

ONTWIKKELINGEN IN ONDERZOEK NAAR NIEUW WRIJVINGSLASPROCÉDÉ

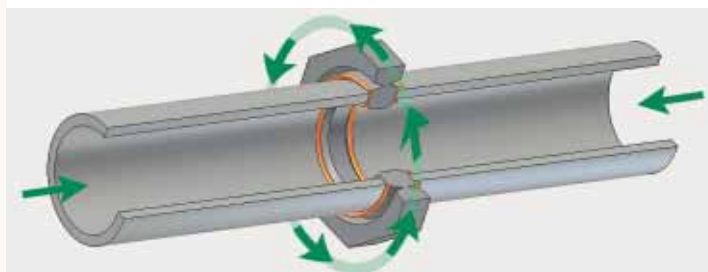
AUTOMATISCH LASSEN VAN PIJPLEIDINGEN

Afgelopen jaar werd de eerder ontwikkelde lasmethode voor het automatisch lassen van pijpleidingen (FRIEX) verder onderzocht. Dit onderzoek werd uitgevoerd door de firma Denys en verloopt in samenwerking met het Belgisch Instituut voor Lastechniek, het Labo Soete van de Universiteit Gent, Cenaero en met steun van het Vlaamse gewest (IWT). Het project heeft tot doel een nieuwe variant van het wrijvingslasproces te ontwikkelen voor het volledig automatisch lassen van pijpleidingen.

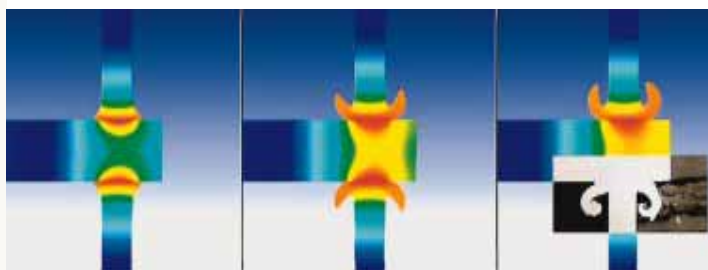
Door Ir. K. Faes (Onderzoekscentrum van het BIL)



Uitzicht van een typische lasverbinding



Figuur 1: Principe van de nieuwe variant van het wrijvingslasproces



Figuur 2: Eindige elementen simulaties van het lasproces

PRINCIPE VAN HET NIEUWE WRIJVINGSLASPROCÉS

Bij dit proces wordt gebruik gemaakt van een lasschijf die wrijvend geroteerd wordt tussen de uiteinden van de te lassen pijpen, onder een axiale drukkracht (zie Figuur 1). Eens de laszone voldoende is opgewarmd wordt de finale smeedkracht axiaal aangebracht, na het stoppen van de roterende lasschijf. Na afloop van het proces worden de lasbramen en de restanten de lasschijf verwijderd via een geautomatiseerde freesbewerking.

Lasexperimenten

Dit proces werd in het verleden reeds uitvoerig onderzocht voor het verbinden van korte pijpstukken met diameters tot 114 mm. De invloed van de lasparameters op de eigenschappen van de lasverbindingen werden onderzocht voor het verbinden van de conventioneel gewalste C-Mn-pijpleidingsmaterialen API-5L X42 en X52, waarbij de structuur opgebouwd is uit een genormaliseerde ferriet-perliet structuur. Voor deze pijpen werd een lasschijf met een compatibele structuur gebruikt en werden de kritische afmetingen van de lasschijf bepaald. Lasverbindingen met voldoende sterkte en (kerf)taaiheid werden gerealiseerd, die voldeden aan de eisen gesteld in de vaak gebruikte norm bij het lassen van pijpleidingen EN 12732.

Onderzoeksthema's

In de derde fase van het FRIEX-project (2005-2006) werden de volgende thema's onderzocht :

- Haalbaarheidsstudie van het lassen van pijpen in de moderne

hoogsterkte pijpleidingsstaalsoorten met behulp van het FRIEX-lasprocedé.

- Verdere ontwikkeling en verfijning van de eindige-elementen modellen.
- Verder onderzoek naar de invloed van de lasparameters op de eigenschappen van gelaste pijpen in API-5L X42 en X52.
- Onderzoek naar de problemen verbonden aan de implementatie van de nieuwe techniek in de praktijk en ontwerp van een grootschalige proefopstelling.
- Laskwalificatie.

