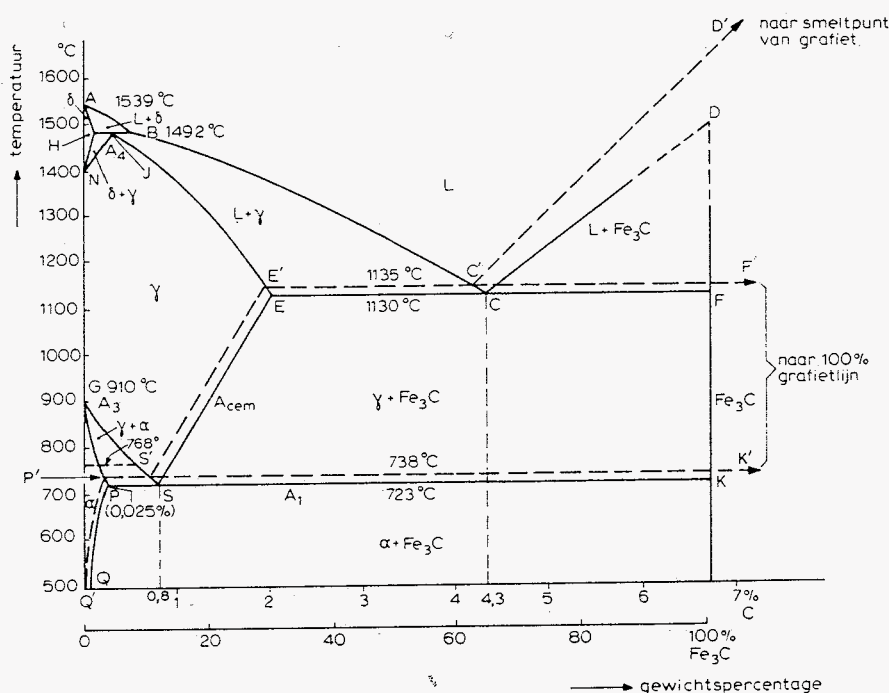


## 2. Het harden van staal

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal kort worden ingegaan op het harden van staal. Er zal worden gekeken wat de invloeden van het harden op de structuur en op de eigenschappen van het staal zijn. Daarbij zal in eerste instantie alleen ongelegeerd staal worden beschouwd. Vervolgens zal het harden van AISI 420 en AISI 304 nader worden toegelicht.

### 2.2 Het harden van staal



**Figuur 2.1** Toestandsdiagram van het metastabiele binaire systeem van ijzer en cementiet (getrokken lijnen) en van het stabiele binaire stelsel van ijzer en koolstof (onderbroken lijnen en de links van deze gelegen getrokken lijnen).

Bij het harden van een staal moet het eerst worden verwarmd tot in het  $\gamma$ -gebied (figuur 2.1), het austeniet, waarna vervolgens wordt afgekoeld. Wordt de oplosbaarheids grens van het  $\gamma$ -gebied bij het afkoelen overschreden dan bestaat de neiging tot kiemvorming van een nieuwe fase. Onderkoeling onder de oplosbaarheids grens vermindert echter de diffusiesnelheid van de koolstof. Afhankelijk van deze beide invloeden zullen al of niet kiemen worden gevormd en zullen deze kiemen al of niet snel uitgroeien.

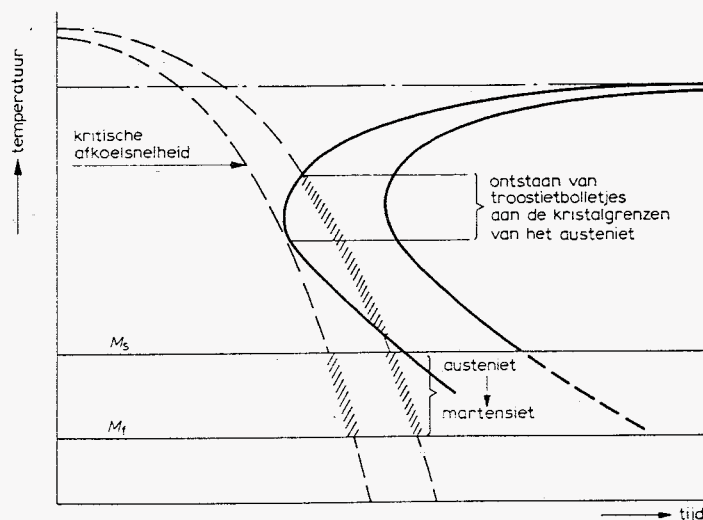
De uitdrukking voor de kiemvormingssnelheid is  $L = C e^{-(Q_k + Q_d)/RT}$ , terwijl voor de incubatietijd voor de vorming van een kiem  $t = t_0 e^{+(Q_k + Q_d)/RT}$  kan worden geschreven.

$t_0$  = Tijd nodig tot het optreden van de eerste kiem.

$Q_k$  = Activeringsenergie voor kiemvorming.

$Q_d$  = Activeringsenergie voor diffusie.

Met behulp van de laatste formule kan het zogenaamde TTT-diagram (transformatie-tijd-temperatuurdiagram) worden bepaald.



**Figuur 2.2** Het TTT-diagram.

Dit diagram wordt vaak gebruikt om een inzicht te krijgen op welke wijze gehard moet worden. Verder is het TTT-diagram geschikt om te bepalen wat de invloed is van de legeringselementen op de vereiste afkoelsnelheid voor het harden en op de afschriktemperatuur om martensiet te vormen. Legeringselementen verlagen de diffusiesnelheid van koolstof, hierdoor wordt de transformatiesnelheid kleiner, dus de incubatietijd groter. Het gehele TTT-diagram verschuift dan naar rechts.

De bedoeling van het harden is dat het materiaal een martensitische structuur krijgt. Deze structuur kan worden verkregen bij snelle afkoeling vanuit het austeniet ( $\gamma$ -gebied in figuur 2.1). Dit houdt in dat er afgekoeld moet worden tot onder de  $M_s$ -temperatuur (zie figuur 2.2).  $M_s$  staat voor de martensietstarttemperatuur. In de literatuur wordt vaak de volgende vuistregel voor deze temperatuur gehanteerd:

$$M_s = 560 - 474 * (\%C) - 33 * (\%Mn) - 21 * (\%Mo) - 17 * (\%Cr) - 17 * (\%Ni) \text{ in } ^\circ\text{C} \quad (1.1)$$

Uit deze formule volgt direct dat legeringselementen de  $M_s$ -temperatuur verlagen,

hetgeen betekent dat er verder moet worden afgekoeld om martensiet te krijgen. Om 100% martensiet te krijgen moet zelfs worden afgekoeld onder de  $M_f$ -temperatuur (figuur 2.2), de martensietfinishtemperatuur. Meestal worden naast het martensiet ook nog andere structuren gevormd. Hieronder zullen kort de belangrijkste structuren worden besproken, die kunnen ontstaan bij het afkoelen vanuit het  $\gamma$ -gebied.

### *Martensiet*

Zoals al opgemerkt ontstaat martensiet als zeer snel wordt afgekoeld vanuit het austeniet. De diffusie van koolstof kan dan niet plaatsvinden. Het fcc-rooster dat staal in de austenitische toestand heeft gaat over in een opgerekt bcc-rooster, een zogenaamd bct-rooster, in de martensitische toestand. Dit rooster heeft grote roosterspanningen waardoor het lopen van dislocaties zeer moeilijk is. Martensiet is derhalve zeer hard. Om de spanningen te verminderen kan het staal vervolgens worden ontlaten (verwarmen op 200-300 °C). Het bct-rooster gaat dan gedeeltelijk over in een bcc-rooster. De hardheid van het martensiet neemt iets af, de taaigheid wordt daarentegen iets groter. Een nadeel van de martensietvorming is een volume vergroting van 1 à 2%. Ook treedt er een kleine oppervlakteverruwing op.

### *Restausteniet*

Als niet alle austeniet in martensiet wordt omgezet doordat niet laag genoeg is afgeschrikt of doordat veel legeringselementen (verlagen de  $M_s$  en  $M_f$  -temperatuur) opgelost zijn in het austeniet resteert er restausteniet. De sterkte die door martensiet wordt geleverd wordt minder naarmate meer restausteniet aanwezig is. 10% restausteniet is nog juist toelaatbaar.

### *Troostiet*

Troostiet wordt gevormd als afgekoeld wordt tot  $T=550$  °C. Uit figuur 2.2 volgt dat bij deze temperatuur de incubatietijd het kleinst is, hetgeen inhoudt dat veel kiemen worden gevormd. Er ontstaat een fijnkorrelige structuur. Troostiet is minder hard dan martensiet.

### *Perliet*

Als wordt afgeschrikt tot 550-723 °C is de drijvende kracht voor kiemvorming klein, maar

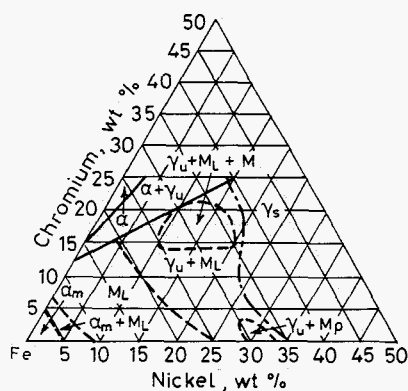
de diffusiesnelheid van de koolstof daarentegen groot. Er ontstaat nu perliet dat grover is naarmate de onderkoeling onder  $A_1$  kleiner is. Perliet is veel minder hard dan troostiet en martensiet.

### 2.3 Het harden van AISI 420

AISI 420 is een roestvast staal dat  $\pm 13\%$  Cr en  $\pm 0.15\%$  C bevat. Het wordt in de martensitische toestand geleverd. De  $M_s$ -temperatuur van AISI 420 is volgens (1.1) gelijk aan  $268\text{ }^\circ\text{C}$ . Deze temperatuur geeft aan dat het makkelijk bij kamertemperatuur is te harden. Door het Cr verschuift het TTT-diagram naar rechts, dus mag de kritische afkoelsnelheid kleiner zijn om toch martensiet te krijgen.

### 2.4 Het harden van AISI 304

AISI 304 is een roestvast staal met  $\pm 17\%$  Cr,  $\pm 10\%$  Ni en een laag percentage C ( $\pm 0.08\%$ ). Het wordt in de austenitische toestand geleverd. Vanwege het hoge percentage legeringselementen is dit staal moeilijker te harden dan AISI 420. Volgens (1.1) is  $M_s = 63\text{ }^\circ\text{C}$ . Deze temperatuur geeft aan dat het materiaal beperkt te harden is bij kamertemperatuur. Bij afschrikken tot deze temperatuur kunnen de volgende fasen ontstaan, zie figuur 2.3.



- $\alpha_m$  = Ferriet
- $M_L$  = Martensiet met een rooster met kleine holten
- $M_P$  = Martensiet met een rooster met grotere holten
- $M$  = Martensiet met een dichtgepakt rooster
- $\gamma_u$  = Instabiel austeniet
- $\gamma_s$  = Stabiel austeniet

**Figuur 2.3** Fe-Cr-Ni systeem bij kamertemperatuur.

Met 10% Ni en 17% Cr kan er martensiet en instabiel austeniet ontstaan. Wat de hardheid van het staal na de warmtebehandeling zal zijn is hierdoor moeilijk te zeggen. Ook wordt uit figuur 2.3 duidelijk dat het gebied waarin martensiet en instabiel austeniet wordt gevormd klein is. Er kan dus vrij gemakkelijk ferriet en instabiel austeniet ontstaan in plaats van martensiet en instabiel austeniet.

AISI 304 is wel te harden tot puur martensiet, maar dan moet afgeschrikt worden tot  $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Een ander probleem bij het harden van AISI 304 is een sterke interkristallijne corrosie die optreedt als gevolg van de uitscheiding van chroomcarbiden langs de korrelgrenzen. Deze interkristallijne corrosie treedt op als het staal te lang verhit wordt op  $\pm 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## 2.5 Conclusies

Uit bovenstaande blijkt dat het harden van staal een gecompliceerd proces is en dat het soms op voorhand moeilijk te bepalen is welke structuur er zal ontstaan. Duidelijk is ook dat AISI 420 gemakkelijk bij kamertemperatuur gehard kan worden, maar dat dit bij AISI 304 moeilijker zal zijn.

### **3. Het harden met een laser**

#### **3.1 Inleiding**

Voor het behandelen van de naalden is gebruik gemaakt van een Nd:YAG-laser. Voordat dieper wordt ingegaan op de lasersettings die tijdens het harden kunnen worden ingesteld zal eerst een kort overzicht van laserharden in het algemeen gegeven worden. Verder zullen twee verschillende methoden van behandelen met elkaar worden vergeleken, de continue shot en single shot methode.

