

Voortgangsverslag Collectief Onderzoeksproject Innolas
(IWT 060859)

“Kwaliteits- en productiviteitsverhoging door aanwending
van innovatieve boogglasvarianten”

Lasproeven op dikke plaat

1	Inleiding	3
1.1	Lasmethodebeproeving	4
2	Uitvoering lasproeven	5
2.1	Resultaten van de gelaste grondnaden	6
2.1.1	Macroscopisch onderzoek grondnaden	7
2.1.1.1	S500MC	7
2.1.1.2	S700MC	10
2.1.1.3	S355	13
2.1.1.4	AISI316L	16
2.1.2	Hardheidsmetingen grondnaden	18
2.2	Resultaten van de gelaste vullagen	19
2.2.1	Macroscopisch onderzoek vullagen	19
2.2.1.1	S500MC	19
2.2.1.2	S700MC	21
2.2.1.3	S355	23
2.2.1.4	AISI316L	26
2.2.2	Hardheidsmetingen vullagen	27
2.3	Resultaten van volledige lasverbindingen	28
2.3.1	S500MC gelast met Force Arc	28
2.3.2	S500MC gelast met Fast MIG	31
2.3.3	S700MC gelast met Force Arc	34
2.3.4	S355M gelast met Force Arc	37
2.3.5	AISI316L gelast met Force Arc	40
2.3.6	AISI316L gelast met Fast MIG rutiele draad	42
2.3.7	AISI316L gelast met Fast MIG metaalgevulde draad	44
2.4	Economische studie	46
2.4.1	Costcomp	46
2.4.2	Kostprijs van de lasverbindingen	46
2.4.2.1	Effect van de grondnaden op de kostprijs	46
2.4.2.2	Kostprijs van de gelaste verbindingen	47
2.5	Samenvatting en conclusies	50
	BIJLAGE 1: Parameters van de gelaste grondnaden	52
	BIJLAGE 2: Hardheidsmetingen van de gelaste grondnaden	56
	2.5.1.1 S500MC	56
	2.5.1.2 S700MC	64
	2.5.1.3 S355	71
	BIJLAGE 3: Parameters van de gelaste vullagen	78
	BIJLAGE 4: Hardheidsmetingen op de gelaste vullagen	83
	2.5.1.4 S500MC	83
	2.5.1.5 S700MC	88
	2.5.1.6 S355	93
	BIJLAGE 5: Parameters van aanvullende dikwandige verbindingen	99

1 Inleiding

In dit werkpakket werden lasproeven gelast met innovatieve lastechnieken op dikwandige materialen (>6mm).

Er werd een selectie gemaakt van de materialen voor het uitvoeren van lasproeven voor dit deel van het project. Tabel 1 geeft deze selectie weer.

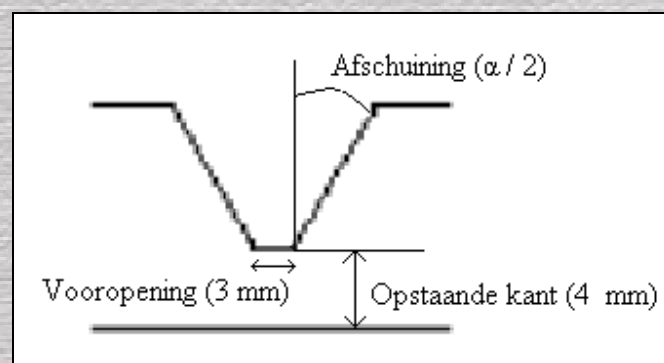
Er werd onderscheid gemaakt tussen het lassen van grondnaden en vullagen om reden dat niet elk proces is geschikt voor zowel de grondnaad als de vullagen.

Lassen van grondnaden		Lassen van vullagen	
Materiaal	Dikte	Materiaal	Dikte
S500MC	10	S500MC	10
S700MC	12	S700MC	12
AISI316L	20	AISI316L	20
S355	12	S355	20

Tabel 1: Overzicht van geselecteerde materialen

Voor de grondnaden werd een vaste openinghoek van 60° voorzien. De opstaande kant en de vooropening waren vrij te kiezen door de fabrikanten.

Voor de vullagen werd uit een plaat de te vullen las uitgefreesd zoals getoond in figuur 1. Hier was enkel de openingshoek vrij te kiezen door de fabrikanten of uitvoerders van de lasproeven (45° of 60°). De afmetingen van de grondlaag werden als volgt gekozen: hoogte gelijk aan 4mm en breedte gelijk aan 3 mm.



Figuur 1: Lasnaadvoorbereiding vullagen

In Tabel 2 wordt een overzicht gegeven van de processen waarmee de grondnaden werden gelast en in Tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de processen waarmee de vullagen werden gelast.