In wat volgt worden een aantal onderzoeksresultaten kort besproken.

MODERNE HOOGSTERKTE PIJPLEIDINGSSTAALSOORTEN (TMCP-STALEN)

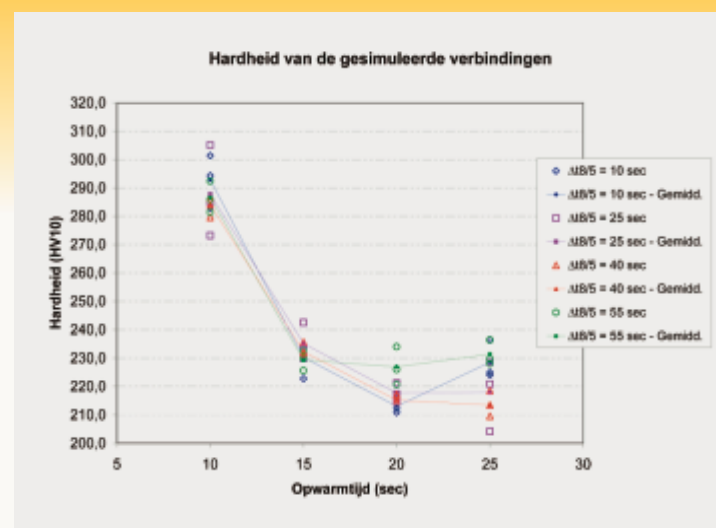
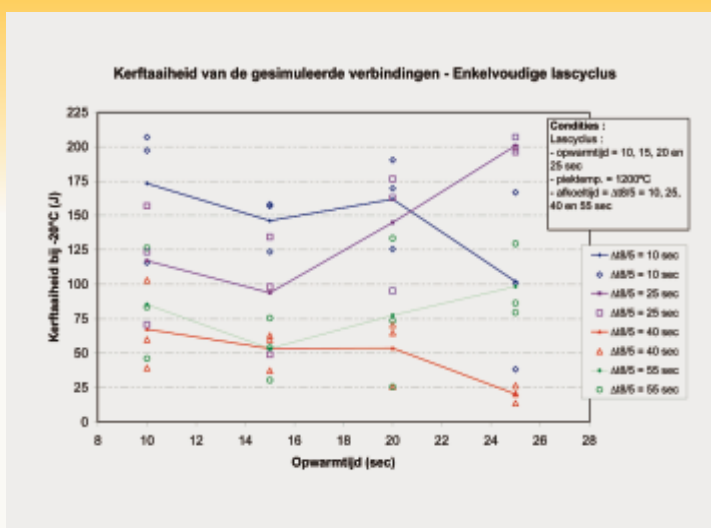
De laatste decennia bestaat er een trend naar het gebruik van microgelegeerde pijpleidingsstaalsoorten, die hun bainitische structuur verkrijgen na een thermomechanisch walsproces (de zgn. TMCP-staalsoorten; Thermo-Mechanical Controlled Processing). Ze hebben een zeer laag koolstofgehalte (0,03 - 0,06%) en zijn gelegeerd met voornamelijk Mn, Mo, Nb, V en Ti. Het Mn en Mo bevorderen de vorming van bainiet, terwijl Nb, V en Ti nodig zijn voor het bekomen van een zeer fijne microstructuur. De meest gekende TMCP-pijpleidingsstalen zijn L450MB en L485MB (of API-5L X65 en X70).

Haalbaarheidsonderzoek

Tijdens het voorbije jaar werd een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd naar het lassen van deze staalsoorten met behulp van het Friex lasprocedé. In een eerste fase