#### **3.2 Overzicht van laserharden in het algemeen**

Bij het laserharden moet evenals bij conventioneel harden opgewarmd worden tot boven de transformatietemperatuur  $A_1$  (figuur 2.1). Door de korte verblijftijd op deze temperatuur moet hij hoger zijn dan bij het conventionele harden, zodat de koolstof kan oplossen in het austeniet. Afkoeling vindt voor een groot deel plaats door warmtegeleiding in het aanwezige bulkmateriaal. De afkoelsnelheid is afhankelijk van de warmtegeleidingcoëfficiënt en de hoeveelheid materiaal waardoor de warmte kan worden afgevoerd. Om een martensietstructuur te krijgen moet deze snelheid groter zijn dan de kritische afkoelsnelheid (zie figuur 2.2).

De hardingsdiepte is afhankelijk van het vermogen dat door het laserlicht wordt toegevoerd. Het gedeelte van het vermogen dat door het materiaal wordt geabsorbeerd is voor een groot deel afhankelijk van de oppervlakteruwheid. Slechts 10 à 20% van het laservermogen wordt geabsorbeerd, de rest wordt gereflecteerd. De absorptiecoëfficiënt kan worden vergroot door een absorberende laag aan te brengen op het te behandelen oppervlak.

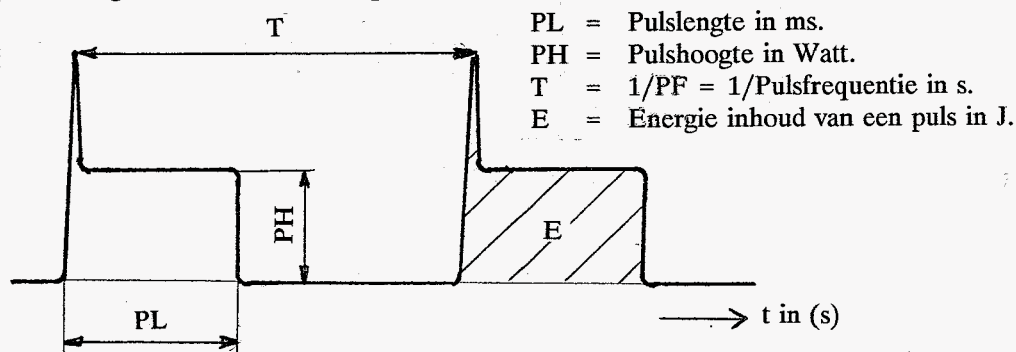
#### **3.3 De gebruikte lasersettings**

Voor het behandelen van de naalden wordt een gepulste Nd:YAG-laser gebruikt. De gegevens van de laser zijn als volgt (zie ook bijlage A):

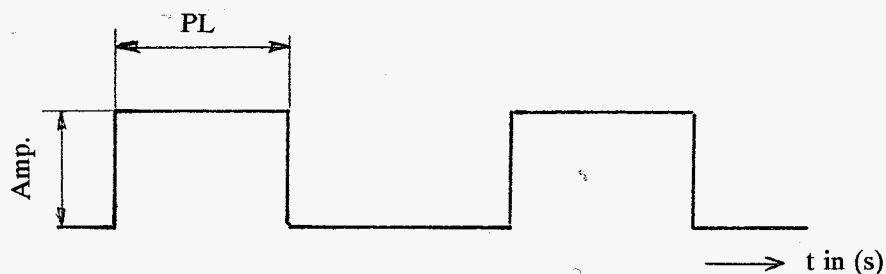
MS 300 laser (fabrikant: JK lasers)	
Pulshoogte	Variabel tot 50 A
Gemiddeld vermogen	Variabel tot 330 W
Pulsfrequentie	Variabel tot 200 Hz
Pulslengte	Variabel van 0.5 tot 20 ms

**Tabel 3.1** Enkele gegevens van de Nd:YAG-laser

In tabel 3.1 staat de pulshoogte in Ampère. Dit is de grootte van de blokstroom die door de lampen van de laser moet worden gestuurd om een bepaalde puls te genereren. In figuur 3.1 is schematisch weergegeven hoe een laserpuls is opgebouwd. De pulshoogte die in figuur 3.1a staat weergegeven is niet dezelfde als de pulshoogte die door de laserlampen wordt gestuurd, maar hangt hiermee wel direct samen. De oppervlakte van de puls geeft de energie inhoud van de puls weer.



**Figuur 3.1a** De opbouw van een laserpuls.



**Figuur 3.1b** De stroom door de laserlampen.

### 3.4 De behandelingsmethode

De naalden kunnen op 2 verschillende manieren behandeld worden:

1. *Continue shot methode*: De naald draait met een bepaalde constante hoeksnelheid rond. Hoe de pulsen op de naald komen is afhankelijk van de frequentie waarmee de laser pulsen uitzendt en de hoeksnelheid van de naald. Een voordeel van deze methode is de korte behandelingstijd (2 à 3 seconden). Een nadeel is dat het moeilijk is om de pulsen netjes over de omtrek van de naald te plaatsen, hetgeen gewenst is in verband met gelijke breek eigenschappen in alle richtingen. Ook het aantal pulsen is moeilijk te regelen.
2. *Single shot methode*: De naald kan nu een aantal graden worden verdraaid, waarna een puls gegeven wordt door de laser. Het voordeel van deze methode is dat de pulsen netjes over de naald verdeeld kunnen worden. Ook het aantal pulsen is beter te regelen, dat kan in het programma worden veranderd. Het nadeel is een iets langere behandelingstijd (ongeveer 8 seconden).

Welke methode wordt gebruikt maakt niet uit, omdat bij lage frequenties de pulsen elkaar niet beïnvloeden [1]. Beïnvloeden de pulsen elkaar wel dan zullen beide methoden niet dezelfde resultaten geven. Met beide methoden is een serie van 8 naalden behandeld. Het gemiddelde breekmoment en de gemiddelde breekhoek van beide series zijn nagenoeg hetzelfde. Aan de standaarddeviaties mag bij deze kleine series niet te veel waarde gehecht worden.

Bijlage B geeft een CNC programma dat gebruikt wordt bij de behandeling van de naalden. Hierin zijn beide methoden van behandelen opgenomen.

### 3.5 Conclusies

Bij laserharden van naalden kunnen problemen optreden met de warmteafvoer. Dit zal vooral bij een holle naald resulteren in een te kleine afkoelsnelheid, waardoor er niet alleen martensiet zal ontstaan. Bij het verwarmen tot ver in het austeniet moet er op gelet worden dat de temperatuur niet hoger wordt dan de smeltemperatuur van het materiaal. In dat geval vindt er een ander proces dan het conventionele harden plaats. Welke methode, continu of single shot, gebruikt wordt heeft geen invloed op het eindresultaat bij lage frequenties.



## **4. Structuuronderzoek en hardheidsmetingen aan AISI 420 naalden**

### **4.1 Inleiding**

AISI 420 is het roestvaste staal waarvan de huidige breeknaald is gemaakt. Het wordt geleverd in de martensitische toestand en heeft een hardheid van  $470 \pm 25$  HV.

Zoals in hoofdstuk 1 al is opgemerkt, blijkt het mogelijk een verzwakking in de naald aan te brengen door middel van laserharden.

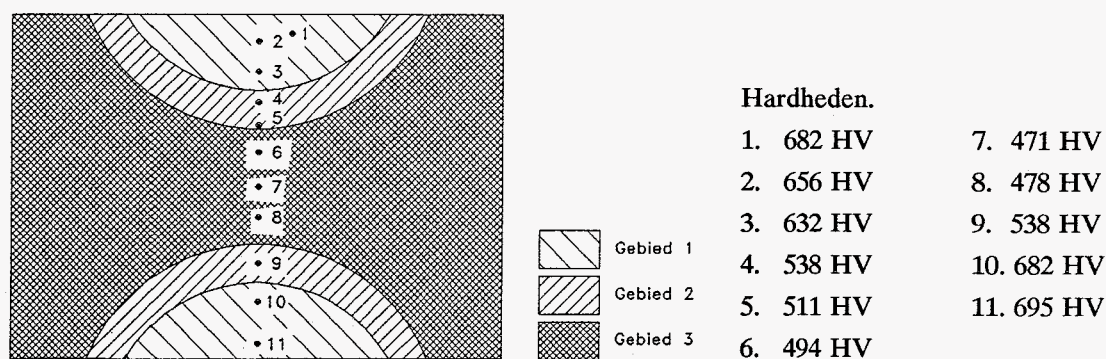
In dit hoofdstuk zal door middel van hardheidsmetingen en een structuuronderzoek gekeken worden wat er precies in de behandelde zone van de naald gebeurt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van naalden die behandeld zijn volgens de single shot methode (hoofdstuk 3). De foto's van het structuuronderzoek zijn te vinden in bijlage D. Verder zal nog nagegaan worden of het mogelijk is om de lasersettings zo aan te passen dat de naalden binnen de vereiste specificaties (bijlage C) breken. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal conclusies.

### **4.2 Hardheidsmetingen**

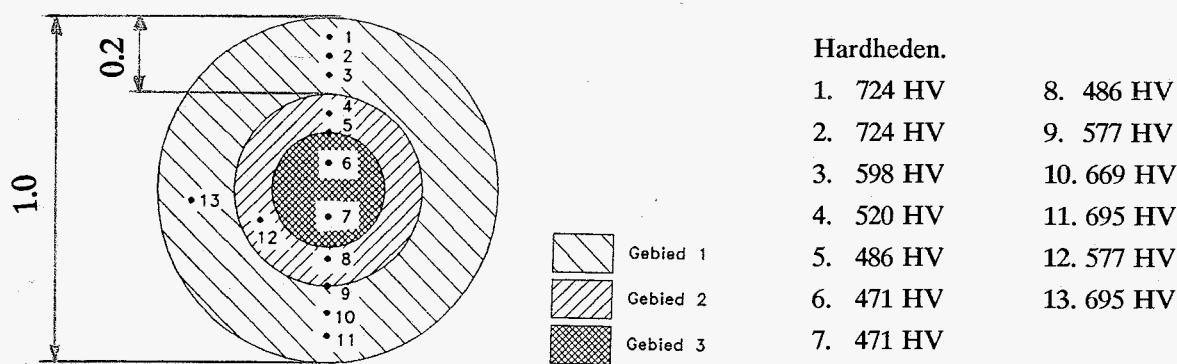
De naalden die gebruikt zijn voor de metingen zijn behandeld volgens de single shot methode met de volgende lasersettings:

- 8 shots verdeeld over de omtrek van de naald
- Pulshoogte 50 A
- Pulsnelghe 8 ms
- Frequentie 5 Hz

Van de behandelde zone van de naalden is zowel een lengtedoorsnede (figuur D1, bijlage D) als een dwarsdoorsnede (figuur D2) gemaakt. De hardheidsmetingen zijn uitgevoerd met behulp van een microhardheidstester (bijlage A). De hardheden zijn in Hardheden Vickers (HV). De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in figuur 4.1 en figuur 4.2 welke corresponderen met resp. figuur D1 en figuur D2.



**Figuur 4.1** Resultaten van de hardheidsmetingen op een lengtedoorsnede van de AISI 420 naald.



**Figuur 4.2** Resultaten van hardheidsmetingen op een dwarsdoorsnede van een AISI 420 naald.

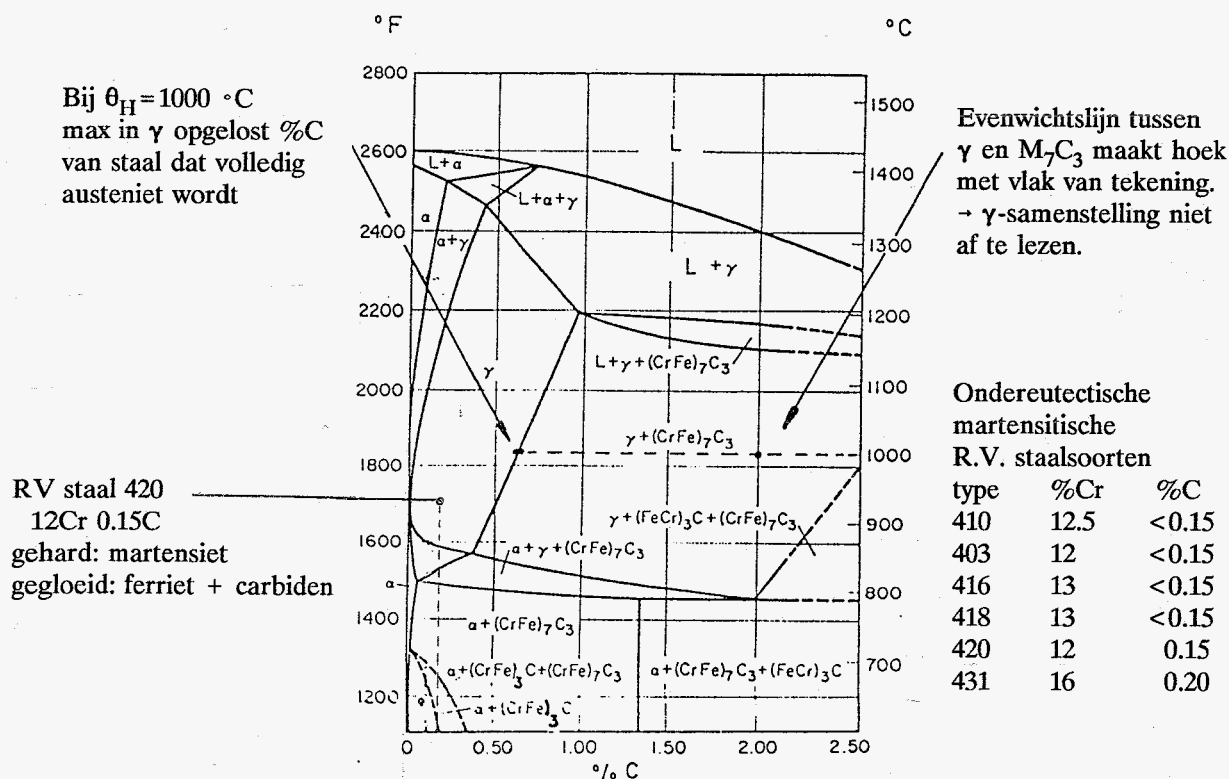
In beide figuren is duidelijk te zien dat de hardheid in de behandelde zone van de naald van binnen naar buiten toeneemt. In de kern (gebied 3) is de hardheid nog steeds gelijk aan die van het uitgangsmateriaal, maar net onder het buitenoppervlak van de naald wordt een hardheid van ongeveer 700 HV gemeten.