Processen gebruikt voor het lassen van grondnaden	
Proces	Fabrikant

A-TIG (flux LDW 10)	Liburdi
Sharc-TIG	Hermann
STT	Lincoln
Cold Arc	EWM
Conventioneel TIG	Kemppi
Conventioneel gepulseerd HA	Fronius
Fast Root	Kemppi
TIME	Fronius
CMT	Fronius

Tabel 2: Overzicht processen gebruikt voor het lassen van grondnaden

Processen gebruikt voor het lassen van vullagen	
Proces	Fabrikant
Force Arc	EWM
TIME	Fronius
Sharc MIG/MAG	Hermann
Hyper Dip	Panasonic
Conventioneel gepulseerd HA	Fronius
Fast MIG	Kemppi

Tabel 3: Overzicht processen gebruik voor het lassen van vullagen

1.1 Lasmethodebeproeving

De 4 geselecteerde materialen (S500MC, S700MC, AISI316L en S355) werden per proces getoetst op geschiktheid voor het lassen van grondnaden en/of vullagen.

Deze tot stand gebrachte lassen werden vervolgens beproefd volgens de eisen gesteld in EN ISO 15614 – 1 (“Beschrijven en goedkeuren van lasmethoden voor metalen – Lasmethodebeproeving”, Deel 1: Boog- en autogeelassen van staal en booglassen van nikkel en nikkellegeringen.”).

Deze beproeving bestaat uit:

- Visueel onderzoek
- Radiografisch onderzoek
- Oppervlaktescheuronderzoek
- Macroscopisch onderzoek

Normaal- en tegenbruigproeven en trekproeven werden niet uitgevoerd omdat het enkel gaat om de grondnaad ofwel om de vullagen (waarbij de grondnaad basismateriaal is dat niet werd weg gefreesd, zie Figuur 1).

Al de proefstukken voldeden voor het visueel en radiografisch onderzoek aan de eisen gesteld in EN ISO 5817 voor kwaliteit B (uitgezonderd bovenmatige lasdikte, bovenmatige convexiteit, bovenmatige keelhoogte en bovenmatige doorlassing, hiervoor geldt niveau C).

Voor het oppervlaktescheuronderzoek van de verbindingen van AISI304 werd geopteerd voor penetrant onderzoek, voor het oppervlaktescheuronderzoek van de verbindingen van S500MC, S700MC en S355 werd geopteerd voor magnetisch onderzoek. De proefstukken werden gequoteerd volgens EN12062. Er werd een kwaliteit B-vooropgesteld (cfr. EN ISO 59817) wat overeenstemt met aanvaardingsniveau 2X (cfr. EN 1289 voor penetrant onderzoek en EN 1291 voor magnetisch onderzoek).

Bij het macroscopisch onderzoek werden de proefstukken ingebed en gepolijst. Vervolgens werden de proefstukken geëtst met een geschikt etsmiddel en gecontroleerd volgens EN ISO 5817 kwaliteit B (of C voor de hierboven vermelde uitzonderingen).

2 Uitvoering lasproeven

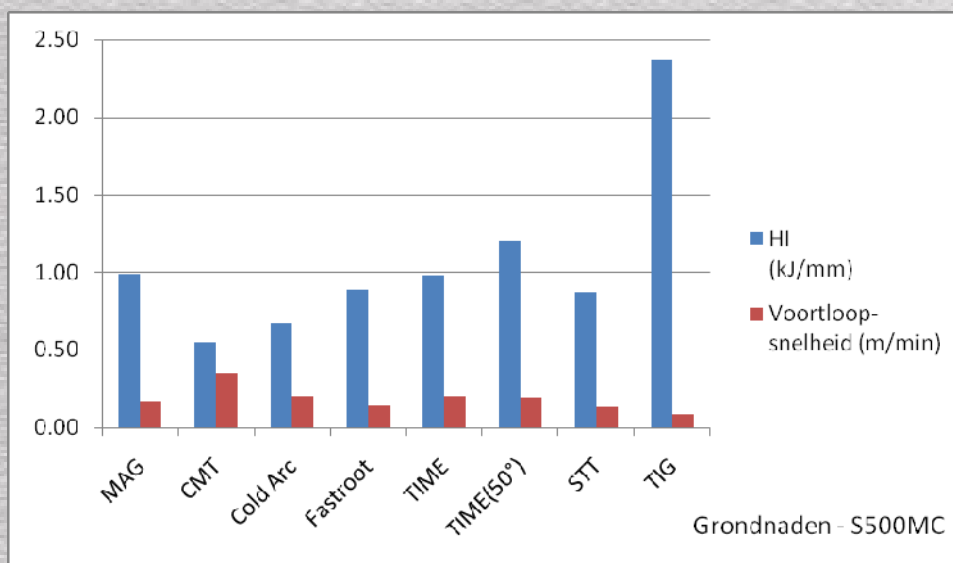
Spanning, lasstroom en warmte-inbreng werden geregistreerd door een toestel geschikt voor datacaptatie. De voortloopsnelheid werd steeds ingesteld op de robot of de lastractor. Deze parameters werden ten slotte verwerkt voor het berekenen van de heat-input per mm laslengte.