BIBLIOGRAFIE

- Afschrift, P., Faes, K., De Baets, P. De Waele, W. FRIEX: Friction welding of pipeline girth welds. Pipeline World, December 2004
- Faes, K., Afschrift, P., De Baets, P. Nieuwe wrijvingslastechniek voor het automatisch lassen van pijpleidingen. BIL/Nil-Lassymposium, 30 nov. 2005, Gent
- Afschrift, Faes, K. Nieuw wrijvingslasprocedé voor automatische lassen pijpleidingen - Verslag onderzoeksprogramma. Metallerie 89, Lasspecial, april 2006, pp. 19-21
- Faes, K., De Baets, P. Afschrift, P. Jaspert, O. New friction welding process for pipeline girth welds - Parameter optimisation. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part B. Journal of Engineering Manufacture. In voorbereiding.
- Ghanimi, Y., Cerjak, H. C. and Faes, K. Modelling of Friction Welding of Long Components. 6th Int. Trends in Welding Research Conference Proceedings, 15-19 April 2002, Pine Mountain, GA, ASM International, 2003, p 329-333.
- Ghanimi, Y., Faes, K. Coupled thermal-mechanical analysis of a novel friction welding process for welding of large size components. 5th International Seminar on the Numerical Analysis of Weldability; Schloss Seggau; Austria; Sept. 1999. pp. 897-911. 2001
- Report on Modeling of Friction Welding. Dr. Yassar Ghanimi, July 2003.



Figuur 3: Kerftaaiheid v/d gesimuleerde verbindingen in het materiaal API-5L X70

Figuur 4: Hardheid van de gesimuleerde verbindingen

werden lassimulaties verricht met het materiaal API-5L X70. Uit de lassimulaties, en later ook uit de lasexperimenten, werd vastgesteld dat de microstructuren in de warmte beïnvloede zone bainitisch zijn, en dat de lastijd een minder grote invloed heeft op de kerftaaiheid van de verbindingen dan het geval was bij de conventioneel gewalste staalsoorten. Een sterke afhankelijkheid van de afkoelsnelheid werd echter opgemerkt. Figuur 3 en Figuur 4 tonen resp. de kerftaaiheid en de hardheid van de gesimuleerde verbindingen in functie van de opwarmtijd en de afkoeltijd ($\Delta t_{8/5}$). Bij het lassen van deze staalsoorten moet steeds een compromis gezocht worden tussen de hardheid en de kerftaaiheid. Een korte lastijd resulteert in een hoge hardheid, een lange lastijd in brosheid. Bovendien moet de afkoeltijd kort zijn voor het behalen van voldoende kerftaaiheid in de laszone.

manier drieduimse pijpen te vervaardigen.

Resultaten

De proefresultaten waren gunstig; de trekproefstaven braken buiten de laszone; en de kerftaaiheid van de verbindingen ter hoogte van de fusielij bedroeg gemiddeld 89 J, in de lasschijf werd gemiddeld 94 J behaald. De microstructuur ter hoogte van de fusielij wordt getoond in Figuur 5. Uit de lasproeven blijkt dat er een verzachting optreedt in de warmte beïnvloede zone, en dat deze afhankelijk is van de lastijd. Hoewel de verzachting sterk beperkt kon worden, trad nog steeds enige verzachting op in de laszone, zodat een verdere parameteroptimalisatie nog noodzakelijk is. Deze onderzoeken zullen uitgevoerd worden in de volgende projectfase.

Lasproeven

De lasbaarheid van het hoogsterkte staal API-5L X70 werd eveneens geëvalueerd aan de hand van lasexperimenten, met pijpen met een diameter van 3 en 4 duim (resp. 88,9 en 114,3 mm). Vermits deze staalkwaliteit niet verkrijgbaar is voor kleine diameters, werden uitgesneden stukken pijp geplooid tot een buisvorm en in de langsricting gelast via elektrodelassen, om op deze

kunnen worden. Aan de hand van het model werden de volgende taken uitgevoerd :

- voorspelling van de vorm en afmetingen van de lasschijf, (zie Figuur 2)
- extrapolatie van proefresultaten van kleine naar grote diameters en de invloed van de gewijzigde verhouding van wanddikte t.o.v. de diameter.

de invloed van de wrijvings- en de smeeddruk, de rotatiesnelheid, de lastijd, de vorm, afmetingen en materiaalkeuze van de lasschijf, de afremfase en het gebruik van een geforceerde koeling na het lassen. Lasproeven werden uitgevoerd met drie- en vierduimse pijpen ($D_{uit} = 88,9$ en $114,3$ mm). Een volledig overzicht van de resultaten zou te ver leiden, doch in wat volgt wordt in het kort voor een paar onderzoeken de behaalde resultaten besproken.