### 4.3 Structuuronderzoek

Uit het voorgaande blijkt dat het mogelijk is om met een laser de hardheid in een bepaalde zone aanzienlijk te verhogen. Dat de hardheid niet overal in de doorsnede hetzelfde is kan verklaard worden door de geringe indringdiepte van de laserpuls. Dit heeft tot gevolg dat er grofweg drie verschillende gebieden ontstaan (zie de figuren 4.1 en 4.2).

In gebied 3 is er weinig gebeurd tijdens de warmtebehandeling. De martensitische structuur en de hardheid van 470 HV zijn niet veranderd. In gebied 2 is de hardheid iets toegenomen. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het materiaal in dit gebied tijdens

de behandeling eerst is overgegaan in de austenitische toestand,  $\gamma$ -gebied in figuur 4.3. Daarna is er zo snel afgekoeld dat het austeniet weer is omgezet in puur martensiet, maar nu met een bct-rooster, hetgeen de hardheid iets doet toenemen.



**Figuur 4.3** Doorsnede het ternaire Fe-C-Cr-systeem bij  $\pm 12\%$  Cr (Bain & Paxton).

In gebied 1 (zie de figuren D7, D8 en D9) is het materiaal zo sterk verwarmd (boven  $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dat het gedeeltelijk of helemaal is gesmolten. Dit gebied heeft dus een totaal andere structuur. De martensitische structuur is verdwenen en heeft plaats gemaakt voor een structuur waarin duidelijk dendriten als gevolg van het stollen van materiaal zichtbaar zijn. Ook is onder de microscoop een kleine diameterverkleining waar te nemen. Deze insnoering is het gevolg van het vloeien van het materiaal. Op de foto's is deze verkleining helaas niet waar te nemen. De hoge hardheid ontstaat waarschijnlijk door de snelle afkoeling vanuit de smelt. Wat er precies gebeurt, is niet na te gaan met de conventionele hardingstheorie.

#### 4.4 Aanpassing van de lasersettings

Aan de hand van eerder onderzoek [1] is geprobeerd om de lasersettings zodanig aan te passen dat de naald binnen de gewenste specificaties breekt. Volgens dit onderzoek

is het wel mogelijk om bij bepaalde lasersettings het juiste breekmoment te krijgen, maar de breekhoek is in dat geval te klein. Deze breekhoek kan vergroot worden door het aantal pulsen, dat over de omtrek van de naald wordt geplaatst, te vergroten en/of de pulslengte te verkleinen. De resultaten zijn in de tabel 4.1 weergegeven. De seriegrootte is in alle gevallen gelijk aan 8.

serie	aantal pulsen	pulshoogte	pulslengte	gemiddelde breekhoek	gemiddeld breekmoment
	[-]	[A]	[ms]	[graden]	[Nmm]
R40	8	50	8	23.2	165
R41	10	50	8	29.0	194
R43	10	50	6	28.4	192
R45	12	50	6	26.3	179

**Tabel 4.1** Het gemiddelde breekmoment en de gemiddelde breekhoek bij kleine variaties van de pulslengte en/of het aantal pulsen.

#### 4.5 Conclusies

Bij het behandelen van de AISI 420 naald met de laser is het mogelijk om de hardheid van 470 HV tot 700 HV te verhogen. Het grote probleem van de hardheidstoename in gebied 1 is dat deze niet tot stand komt door conventioneel harden, dus het afkoelen vanuit het austeniet, maar door het smelten en stollen van het materiaal. Dit is een ander en moeilijk beheersbaar proces.

Uit tabel 4.1 volgt dat het zeer moeilijk is om de naalden zodanig te behandelen dat aan de gewenste specificaties van de breeknaald wordt voldaan. De breekhoek kan wel worden vergroot, maar dat houdt ook een vergroting van het breekmoment in.

Opgemerkt dient nog te worden dat het excentrisch ronddraaien van de naalden tijdens de laserbehandeling en het inspannen van de naalden bij de vierpuntsbuigtest grote invloed heeft op de breekhoek en het breekmoment. De standaarddeviaties van de metingen bij de buigtest zijn hierdoor vrij groot. Door het inklemmechanisme te verbeteren kan de standaarddeviatie aanzienlijk worden verkleind.

## **5. Behandeling van de holle AISI 304 naalden**

### **5.1 Inleiding**

De specificatie van de breeknaald geeft aan dat de achterzijde van de breeknaald een gat van 2 mm diep en een diameter van 0.55 mm moet hebben. Het gebruik van een holle naald heeft als voordeel dat dit gat niet gemaakt hoeft te worden. De warmtestroom zal bij een holle naald echter anders zijn dan bij een massieve naald en dat kan problemen opleveren.

In dit hoofdstuk zal nader worden ingegaan op de veranderingen in de behandelde zone van een holle naald tijdens een warmtebehandeling. Hiertoe wordt een aantal naalden behandeld met de single shot methode, waarna vervolgens hardheidsmetingen en een structuuronderzoek worden uitgevoerd. De foto's van het structuuronderzoek zijn opgenomen in bijlage D. Er wordt gebruik gemaakt van roestvaste stalen naalden van het materiaal AISI 304 met een buitendiameter van 1.0 mm en een binnendiameter van 0.55 mm. De naalden worden geleverd in austenitische toestand met een hardheid van ongeveer 375 HV.

### **5.2 Lasersettings bij de holle naald**

Gezien de hardingsdiepte (0.3 mm) bij de massieve naald zijn bij de behandeling van de holle naalden in eerste instantie dezelfde lasersettings gebruikt. Deze lasersettings hebben echter bij de holle naald tot gevolg dat er een met het blote oog zichtbare insnoering optreedt. De naald wordt dus plaatselijk veel te warm als gevolg van een slechte warmte afvoer. Er moet dus minder vermogen aan de naald worden toegevoerd. Een lasersetting waarbij geen insnoering optreedt is:

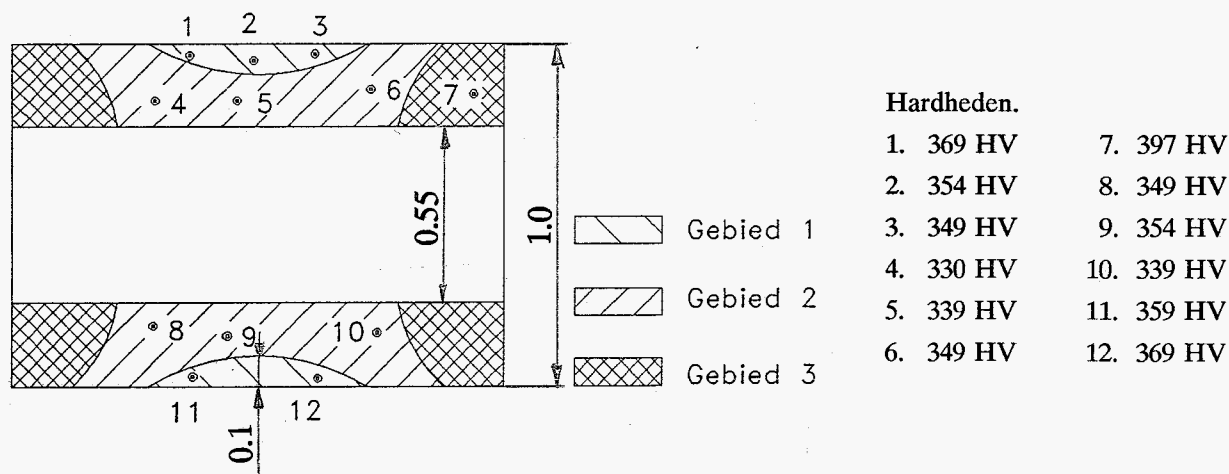
- Pulshoogte 15 A
- Puls lengte 8 ms
- Aantal pulsen 8
- Frequentie 5 Hz

Natuurlijk zijn ook andere settings te mogelijk.

### **5.3 Hardheidsmetingen**

Om de hardheid te kunnen bepalen over de doorsnede van een behandelde naald zijn

een aantal naalden doorgeslepen en gepolijst, zie figuur D9. Hardheidsmetingen zijn alleen uitgevoerd op een lengtedoorsnede van de naald. In figuur 5.1 staan de resultaten van deze metingen.



**Figuur 5.1** Resultaten van de hardheidsmetingen op een lengtedoorsnede van een AISI 304 naald.

Het is duidelijk te zien dat de hardheid niet toeneemt. Er is zelfs een geringe afname van de hardheid waar te nemen.

#### 5.4 Structuuronderzoek.

Tenslotte is gekeken naar de structuur van de AISI 304 naald van de met de laser behandelde zone. In de figuur 5.1 zijn duidelijk twee zones te zien. Gebied 2 (zie figuur D11) heeft een austenitische structuur. Het verschil met het uitgangsmateriaal is dat de laminaire structuur van het austeniet is verdwenen. Deze structuurverandering veroorzaakt waarschijnlijk de geringe hardheidsafname. In gebied 3 is de laminaire structuur nog te zien (figuur D10).

Ondanks het feit dat de hardheid in gebied 1 en gebied 2 hetzelfde is, is er een verschil in structuur te zien. Tijdens de behandeling is het materiaal in gebied 1 even gesmolten. Een stollingsstructuur is echter moeilijk waar te nemen.

## 5.5 Conclusies

Het is niet mogelijk om de laserparameters zo in te stellen dat aan de gewenste breekspecificaties wordt voldaan. De hardheid in de behandelde zone neemt niet toe door de warmtebehandeling, hetgeen betekent dat de naald taai breekt. Breuk vindt echter wel in deze behandelde zone plaats. Aan de hand van dit resultaat mag geconcludeerd worden dat naast AISI 304 ook de andere materialen uit de AISI 300-serie ongeschikt zijn om te harden aan de lucht. Dit wordt veroorzaakt door het hoge percentage legeringselementen, waardoor de  $M_s$  temperatuur te laag wordt (hfdst. 1). Het slecht kunnen afvoeren van de warmte vormt een groot probleem bij de behandeling van holle naalden. Bij holle naalden uit de AISI 400-serie zal dit probleem iets minder groot zijn in verband met de betere geleidbaarheid van deze metalen. Toch zullen bij de behandeling van de holle naalden uit de AISI 400-serie de laserparameters ook moeten worden aangepast. Dit zal invloed hebben op de hardingsdiepte. Het is moeilijk te voorspellen wat de invloed hiervan op de breek eigenschappen van de naald zal zijn. Duidelijk is dat als niet voldoende warmte kan worden afgevoerd door het omliggende materiaal het laservermogen moet worden verlaagd. Dit houdt echter een kleinere hardingsdiepte in.