BIJ HET LASSEN VAN MICROGELEGERDE PIJPLEIDINGSSTAALSOORTEN MOET STEEDS EEN COMPROMIS GEZOCHT WORDEN TUSSEN DE HARDHEID EN DE KERFTAAIHEID

Simulaties van het lasproces

Door het uitgevoerde onderzoek door beide onderzoekscentra in het momenteel mogelijk om de lasparameters te voorspellen voor het lassen van pijpen in verschillende afmetingen en uit verschillende pijpleidingsstalen. Hiermee is het mogelijk het experimentele werk te beperken, aangezien voor aanvang van de lasproeven meer gerichte keuzes kunnen gemaakt worden van het te verwachten parameterinterval.

Invloed van de lasschijf

Veel aandacht werd besteed aan de invloed van de materiaalkeuze, de vorm en afmetingen van de lasschijf. Het onderzoek naar het optimale schijf materiaal voor de lasschijf is complex. De lasschijf wordt immers thermisch zeer zwaar belast. De hoge warmte-inbreng samen met de beperkte afmetingen en de geringe mogelijkheden om warmte af te voeren zal ertoe leiden dat de materialen verschillende microstructurele veranderingen ondergaan. Bij een te hoge warmte-inbreng zal een verbrassing plaats vinden. Bij hardbare materialen bestaat de kans dat onder invloed van de thermische gradiënt ongewenste transformatieproducten gevormd zullen worden (harde bainitische structuren of zelfs martensiet). Lasproeven werden uitgevoerd met verschillende staalsoorten, zoals thermomechanisch gewalste

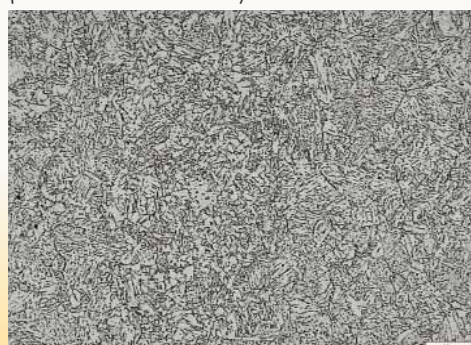
EINDIGE ELEMENTEN MODELLEN

De eerder ontwikkelde eindige-elementen modellen van het lasproces door de universiteit in Graz werden verder verfijnd. Een model werd opgebouwd door de nieuwe partner (Cenaero uit Charleroi) waarmee de simulaties van het lasproces kunnen uitgevoerd worden en lasparameters voorspeld

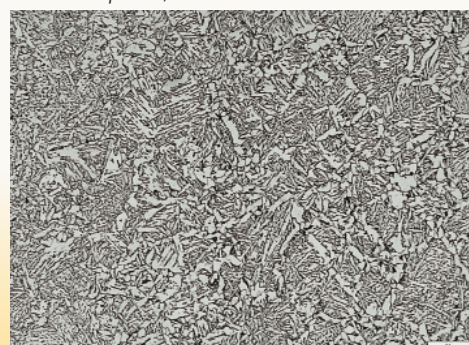
INVLOED VAN DE LASPARAMETERS

De invloed van de lasparameters werd onderzocht voor het lassen van pijpen in de conventioneel gewalste pijpleidingsstaalsoorten API-5L X42 en X52, meer bepaald

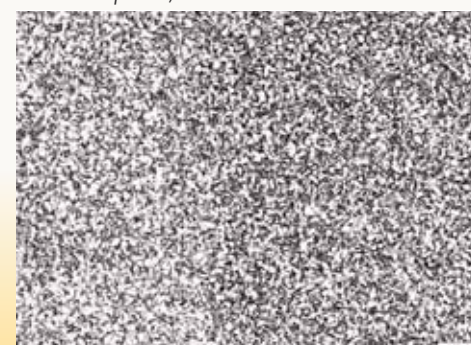
Figuur 5: Microstructuur ter hoogte van de fusielijn ($\times 200$ - Etsmiddel : Nital 2%)