## 6. Conclusies

- a) Het harden met behulp van een laser van de huidige AISI 420 naalden is mogelijk. Het is echter erg moeilijk, zometertijd onmogelijk, om de naald met een buitendiameter van 1.0 mm zo te behandelen dat aan de breekspecificaties wordt voldaan.
- b) Bij het aanbrengen van een zwakke zone in de AISI 420 naalden door middel van laserharden ontstaat een gebied waarin conventionele harding plaatsvindt, maar ook een gebied waarin door smelten en vervolgens heel snel stollen een hardheidstoename plaatsvindt. Dit laatste is een volstrekt andere manier van harden en is moeilijk te analyseren.
- c) Het harden aan de lucht van een metaal uit de AISI 300-serie blijkt niet mogelijk te zijn. De hardheid neemt niet toe en de naalden breken niet binnen de gewenste breekspecificaties.
- d) De verzwakking aanbrengen in een holle naald door middel van harden is moeilijker in verband met de afvoer van de warmte. Een te hoog laservermogen geeft bij de AISI 304 naald een duidelijke insnoering te zien. Ook de binnendiameter is op de behandelde plaats niet meer gelijk aan de oorspronkelijke binnendiameter.
- e) In verband met de warmte afvoer zullen bij holle naalden de lasersettings anders zijn dan als bij massieve naalden van hetzelfde materiaal.
- f) Hoewel het verder niet aan de orde is gekomen is een betere inklemming tijdens de laserbehandeling van de naald wel gewenst. Het excentrisch roteren van de naald heeft tot gevolg dat de breek eigenschappen van de naald niet rotatiesymmetrisch zijn. Dit leidt tot een grotere standaarddeviatie bij de vierpuntsbuigproef.



## 7. Aanbevelingen

- a) Het proces waarbij het materiaal harder wordt door het smelten en vervolgens stollen nader onderzoeken. Het komt in principe overeen met het laserlasproces.
- b) Holle naalden, eventueel met een verschillende buitendiameter (0.8 mm, 0.9 mm en 1.0 mm), maar met een binnendiameter van 0.55 mm behandelen. Van welk materiaal deze naalden moeten zijn is moeilijk te zeggen. Gedacht moet worden aan een staalsoort uit de AISI 400-serie, omdat deze materialen goed te harden zijn. Ook zullen de lasersettings moeten worden aangepast.
- c) Een beter inklemmechanisme bedenken, zodat de naald niet meer excentrisch ronddraait. Een mogelijkheid hierbij is het centreren van de naaldpunt. Een totaal andere oplossing om te voorkomen dat de naald niet rotatiesymmetrisch behandeld wordt, is het aanpassen van het CNC besturingsprogramma. In grote lijnen betekent dit dat de maximale uitwijking van de naald moet worden bepaald. Met deze gegevens moet de beweging van de overige assen zo worden ingesteld dat elke puls op dezelfde manier op de naald geplaatst wordt.
- d) Eventueel massieve naalden van het roestvrijstaal AISI 420 met een kleinere diameter behandelen. De lasersettings zullen hierbij waarschijnlijk moeten worden aangepast. Deze aanpassing zal echter gering zijn gezien de hardingsdiepte bij de gebruikte lasersettings.
- e) Met een aantal eenvoudige testen uitzoeken wat de invloed van de laserbehandeling op de corrosiebestendigheid van de naalden is.

## Literatuuropgave

- [1] **Kapteijns, B.**  
Het aanbrengen van een breekplaats op een chirurgische naald met behulp van een laser.  
Rapport WFW 91.072 Technische Universiteit Eindhoven, 1991.
- [2] **Een uitgave van de FME**  
Laserbewerkingen VM80.  
Vereniging voor de metaal- en de elektrotechnische industrie FME, 1988.
- [3] **Zaat, J.H.**  
Technische metaalkunde, deel 3, staal en gietijzer.  
Agon Elsevier Amsterdam, 1975.
- [4] **Marshall, P.**  
Austenitic Stainless Steels, Microstructure and Mechanical Properties.  
Elsevier Applied Science Publishers LTD 1984.
- [5] **Stiomak/ tht**  
Materiaalkeuze in de werktuigbouwkunde  
Stam Technische Boeken BV, 1978.
- [6] **Zaat, J.H., Landheer, D.**  
Collegedictaat Materiaalkunde, faculteit der Werktuigbouwkunde Technische Universiteit Eindhoven, 1986.  
Dictaatnummers: 4535, 4560, 4561, 4572.
- [7] Postacademische cursus, Materiaalbewerking met lasers, faculteit der Werktuigbouwkunde, Universiteit Twente, 1987.

## Bijlage A. Gebruikte apparatuur

### De Neodymium laser

Voor de behandeling van de naalden is gebruik gemaakt van gepulste Nd:YAG laser. De emissie van deze laser ligt in het infrarode gebied bij een golflengte van  $1.06 \mu\text{m}$ . Medtronic heeft verschillende lasers. De gebruikte laser bedient via glasvezelkabels twee werkstations, hetgeen inhoudt dat er soms gewacht moet worden op de andere gebruiker. Dit gebeurt via het principe van time sharing. In tabel 3.1 van hoofdstuk 3 zijn reeds de gegevens van de laser vermeld.

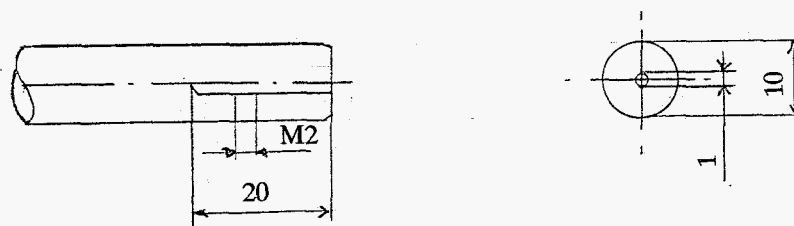
### De hardheidsmeter

Voor de hardheidsmetingen is gebruik gemaakt van een microhardheidsmeter, model 'Vertival' 30-G6746 van de Duitse firma Jena. Het indrukkingsgewicht bij de metingen was 160 gram. De diagonaallengte van de indrukking kan met behulp van een formule of tabel worden omgezet in Hardheden Vickers (HV).

### De vierpuntsbuigtest

Voor het bepalen van het breekmoment en de breekhoek is gebruik gemaakt van een Insstrom 4301 trekbank. Met behulp van een eenvoudig testapparaat kan op deze trekbank een vierpuntsbuigproef worden uitgevoerd. Uit de kracht en de verplaatsing kan vervolgens het breekmoment en de breekhoek worden berekend.

### De proefstukhouder



**Figuur A1** Proefstukhouder voor naalden met een buitendiameter van 1.0 mm.

Bovenstaande houder kan op een stappenmotor worden geplaatst, waarmee de naald om zijn lengte-as wordt rondgedraaid. De Zwitserse firma Macatra s.a. levert deze houders.

## Bijlage B. Programmatuur

In deze bijlage staan het PLC-programma en het CNC-programma die gebruikt zijn voor de besturing van de naald en laser. Er is uitgegaan van een bestaand programma dat bij Medtronic gebruikt wordt voor het laserlassen. Dit programma is op enkele punten aangepast [1].

De single shot en continue shot methode zijn beide in onderstaand programma weergegeven. Voor de single shot methode zijn de regels 0711 - 0728 van belang en kunnen de regels 0729 - 0734 worden weggelaten. Voor de continue shot methode zijn juist de regels 0729 - 0734 van belang en kunnen de regels 0711 - 0728 worden weggelaten.

### PLC-Programma

```

1  S100.M10.NE1.NE17;SA15 RA16 SA23 SA24 S101
2  S101.M10.NE1.E17;RA15 SA16 SA23 SA24 S100
3  NE21;RA5 RA2 RA4
4  NM63.E21.S1;SA2 SM63 S2
5  NM63.S2;SM63 RA2 S1
6  S2.NE21;RM11
7  NE57;M57
8  S200.E21;RA24 T15 S201
9  S201.T;SA24 S202
10 S202.NE21;S200
11 PE
12
13 M02
14 M02
15 Σ
16 Σ
17 HW HARDENING PROCEDURE 910721 BK/RH

```

## CNC-Programma

```

1  G96 ;HW HARDEBNING PROCEDURE 910721 BK/RH
2  G45 G04T1 G44
3  G46
4  G22L1001
5  G22L2201
6  G22L2101
7  $CHANGES$
8  G22L0901
9  $CONDIT$
10 G22L0801
11 G22L0401
12 G22L0701
13 G22L0501
14 G20$CONDIT$
15 $WELDZ$
16 G22L1101
17 $WELD$
18 G22L1201
19 G22L1401
20 G22L1501
21 G46
22 G48.0505 ANY KEY TO CONTINU$
23 G48.0705 CONTINU BUT CHANGE PARAMETERS <P>$
24 G48.0905 STOP <S>$
25 G21.?
26 G21-P$CHANGES$
27 G21-S$STOPS$
28 G20$WELDS$
29 $STOPS$
30 G46
31 G48.1005 END PROGRAMS
32 G45
33 ;
34 ;
35 ;
36 ;
37 ;
38 ;
39 ;
40 ;
41 ;
42 ;
43 ;
44 ;
45 ;
46 ;
47 ;
48 ;
49 ;
50 G98L01 ; FOECODE 101
51 RLAD R2;0
52 ;REGEL52 $MODPWS
53 SM6
54 RADD R2;R2;1
55 G46
56 G48.0705 PASSWORD:$
57 G21.?
58 G21-EL60
59 RM6
60 ;REGEL60 $PW1$
61 G48.0715 X$
62 G21.?
63 G21-SL65
64 RM6
65 ;REGEL65 $PW2$
66 G48.0716 X$
67 G21.?
68 G21-TL70
69 RM6
70 ;REGEL70 $PW3$
71 G48.0717 X$
72 G21.?
73 G21-CL75
74 RM6
75 ;REGEL75 $PW4$
76 G48.0718 X$
77 G21M6L92
78 RTST R2;3
79 G21ZL83
80 G48.0705 INCORRECT PASSWORD TRY AGAIN$
81 G04T1