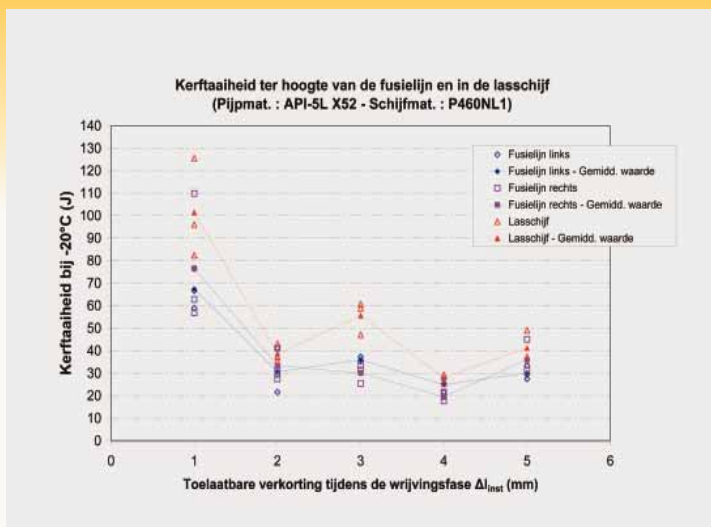


Figuur 6: Microstructuur ter hoogte van de fusielij - Dikte lasschijf = 14,9 mm

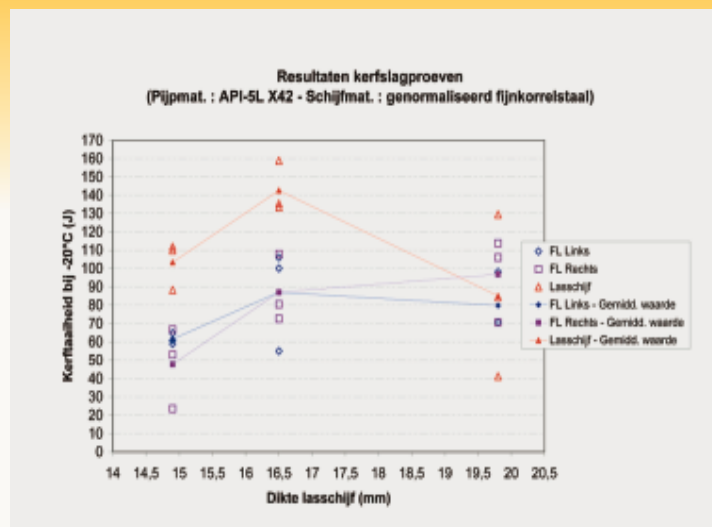


Figuur 7: Microstructuur ter hoogte van de fusielij - Dikte lasschijf = 19,8 mm





Figuur 8: Kerftaaiheid in functie van de lastijd (gecontroleerd via Δl_{inst})



Figuur 9: Kerftaaiheid in functie van de afmetingen van de laschijf

staalsoorten, afgeschrikte en ontlaten staalsoorten (Q&T), HSLA- en genormaliseerde fijnkorrelstalen. Ter illustratie wordt in Figuur 8 de kerftaaiheid in functie van de lastijd getoond van verbindingen van pijpen in API-5L X52. Per verbinding worden steeds 3 sets kerfslagproeven uitgevoerd, respectievelijk met de kerf aangebracht ter hoogte van de linkse en rechtse fusielij, en midden in de laschijf. De lastijd werd gecontroleerd via het opmeten van een bepaalde verkorting van de te lassen pijpen (Δl_{inst}). Hieruit blijkt dat bij gebruik van dit schijfmateriaal enkel een korte lastijd toelaatbaar is ($\Delta l_{inst} = 1,0$ mm, overeenstemmend met een lastijd van 14,4 sec). De hardheid in de warmtebeïnvloede zone bedroeg in dit geval maximaal 260 HV10.

Invloed van de schijfdikte

Een groot aantal lasproeven werd uitgevoerd waarbij de invloed van de afmetingen op de eigenschappen van de las onderzocht werd, met in het bijzonder de kerftaaiheid. Deze studie bracht aan het licht dat de vorm, afmetingen en materiaalkeuze van de laschijf een zeer grote invloed heeft op de kwaliteit van de

lasverbindingen. De dikte van de laschijf beïnvloedt de mechanische eigenschappen, zoals de kerftaaiheid. Figuur 9 toont de kerftaaiheid (bij -20°C) van gelaste pijpen in API-5L X42 in functie van de schijfdikte. Bij onvoldoende dikte van de laschijf ontstaan oververhitte structuren en is de kerftaaiheid in de laszone lager. In Figuur 6 en Figuur 7 wordt de microstructuur vergeleken van deze verbindingen voor een schijfdikte van resp. 14,9 en 19,8 mm. In het eerste geval wordt een bainitische structuur aangetroffen, in het tweede geval bestaat de microstructuur uit ferriet, perliet en carbides.

DE NIEUWE TECHNIEK IN DE PRAKTIJK

Tijdens de derde projectfase werd veel aandacht besteed aan de toekomstige implementatie van de nieuwe techniek in de praktijk. Hiervoor werd een grootschalige proefopstelling ontworpen voor het lassen van pijpen met een diameter van 8 t.e.m. 20 duim. Met de bouw ervan werd inmiddels gestart. De constructie van deze proefopstelling zal afgewerkt worden tijdens de verderzetting van het onderzoek, zodanig dat het

lassen van pijpleidingen met grote diameter en vervaardigd uit de moderne microgelegeerde hoogsterkte pijpleidingsstalen (API-5L X65, X70, X80) kan onderzocht worden. Een beeld van deze proefopstelling wordt getoond in Figuur 11.

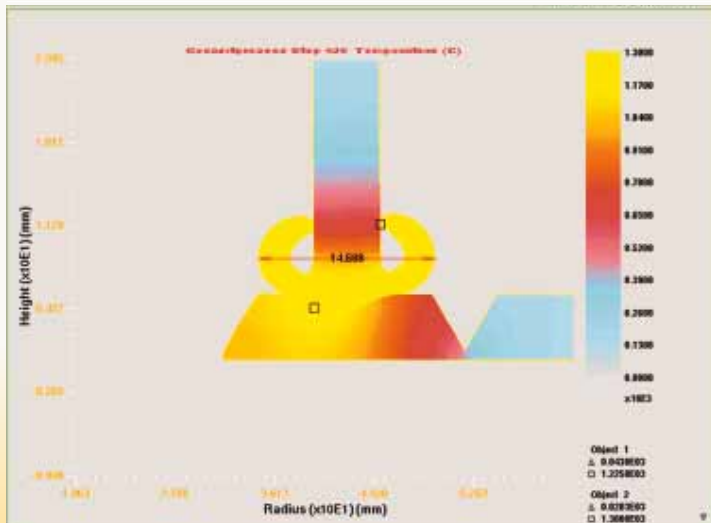
CONCLUSIE

Voor het lassen van de conventioneel gewalste staalsoorten met een ferriet-perlietstructuur, zoals API-5L X42 en X52, werd de invloed van de lasparameters op de eigenschappen bestudeerd. Hiertoe werden experimenten uitgevoerd met drie- en vierduimse pijpen. Aan de hand van de resultaten kunnen de lasparameters gekozen worden zodat verbindingen van goede kwaliteit kunnen gerealiseerd worden, die voldoen aan de eisen gesteld in vaak gebruikte norm EN 12732. Ook de keuze van het schijfmateriaal werd met succes bestudeerd. Op basis van de verworven kennis inzake materiaalgedrag en eigenschappen van de lasverbindingen, kunnen extrapolaties van lasparameters naar andere afmetingen van de te lassen pijpen uitgevoerd worden. In een volgend onderzoek zal het

verbinden van pijpen met grote diameter in de moderne microgelegeerde pijpleidingsstaalsoorten bestudeerd worden. Gezien de totaal verschillende structuur (bainitisch) en materiaalgedrag van deze staalsoorten is nog bijkomend onderzoek nodig voor :

- de optimalisatie van de lasparameters en de bepaling van het parametervenster voor het verbinden van pijpen met grote diameter in de moderne microgelegeerde pijpleidingsstaalsoorten;
 - de extrapolatie van de lasparameters naar andere afmetingen;
 - het bepalen van een geschikt schijfmateriaal voor het lassen van deze materialen, en de optimalisatie van de afmetingen ervan.
- Aangezien deze staalsoorten niet verkrijgbaar zijn voor diameters kleiner dan 12" ($D_{uit} = 323$ mm) zal het onderzoek uitgevoerd worden met de grootschalige proefopstelling. De resultaten zullen eveneens dienen ter voorbereiding van de kwalificatie van het lasproces, met het oog op het toepassen van de techniek in de praktijk. □

Figuur 10: Temperatuurverdeling in een gesimuleerde las



Figuur 11: Grootschalige proefopstelling