```

```
82 G20L52
83 ;REGEL83 $ENDPW$
84 G46
85 G48.0715 UNAUTHORIZED CHANGE $
86 G48.0815 PROGRAM WILL BE LOCKED$
87 G48.0915 CALL FOR ENGINEERS$
88 G04T1
89 G46
90 G04T0.5
91 G20L83
92 ;REGEL92 $OKPW$
93 G470D
94 G99
95 ;
96 ;
97 ;
98 ;
99 ;
100 G98L02 ;          FOECODE ???
101 G46
102 G48.0505 WRONG KEY PRESS <ENTER>$
103 G470D
104 G99
105 ;
106 ;
107 ;
108 ;
109 ;
110 G98L03 ;          FOECODE 102
111 G46
112 RM5
113 G48.0305 CHECK FYSICAL LIMITS$
114 RTST R13;500
115 G21PL127
116 RTST R11;500
117 G21PL127
118 RTST R12;80
119 G21PL127
120 RTST R13;0
121 G21NL132
122 RTST R11;0
123 G21N132
124 RTST R12;0
125 G21NL132
126 G20L137
127 ;REGEL127 $HIGH$
128 G48.1305 HIGH LIMIT ERRORS$
129 G48.1405 PRESS ANY KEY TO CONTINUS
130 G21.?
131 SM5 G20L200
132 ;REGEL132 $LOW$
133 G48.1305 LOW LIMIT ERRORS$
134 G48.1405 PRESS ANY KEY TO CONTINUS
135 G21.?
136 SM5 G20L200
137 ;REGEL137 $ACCEPT$
138 G48.0332 ACCEPTED$
139 G48.0505 CHECK PULSE ENERGY$
140 RMUL R13;R13;10
141 RMUL R11;R11;10
142 RMUL R12;R12;100
143 RSUB R9;R13;2600
144 RDIV R9;R9;24
145 RMUL R9;R9;1772
146 RADD R9;R9;241900
147 RSUB R8;R12;4000
148 RDIV R8;R8;38
149 RMUL R8;R8;1887
150 RADD R9;R9;R8
151 RSUB R8;R11;2600
152 RDIV R8;R8;24
153 RMUL R8;R8;124
154 RADD R9;R9;R8
155 RSUB R8;R13;2600
156 RDIV R8;R8;24
157 RMUL R8;R8;R8
158 RMUL R8;R8;293
159 RMUL R9;R9;100
160 RADD R9;R9;R8
161 RSUB R8;R11;2600
162 RDIV R8;R8;24
163 RMUL R8;R8;R8
164 RMUL R8;R8;176
```

```
165  RSUB R9;R9;R8
166  RSUB R8;R13;2600
167  RDIV R8;R8;24
168  RSUB R7;R12;4000
169  RDIV R7;R7;38
170  RMUL R8;R8;R7
171  RMUL R8;R8;1552
172  RADD R9;R9;R8
173  RADD R9;R9;50000
174  RDIV R9;R9;100
175  RDIV R9;R9;1000 RLAD R23;R9
176  G48.1205 ENERGY PER PULSE IS:$
177  G48.1241 JOULE$
178  ROUT23.2.1228
179  G48.0532 ACCEPTED$
180  G48.0705 CHECK LASERPOWERS$
181  RMUL R8;R9;R11 RLAD R24;R8 RDIV R24;R24;1000
182  RTST R8;900000
183  G21PL194
184  G48.1305 LASER OUTPUT POWER IS:$
185  G48.1341 WATT$
186  ROUT24.1.1328
187  G48.0732 ACCEPTED$
188  G48.1505 PRESS ANY KEY TO CONTINUS
189  G21.?
190  RDIV R11;R11;10
191  RDIV R12;R12;100
192  RDIV R13;R13;10
193  G20L200
194  ;REGEL194 $NOTACCS
195  SM5
196  G46
197  G48.0505 YOUR RECENT CHANGE IS NOT ACCEPTABLES
198  G48.1005 PRESS ANY KEY TO CONTINUS
199  G21.?
200  ;REGEL200 $ENDS$
201  G99
202  ;
203  ;
204  ;
205  ;
206  ;
207  G98L04 ;                FOECODE 103
208  G46
209  G48.0505 START CONVERT ROUTINES$
210  RA25 RA26 RA27 RA28 RA29 RA30 RA31 RA32
211  RTST R4;800
212  G21NL215
213  SA32
214  RSUB R4;R4;800
215  ;REGEL215 $STAP1$
216  RTST R4;400
217  G21NL220
218  SA31
219  RSUB R4;R4;400
220  ;REGEL220 $STAP2$
221  RTST R4;200
222  G21NL225
223  SA30
224  RSUB R4;R4;200
225  ;REGEL225 $STAP3$
226  RTST R4;100
227  G21NL230
228  SA29
229  RSUB R4;R4;100
230  ;REGEL230 $STAP4$
231  RTST R4;80
232  G21NL235
233  SA28
234  RSUB R4;R4;80
235  ;REGEL235 $STAP5$
236  RTST R4;40
237  G21NL240
238  SA27
239  RSUB R4;R4;40
240  ;REGEL240 $STAP6$
241  RTST R4;20
242  G21NL245
243  SA26
244  RSUB R4;R4;20
245  ;REGEL245 $STAP7$
246  RTST R4;10
247  G21NL250
```

```

248 SA25
249 RSUB R4;R4;10
250 ;REGEL250 $STAP8$
251 G48.0605 PARAMETER IS CONVERTED$
252 G04T0.5
253 G99
254 ;
255 ;
256 ;
257 ;
258 G98L05 ; FOECODE 104
259 SM15 G22L0701
260 G46
261 G21M7L265
262 G21M8L270
263 G21M9L275
264 G22L1301
265 ;REGEL265 $SENDRR$
266 G48.0505 SEND REPRATE TO LASER$
267 RM7 SA34 RA35 RA36 SA37
268 G04T0.25
269 G20L280
270 ;REGEL270 $SENDPH$
271 G48.0505 SEND PULSEHEIGHT TO LASERS
272 RM8 RA34 SA35 RA36 SA37
273 G04T0.25
274 G20L280
275 ;REGEL275 $SENDPW$
276 G48.0505 SEND PULSEWIDTH TO LASERS
277 RM9 RA34 RA35 SA36 SA37
278 G04T0.25
279 G20L280
280 ;REGEL280 $ENDSND$
281 G22L2001 ;LASERSELEKTIE
282 G22L2301
283 RA25 RA26 RA27 RA28 RA29 RA30 RA31 RA32
284 RA38 RA34 RA35 RA36 RM15
285 G04T0.25
286 G99
287 ;
288 ;
289 ;
290 G98L06 ; FOECODE ???
291 RADD R1;R1;1
292 RTST R1;250
293 G21PL295
294 G20L304
295 ;REGEL295 $SHUTOF$
296 G46
297 G48.0505 CONDITION IS CHECKED 250 TIMES$
298 G48.0605 STILL NO RESPONSE$
299 G48.0805 PLEASE CALL FOR ENGINEERS$
300 G48.0905 OR TRY AGAIN BY PRESSING <ENTER>$
301 G470D
302 G46
303 RLAD R1;0
304 ;REGEL304 $ENDCHR$
305 G99
306 ;
307 ;
308 ;
309 ;
310 ;
311 G98L07 ; FOECODE 105
312 G46
313 ;REGEL313 $RESINT$
314 G21M33L317
315 G21E57L317
316 G20L326
317 ;REGEL317 $NOTRDY$
318 G46
319 G48.0510 CNC PROGRAM CAN'T CONTINUS
320 G48.0610 INTERFACE IS NOT READY$
321 G48.0710 CALL FOR ENGINEER OR PRESS$
322 G48.0910 <ENTER>$
323 G470D
324 RA33 RM33
325 G20L313
326 ;REGEL326 $READY$
327 G46
328 G48.0505 INTERFACE READY$
329 G04T0.25
330 G99

```



```
331 ;
332 ;
333 ;
334 ;
335 ;
336 G98L08 ;                FOECODE 106
337 RMUL R19;R7;5 ;PROCENTUEEL PULSEWIDTH
338 RMUL R20;R6;1 ;PROCENTUEEL PULSEHEIGHT IMAX=100
339 G46
340 G21M7L345
341 G21M8L350
342 G21M9L355
343 RA38
344 G20$WELDZ$
345 ;REGEL345 $R5TOR4$
346 RLAD R4;R5
347 G48.0505 RAPRATE LOADED IN REGISTERS$
348 G04T0.25
349 G20L360
350 ;REGEL350 $R6TOR4$
351 RLAD R4;R20
352 G48.0505 PULSEHEIGHT LOADED IN REGISTERS$
353 G04T0.25
354 G20L360
355 ;REGEL355 $R7TOR4$
356 RLAD R4;R19
357 G48.0505 PULSEWIDTH LOADED IN REGISTERS$
358 G04T0.25
359 G20L360
360 ;REGEL360 $ENDKON$
361 G99
362 ;
363 ;
364 ;
365 ;
366 ;
367 G98L09 ;                FOECODE 110
368 ;REGEL368 $BEGIN$
369 RM5
370 RLAD R11;R5
371 RLAD R12;R7
372 RLAD R13;R6
373 ;REGEL373 $MODPAR$
374 G46
375 G48.0205 WELDPARAMETERS ARE:$
376 G48.0410 REPRATE (hz) :$
377 G48.0510 PULSEHEIGHT (A) :$
378 G48.0610 PULSEWIDTH (ms) :$
379 ROUT11.1.0430
380 ROUT13.1.0530
381 ROUT12.1.0630
382 G48.0805 CHANGE WELDPARAMETERS PRESS <>$
383 G48.1010 REPRATE <R> (PROTECTED)$
384 G48.1110 PULSEHEIGHT <H>$
385 G48.1210 PULSEWIDTH <W> (PROTECTED)$
386 G48.1505 ANY KEY TO CHECK OR CONTINUS
387 G21.?
388 G21-RL392
389 G21-HL411
390 G21-WL420
391 G20L439
392 ;REGEL392 $RRATES$
393 SM7
394 G46
395 G48.0505 CHANGE REPRATES
396 G48.0605 ONLY POSSIBLE BY AUTHORIZED PERSONS
397 G48.0805 <G>-----FOR GO$
398 G48.0905 ANY KEY---FOR NO GO$
399 G21.?
400 G21-GL404
401 G20L373
402 ;REGEL402 $GORATES$
403 G22L0101
404 ;REGEL404 $OKRATES$
405 G46
406 G48.0505 OLD REPRATE:$
407 ROUT11.1.0525
408 G48.0705 NEW REPRATE:$
409 RIN11.1.0725
410 G20L373
411 ;REGEL411 $HEIGHTS$
412 SM8
413 G46
```

```

414 G48.0505 CHANGE PULSEHEIGHTS
415 G48.0705 OLD PULSEHEIGHT:$
416 ROUT13.1.0730
417 G48.1005 NEW PULSEHEIGHT:$
418 RIN13.1.1030
419 G20L373
420 ;REGEL420 $WIDTHS
421 SM9
422 G46
423 G48.0505 CHANGE PULSEWIDTHS
424 G48.0605 ONLY POSSIBLE BY AUTHORIZED PERSONS
425 G48.0805 <G>-----FOR GO$
426 G48.0905 ANY KEY--FOR NO GO$
427 G21.?
428 G21-GL432
429 G20L373
430 ;REGEL430 $GOWDTHS
431 G22L0101
432 ;REGEL432 $OKWDTHS
433 G46
434 G48.0505 OLD PULSEWIDTH:$
435 ROUT12.1.0530
436 G48.0705 NEW PULSEWIDTH:$
437 RIN12.1.0730
438 G20L373
439 ;REGEL439 $CHECKS
440 G22L0301
441 G21MSL443
442 G20L449
443 ;REGEL443 $REJECTS
444 G46
445 G48.0505 OLD WELDPARAMTERS WILL BE LOADED$
446 G48.1005 PRESS ANY KEY TO CONTINUS
447 G21.?
448 G20L368
449 ;REGEL449 $SCH_OK$
450 G46
451 G48.0505 NEW VALUES ARE ACCEPTED$
452 RLAD R5;R11
453 RLAD R6;R13
454 RLAD R7;R12
455 RM5
456 G99
457 ;
458 ;
459 ;
460 G98L10 ;                FOECODE ???
461 M20
462 SM5 SM6 SM7 SM8 SM9 RM10 SM11 RM15 RM16 RM33 SM63
463 RA1 RA2 RA4 RA5 SA6 SA9 RA10 RA11 SA12 RA13 SA14
464 SA15 RA16 RA17 SA23 SA24 RA33 RA34 RA35 RA36 RA37
465 RLAD R1;0 RLAD R2;0 RLAD R3;0
466 RLAD R5;150 RLAD R7;12
467 RLAD R8;0 RLAD R9;0 RLAD R10;0
468 ;REGEL468
469 G46
470 G48.0210 MEDTRONIC ESTC KERKRADE HOLLANDS
471 G48.0510 *****$
472 G48.0610 * HW-NEEDLE HARDNENING PROCEDURE
473 G48.0710 *****$
474 G48.1010 FOECODES  CNC: FOE20AS
475 G48.1110          PLC: FOE21AS
476 G48.1210 VERSION   : 910422$
477 G48.1410 PRESS <H> FOR LOGGING HISTORY$
478 G48.1510 PRESS ANY KEY TO START PROGRAMS
479 G21.?
480 G21-HL482
481 G20L485
482 ;REGEL482
483 G22L1801
484 G20L468
485 ;REGEL485
486 G22L1701
487 G99
488 ;
489 ;
490 ;
491 ;
492 ;
493 G98L11 ;                FOECODE ???
494 G46
495 G48.0405 SELECTED PARAMETERS ARE:$
496 G48.0610 REPRATE      (hz):$

```

```

497 G48.0710 PULSE HEIGHT (A) :$
498 G48.0810 PULSE WIDTH (ms):$
499 G48.0910 PULSE ENERGY (J) :$
500 G48.1010 LASER POWER (W) :$
501 ROUT5.1.0630
502 ROUT6.1.0730
503 ROUT7.1.0830
504 ROUT23.2.0930
505 ROUT24.1.1030
506 ROUT5.1.0640
507 ROUT20.1.0740
508 ROUT19.1.0840
509 G48.0642 =$
510 G48.0650 %$
511 G48.0742 =$
512 G48.0750 %$
513 G48.0842 =$
514 G48.0850 %$
515 G48.1205 <C>-----FOR CHANGES
516 G48.1305 ANY KEY---FOR NO CHANGES
517 G21.?
518 G21-CL520
519 G20L522
520 ;REGEL520 $GOWELDS
521 G23$CHANGES
522 ;REGEL522 $CH_Z$
523 F45000 Z-40
524 G46
525 G48.0505 POSITION Z-AXIS FOR:$
526 G48.0710 JOGGING:$
527 G48.0810 WELDING:$
528 G48.1005 <C>-----FOR CHANGE (PROTECTED)$
529 G48.1105 ANY KEY---FOR NO CHANGES
530 ROUT21.2.0725
531 ROUT22.2.0825
532 G21.?
533 G21-CL535
534 G20L563
535 ;REGEL535 $CHANGZS
536 G46
537 G48.0505 CHANGE POSITION Z-AXISS
538 G48.0605 ONLY POSSIBLE BY AUTHORIZED PERSONS
539 G48.0805 <G>-----FOR GO$
540 G48.0905 ANY KEY---FOR NO GO$
541 G21.?
542 G21-GL544
543 G20L563
544 ;REGEL544 $GOCHAZS
545 G22L0101
546 ;REGEL546 $NEWZS
547 G46
548 G48.0505 OLD Z-VALUE JOGGING:$
549 G48.0605 NEW Z-VALUE JOGGING:$
550 ROUT21.2.0535
551 RIN21.2.0635
552 ROUT21.2.0635
553 G48.0805 OLD Z-VALUE WELDING:$
554 G48.0905 NEW Z-VALUE WELDING:$
555 ROUT22.2.0835
556 RIN22.2.0935
557 ROUT22.2.0935
558 G48.1105 <N>---FOR NOT OK$
559 G48.1205 ANY KEY----FOR OK$
560 G21.?
561 G21-NL546
562 G20L563
563 ;REGEL563 $STPOSS
564 F45000
565 G46
566 G48.0605 Y-AXIS TO START POSITIONS$
567 G01 Z-100
568 ;G92L01RXY
569 G99
570 ;
571 ;
572 ;
573 ;
574 ;
575 G98L12 ; FOECODE ???
576 ;REGEL576
577 RA13 SA14 G04T0.25 SA9 RA10 RA11 SA12;INITIALISATIE
578 G46
579 G48.0505 POSITION SHIELD IN FIXTURE$

```

```

580 G48.1105 ESCAPE-----<E>$
581 G48.1305 ANY KEY TO CONTINU$
582 G21.?
583 G21-EL600
584 SA11 RA12 G04T0.25 ;F/T KLEM VOORUIT
585 SA13 RA14 G04T0.25 ;F/T KLEM BENEDEN
586 RA9 SA10 ;SHIELDLOCATOR IN
587 G46
588 G48.0505 SHIELD FIXED$
589 G48.0605 POSITION FT IN SHIELDS$
590 G48.1105 ESCAPE-----<E>$
591 G48.1305 ANY KEY TO CONTINU$
592 G21.?
593 G21-EL576
594 G46
595 G48.0505 TO JOGPOSITION$
596 F45000
597 ;G92L01RXY
598 RLAD Z;R21
599 G20L602
600 ;REGEL600 $CHANGES
601 G23$WELDZ$
602 ;REGEL602 $ENDS
603 G99
604 ;
605 ;
606 ;
607 ;
608 ;
609 G98L13 ; FOECODE ???
610 ;REGEL610 $RETURNS
611 G46
612 G04T0.5
613 G48.0505 SOFTWARE FAILURE CALL ENGINEERS$
614 G04T1
615 G20L610
616 G99
617 ;
618 ;
619 ;
620 ;
621 ;
622 G98L14 ; FOECODE ???
623 ;REGEL623 $JOGVW$
624 F45000
625 G46
626 G48.0305 JOG VIEW ROUTINES$
627 G48.0505 JOG (+)X <X>$
628 G48.0605 JOG (-)X <C>$
629 G48.0705 JOG (+)Y <Y>$
630 G48.0805 JOG (-)Y <U>$
631 G48.0905 VIEW (+)A <V>$
632 G48.1005 VIEW (-)A <S>$
633 G48.1405 CONTINU <G>$
634 G20L938 ;48.1305 ESCAPE-----<E>$
635 G21.?
636 G21-XL646
637 G21-CL649
638 G21-YL652
639 G21-UL655
640 G21-VL658
641 G21-SL662
642 G21-GL668
643 G20L943
644 G22L0201
645 G20L623
646 ;REGEL646 $JOG+X$
647 G91 X0.25
648 G20L623
649 ;REGEL649 $JOG-X$
650 G91 X-0.25
651 G20L623
652 ;REGEL652 $JOG+Y$
653 G91 Y0.05
654 G20L623
655 ;REGEL655 $JOG-Y$
656 G91 Y-0.05
657 G20L623
658 ;REGEL658 $VIEW+A$
659 F45000
660 G91 A02
661 G20L623
662 ;REGEL662 $VIEW-A$

```

```
663 F45000
664 G91 A-02
665 G20L623
666 ;REGEL666 $ESCAPES$
667 G23$WELDZ$
668 ;REGEL668 $GOSHOTS$
669 G92L01XY
670 G99
671 ;
672 ;
673 ;
674 ;
675 G98L15 ; FOECODE ???
676 SM16 F45000
677 G46
678 G48.0505 TO STARTPOSITION WELDINGS$
679 RLAD Z;R22
680 ;G92L01RXY
681 G48.0505 CLOSE DOOR $
682 SA16 RA15 SA23 SA24 SM10
683 RLAD R1;0
684 ;REGEL684 $OPEN$
685 G21E21L688 ;DOOR CLOSED
686 G22L0601
687 G20L684
688 ;REGEL688 $CLOSE$
689 RM10 ;DOOR BLOCKED
690 G48.0505 DOOR CLOSED $
691 G22L0701 ;CHECK INTERFACE
692 SA33
693 G04T0.25
694 G22L2001 ;SELECT LASER
695 G22L2301 ;HANDSHAKE
696 G46
697 G48.0505 SWITCH LASER IN REMOTES$
698 E4
699 G48.0505 LASER IN REMOTE CONTROL$
700 G48.0705 SET LASERCONDITIONS$
701 RA5
702 G48.0810 SET GATE HIGH$
703 G04T0.25
704 SA6 SA4
705 G48.0910 START CLOCKS$
706 G04T1
707 SA17
708 G48.1010 START ARGONFLOWS$
709 G04T1
710 E18
711 ;RLAD R1;0
712 ;G20L715
713 ;REGEL713
714 ;G91 A90 F45000
715 ;REGEL715 $SINGLES$
716 ;RADD R1;R1;1
717 ;G48.1305 SHOT NUMBER:$
718 ;ROUT1.0.1325
719 ;SA1
720 ;G04T0.25
721 ;RA1
722 ;RTST R1;4
723 ;G21NL713 ;BACK TO A90
724 G46
725 ;G48.0505 FT IS SPOTWELDED$
726 ;G48.0605 RAMP DOWN$
727 ;RA6 G04T1
728 G48.0805 LASER MACHINING STARTED$
729 F1500
730 G62
731 G91 A-45
732 M12 ;SHUTTER OPEN EN RAMP UP
733 G91 A-425
734 M12 ;RAMP DOWN
735 G91 A-330 G60
736 RA2 RA4 ;SHUTTER DICHT EN KLOK UIT
737 G48.1005 LASER MACHINING COMPLETED$
738 G21M11L744
739 G48.0505 WELDPROCEDURE WAS NOT CORRECT$
740 G48.0605 PLEASE REWELD FEEDTHRU OR REJECT$
741 G48.0805 ANY KEY TO CONTINU$
742 G21.?
743 SM11
744 ;REGEL744 $WELDOK$
745 G46
```

```

746 G48.0505 WELDING FINISHED$
747 G48.0705 RESET LASERS$
748 RA5 RA17 G04T0.5
749 RA38 ;LASER VRIJGEVEN
750 SA15 RA16 SA23 SA24 ;OPEN DOOR
751 G46
752 G48.0505 RELEASE SHIELD ASSY$
753 F45000
754 Z-100
755 ;A-6.24
756 RA13 SA14 G04T0.25 ;KLEM NAAR BOVEN
757 RA11 SA12 G04T0.25 ;KLEM TERUG
758 RA10 SA9 RM16 ;LOCATOR UIT
759 G99
760 ;
761 ;
762 ;
763 ;
764 ;
765 G98L17 ; FOECODE 108
766 SM16 G46
767 RA25 RA26 RA27 RA28 RA29 RA30 RA31 RA32 RA37 RA38
768 G48.0305 RESET COMMUNICATION OUTPUTS$
769 G22L0701
770 SA34 SA35 SA36 SA37
771 G04T0.25
772 G22L2001
773 G22L2301
774 G46
775 G48.0305 COMMUNICATION LINES ZEROS
776 RA34 RA35 RA36 RA37 RA38
777 G48.1205 PRESS ANY KEY$
778 G21.?
779 G99
780 ;
781 ;
782 ;
783 ;
784 ;
785 G98L18; FOECODE ???
786 G46
787 G48.0310 HISTORY $
788 G48.0505 DATE CHANGE PAR$
789 G48.0605 901001 FIRST RELEASE PROGRAMM LMS$
790 G48.0705 910419 TIME SHARING IMPLEMENTED LMS$
791 G48.0805 920621 BREEKNAALD RECHTDOOR LMS$
792 G48.0905 $
793 G48.1005 $
794 G48.1105 $
795 G48.1205 $
796 G48.1305 $
797 G48.1515 PRESS ANY KEY TO CONTINU$
798 G21.?
799 G99
800 ;
801 ;
802 ;
803 ;
804 ;
805 G98L20; FOECODE 109
806 G48.1005 SELECT LASER PROCEDURES$
807 G48.1105-----$
808 RLAD R1;0
809 ;REGEL809
810 G21E63L812
811 G20L818
812 G48.1205 LASER IS SELECTED BY SECOND CABINETS
813 G04T1
814 RADD R1;R1;1
815 G48.1305 WAITING TIME IN SECONDS$
816 ROUT1.0.1335
817 G20L809
818 ;REGEL818 $CONTACTS
819 SA38
820 G48.1205 LASER FREE $
821 G48.1305 WAIT FOR CONFIRMATION $
822 G04T0.25
823 G21E62L830
824 G04T0.25
825 G48.1205 HARDWARE FAILURE PRESS ENTER $
826 G48.1305 OR CALL FOR ENGINEER $
827 G470D
828 RLAD R1;0

```

```


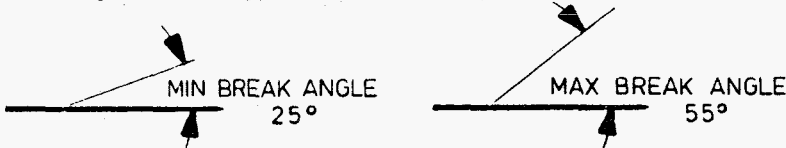
829 G20L809
830 ;REGEL830 $END$
831 G48.1205 $
832 G48.1305 OK $
833 G48.1405 $
834 G04T0.25
835 G99
836 ;
837 ;
838 ;
839 ;
840 G98L21; FOECODE ???
841 ;REGEL841 $START$
842 G46
843 G48.0505 THE PULSEHEIGHT IS:$
844 ROUT6.1.0535
845 G48.0705 PRESS <G> FOR CONFIRMATIONS$
846 G48.1005 *****$
847 G48.1105 CHECK ON SPC CHART!!!!!!$
848 G48.1205 *****$
849 G21.?
850 G21-GL853
851 G22L0201
852 G20L841
853 ;REGEL 853
854 G99
855 ;
856 ;
857 ;
858 ;
859 ;
860 G98L22; FOECODE ???
861 ;REGEL861 $START$
862 G46
863 G48.0505 WHAT DO YOU WANT TO WELD ?$
864 G48.0705 SPECTRAX LIKE FEEDTHRUS <S>$
865 G48.0805 MICRO FEEDTHRUS <M>$
866 G21.?
867 G21-SL871
868 G21-ML880
869 G22L0201
870 G20L861
871 ;REGEL871 $$SPECTRAX$
872 ;RLAD R21;-8396 RLAD R22;-8050 RLAD R6;300 ;JOG/LAS
873 G48.1005 YOUR CHOICE IS SPECTRAX LIKE FEEDTHRUS$
874 G48.1105 CORRECT? Y/N$
875 G21.?
876 G21-YL889
877 G21-NL861
878 G22L0201
879 G20L871
880 ;REGEL880 $MICRO$
881 RLAD R21;-8481 RLAD R22;-8200 RLAD R6;310 ;JOG/LAS
882 G48.1005 YOUR CHOICE IS MICRO FEEDTHRUS$
883 G48.1105 CORRECT? Y/N$
884 G21.?
885 G21-YL889
886 G21-NL861
887 G22L0201
888 G20L880
889 ;REGEL889 $END$
890 G99
891 ;
892 ;
893 ;
894 ;
895 G98L23; FOECODE 111
896 SA33 SM33
897 RLAD R1;0
898 ;REGEL 898
899 G04T0.25 G46 G04T0.25
900 G48.0505 HANDSHAKES$
901 G48.0705 ENABLE HIGH WAIT FOR CONFIRMATION (E57)$
902 G21E57L905
903 G22L0601
904 G20L898
905 ;REGEL 905
906 G48.0805 INPUT 57 HIGH$
907 G21M15L911
908 G21M16L916
909 RA37 RA38 RA33
910 G22L1301
911 ;REGEL 911

```

```
912 RA38 RA37
913 G04T0.25
914 RA33 RM33
915 G20L921
916 ;REGEL 916
917 RA37
918 G04T0.25
919 RA33 RM33
920 G20L921
921 ;REGEL 921
922 RLAD R1;0
923 ;REGEL 923
924 G04T0.25 G46 G04T0.25
925 G48.0505 HANDSHAKES
926 G48.0705 ENABLE LOW WAIT FOR CONFIRMATION (E57)$
927 G21M57L930
928 G22L0601
929 G20L923
930 ;REGEL 930
931 G48.0805 INPUT 57 LOW $
932 G48.1005 HANDSHAKE OK$
933 G99
934 ;M02
935 ;M02
936 ;
937 ;
938 G48.1105 JOG Z.PLUS.Z$
939 G48.1205 JOG Z.MIN.W$
940 G20L635
941 ;
942 ;
943 G21-ZL947
944 G21-WL950
945 G20L644
946 ;
947 G91 Z0.05
948 G20L935
949 ;
950 G91 Z-0.05
951 G20L635
952 G99
953 M02
954 M02
```



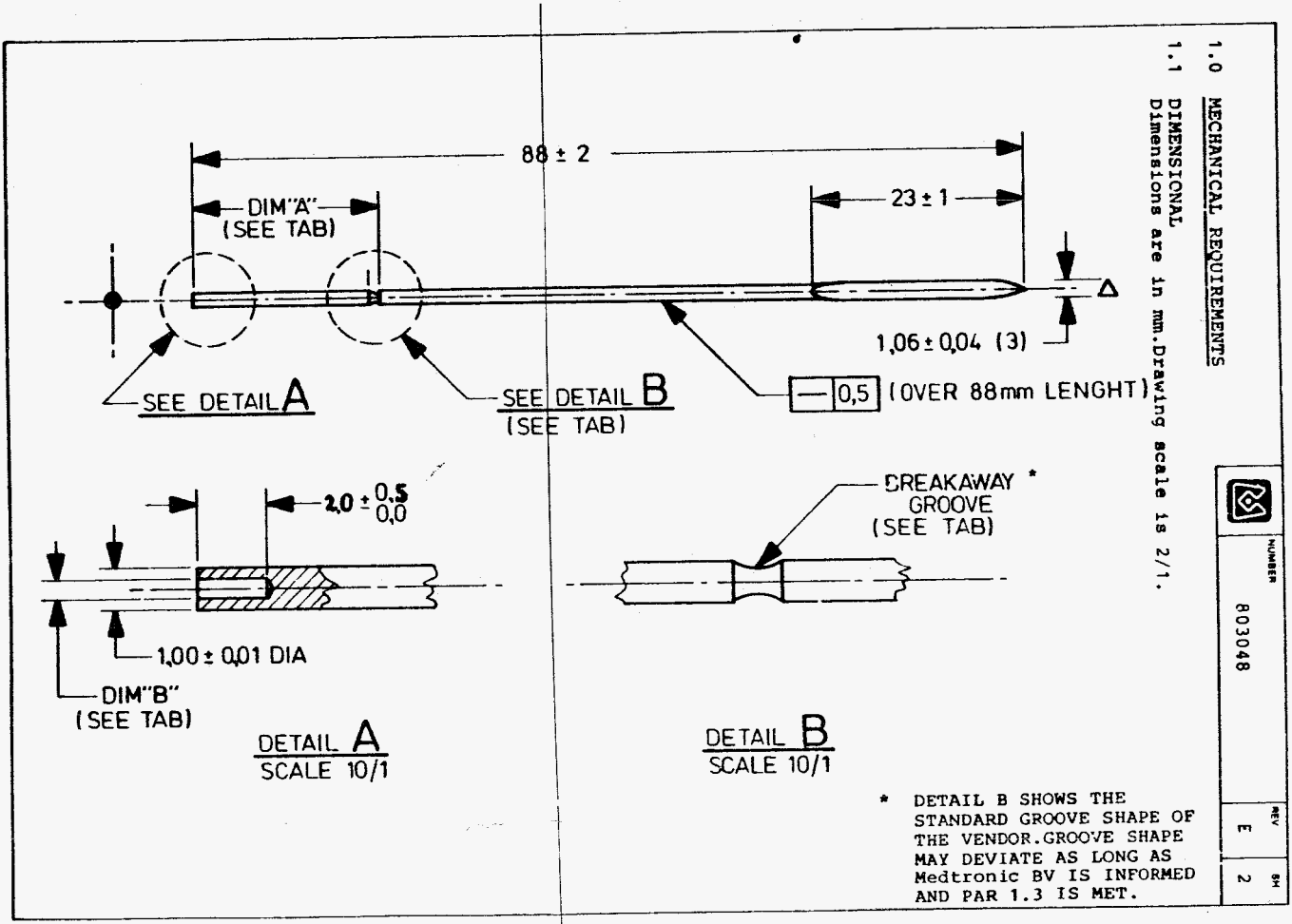
## Bijlage C. Specificaties van de breeknaald

	NUMBER 803048	REV E	SN 3
<p>1.2 SURFACE ROUGHNESSES Needle shall have a reflective finish with an overall surface roughness of max 0,4 µm (16 Ru). See tab and par 1.3.3. for the surface roughness of the breakaway groove.</p>			
<p>1.3 BREAKAWAY GROOVE SPECIFICATIONS (see tab)</p>			
<p>1.3.1 Moment of bending needed to break the needle. Breakaway moment of the groove shall be 155 ± 25 Nmm, when measured with an equipment speed of 25 mm/min.</p>			
<p>1.3.2 Fracture angle. Fracture shall occur in the groove when bending the needle between min. angle of 25 degrees and a max. angle of 55 degrees.</p>			
 <p>The diagram consists of two side-by-side cross-sectional views of a needle groove. The left view is labeled 'MIN BREAK ANGLE' and shows a horizontal line representing the groove floor with an arrow pointing to it. A diagonal line representing the groove wall is shown at an angle of 25 degrees to the horizontal. The right view is labeled 'MAX BREAK ANGLE' and shows a similar horizontal line with an arrow pointing to it. A diagonal line representing the groove wall is shown at an angle of 55 degrees to the horizontal.</p>			
<p>1.3.3 Surface roughness. Breakaway groove may have a matt finish with a max. surface roughness of 1,6 µm (64 Ru).</p>			
<p>1.3.4 Breakaway groove identification. The breakaway groove shall be clearly visible with the unaided eye.</p>			
<p>1.4 PHYSICAL</p>			
<p>1.4.1 Workmanship. Needle shall be atraumatic and non toxic. Needle must be clean and free of cosmetic defects. Needle must be sharp and free of burrs when viewed with 10x magnification. Breakaway groove shall not show cracks or metal scales when viewed with 20x magnification.</p>			
<p>1.4.2 Material. Needle shall be made of AISI 420 stainless steel or equivalent proprietary alloy.</p>			
<p>2.0 <u>MANUFACTURING REQUIREMENTS</u></p>			
<p>2.1 <u>MANUFACTURING ENVIRONMENT</u> The straight needle shall not be exposed to aggressive chemicals or gasses that could influence the used material.</p>			
<p>2.2 <u>NOTIFICATION OF CHANGES</u> Upon approval of Medtronic BV of the initial design, any process changes, design changes or deviations considered by the manufacturer must be submitted to Medtronic BV in writing for review. If changes are submitted for approval, the information submitted shall include a complete description of the change and the effect the change will have on all characteristics of the device. Upon request, the manufacturer shall submit samples of the proposed device for the evaluation and approval of Medtronic BV.</p>			
<p>3.0 <u>COMPLETION</u> This paragraph concludes the specification.</p>			

<b>Medtronic</b>		TYPE ENGINEERING SPECIFICATION	NUMBER 803048	REV E	SHEET OF 3
MEDTRONIC CONFIDENTIAL THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF MEDTRONIC, INC. AND MUST BE KEPT CONFIDENTIAL. IT IS TO BE RETURNED TO THE ORIGINAL SOURCE OR DESTROYED BY THE USER. NO REPRODUCTION OR DISSEMINATION OF THIS DOCUMENT IS PERMITTED WITHOUT PROPER AUTHORIZATION.		TITLE NEEDLE - STRAIGHT, BREAKAWAY		DATE 26AUG-86	APPROVED 6500 P. VAN VENTROOIJ DESIGN MAY 1986/001 REVISED 26AUG-86
REV	DESCRIPTION	ECONO	DATE	APPD	
A	UPDATED REVISION LEVEL CONTROLLED	-	26AUG86	<i>[Signature]</i>	
B	UPDATED PAR 1.1, 1.2, 1.3.1, 1.3.2 AND 1.4.1				
C	RELEASED	87-3003	16DEC86	<i>[Signature]</i>	
D	CHANGE PAR 1.1, 1.8 $\pm 0.8$ INTO 2.0 $\pm 0.8$	89-3001	18MAY'89	S.H.	
E	CHNG PAR. 1.3.1. Increase breakaway moment from 150 $\pm$ 20Nmm into 155 $\pm$ 25Nmm	91-3003	Febr. '91	S.H.	

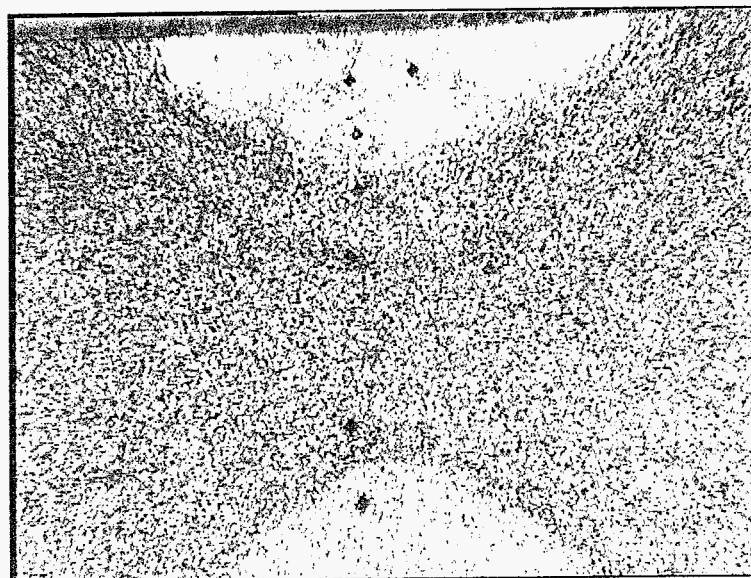
  

PARTNUMBER	REV	ECONO	STATUS	DIM "A"	DIM "B"	DETAIL B & PAR 1.3
803048-001	D	89-3003	ACTIVE	N.A.	0,50 $\pm$ 0,01 DIA	NO
803048-002	E	91-3003	ACTIVE	23,5 $\pm$ 1,0	0,50 $\pm$ 0,01 DIA	YES



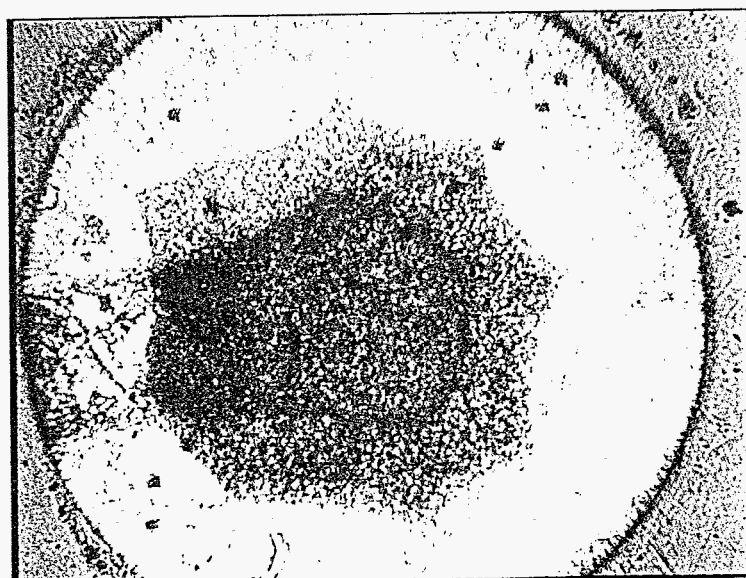
## Bijlage D. Foto's

In deze bijlage staan de foto's die gemaakt zijn van de lengte- en dwarsdoorsneden van de behandelde zones van de naald. Figuur D1 t/m D8 zijn foto's van de massieve AISI 420 naald. Figuur D9 t/m D11 zijn foto's van de holle AISI 304 naald.



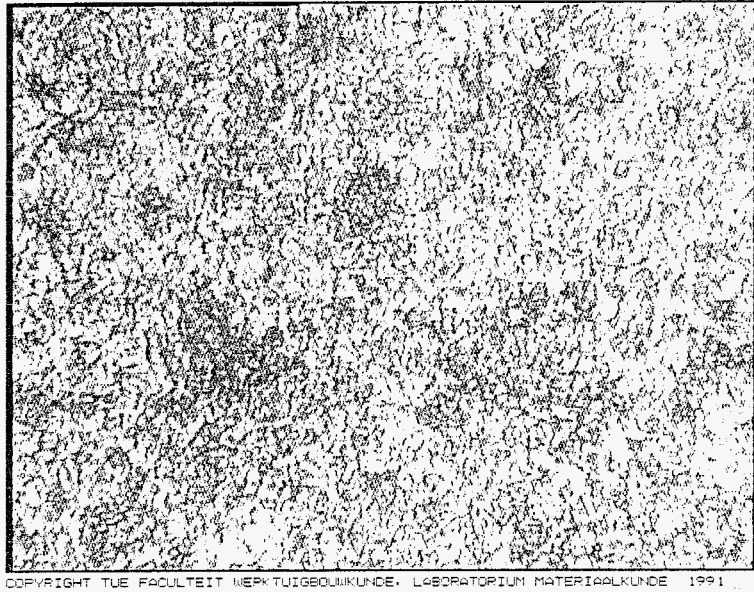
COPYRIGHT TUE FACULTEIT WERKTUIGBOUWKUNDE, LABORATORIUM MATERIAALKUNDE 1991

**Figuur D1** Vergroting 95x. Lengtedoorsnede van een AISI 420 naald. Lasersettings: 8 single shots, pulshoogte 50 A, pulslengte 8 ms, frequentie 5 hz.

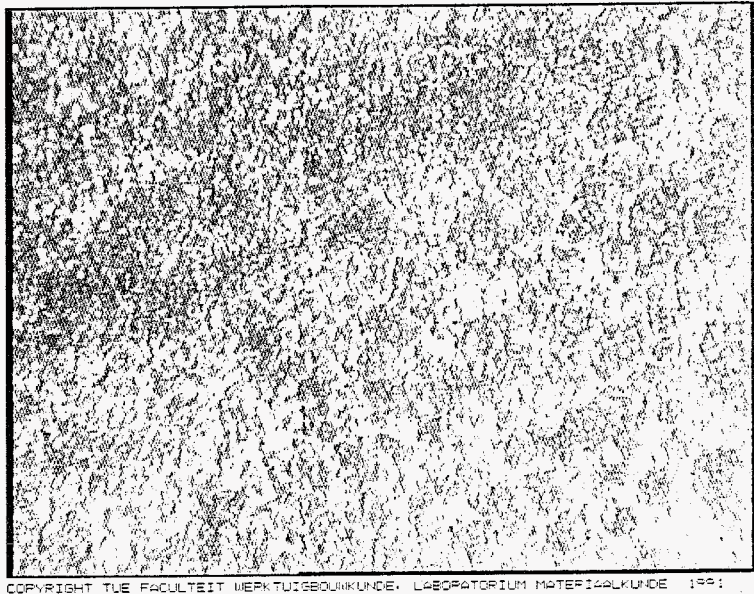


COPYRIGHT TUE FACULTEIT WERKTUIGBOUWKUNDE, LABORATORIUM MATERIAALKUNDE 1991

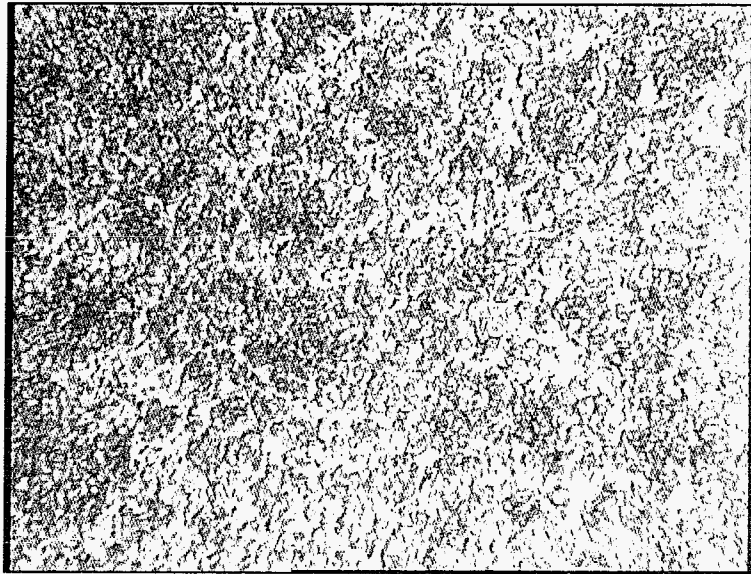
**Figuur D2** Vergroting 95x. Dwarsdoorsnede van een AISI 420 naald. Lasersettings: 8 single shots, pulshoogte 50 A, pulslengte 8 ms, frequentie 5 hz.



**Figuur D3** Vergroting 950x. De originele structuur van AISI 420.

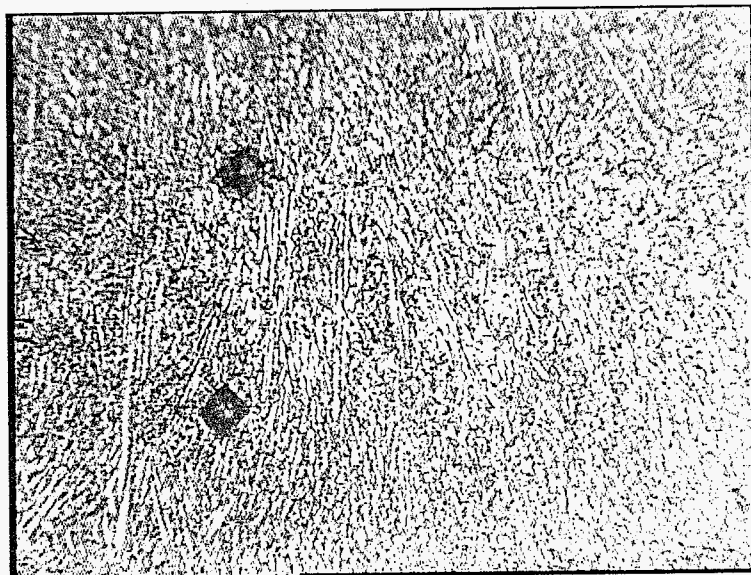


**Figuur D4** Vergroting (950x) van gebied 3, middengebied in figuur D2. Zie ook figuur 4.2.



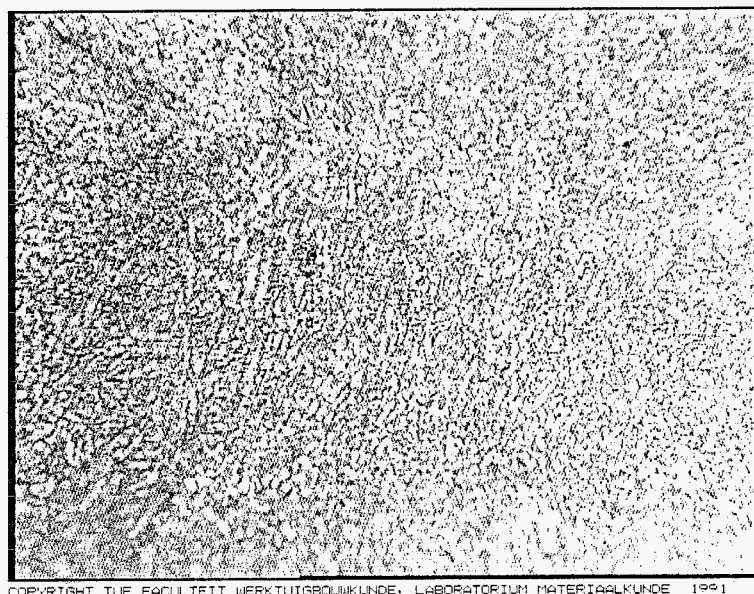
COPYRIGHT TUE FACULTEIT WERKTUIGBOUWKUNDE, LABORATORIUM MATERIAALKUNDE 1991

**Figuur D5** Vergroting (950x) van gebied 2, tweede ring in figuur D2. Zie ook figuur 4.2.

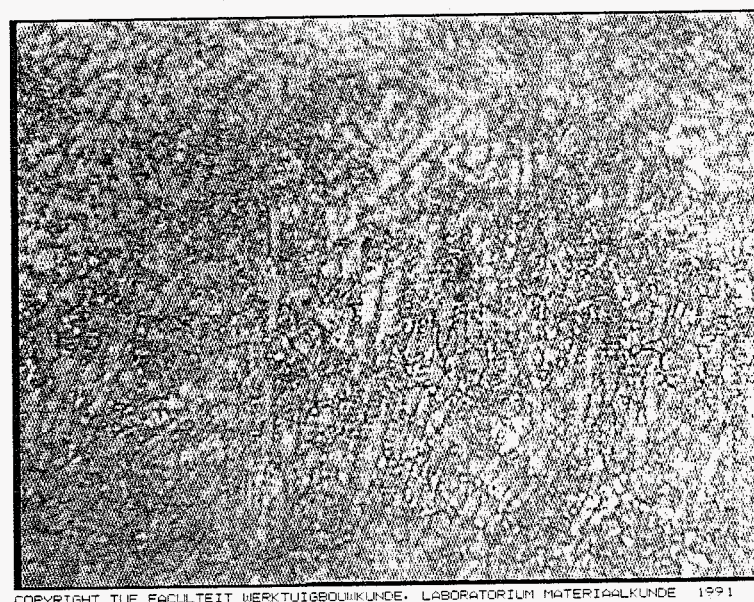


COPYRIGHT TUE FACULTEIT WERKTUIGBOUWKUNDE, LABORATORIUM MATERIAALKUNDE 1991

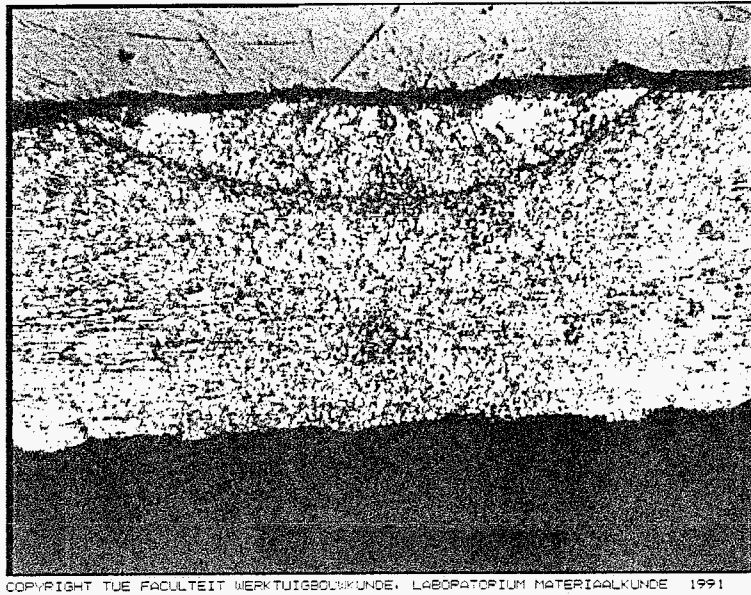
**Figuur D6** Vergroting (380x) van gebied 1, buitenste ring in figuur D2. Zie ook figuur 4.2.



**Figuur D7** Vergroting (600x) van gebied 1, buitenste ring in figuur D2.



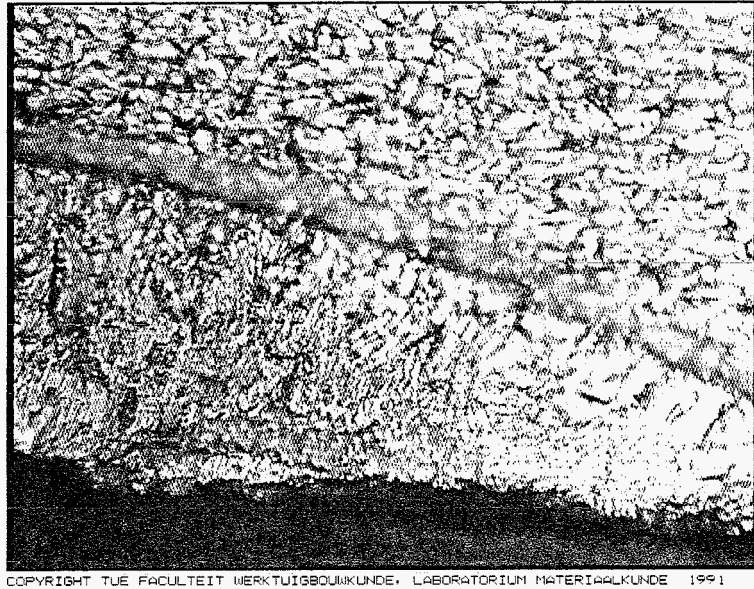
**Figuur D8** Vergroting (950x) van gebied 1, buitenste ring in figuur D2.



**Figuur D9** Vergroting 190x. Lengtedoorsnede van een holle AISI 304 naald. Lasersettings: 8 single shots, pulshoogte 15 A, pulslengte 8 ms, frequentie 5 Hz.



**Figuur D10** Vergroting 950x. De originele structuur van AISI 304.



COPYRIGHT TUE FACULTEIT WERKTUIGBOUWKUNDE, LABORATORIUM MATERIAALKUNDE 1991

**Figuur D11** Vergroting van gebied (onder) en gebied 2 van figuur D9. Zie ook figuur 5.1.



## **Bijlage E. Gebruikte materialen**

De massieve naald is gemaakt van het martensitische roestvaste staal AISI 420. Dit komt overeen met de Duitse norm DIN X20CrNi17. De naalden worden geleverd door Renodex uit Frankrijk met het volgende lotnummer REF SSR 00889955. Het controlenummer van Medtronic is U2529.

De gebruikte holle naalden zijn geen echte naalden, maar holle pijpjes, waaraan eventueel een scherpe punt gemaakt kan worden. Ze zijn gemaakt van het austenitische roestvaste staal AISI 304. Dit komt overeen met de Duitse norm DIN X5CrNi18-9. De pijpjes zijn geleverd door de Zwitserse firma Medelec. De binnen- en buitendiameter van deze pijpjes is resp.  $0.55 \pm 0.005$  mm en  $1.0 \pm 0.02$  mm.