Aanvankelijk werd het gebruik van M21 menggas (80% Argon + 20% CO₂) vooropgesteld. Maar aangezien niet elk proces met M21 menggas kan werken, werd de keuze vrij gelaten aan de fabrikanten. Daar waar mogelijk werd met M21 menggas gelast.

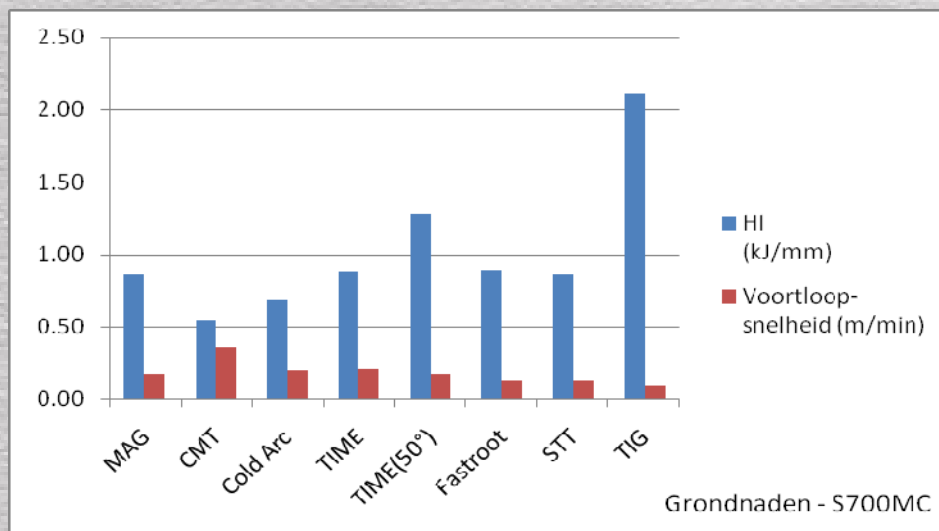
De proeven met Sharc-MIG en Sharc-TIG voor het lassen van grondnaden zijn tijdens een eerste poging mislukt. De fabrikant had meer materiaal nodig om juiste parameterinstellingen te vinden. De parameters zijn niet verder geoptimaliseerd.

2.1 Resultaten van de gelaste grondnaden

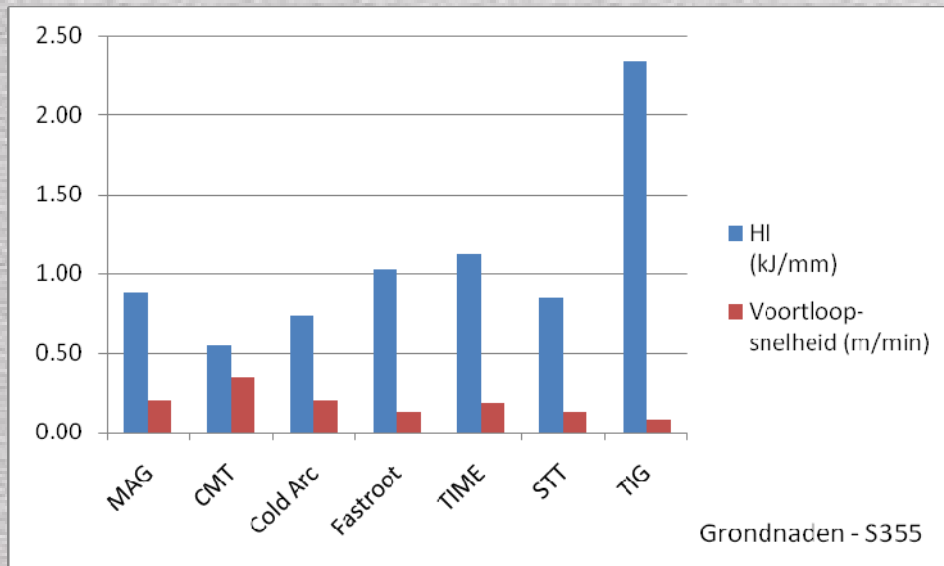
In de grafieken (Grafiek 1 t.e.m. Grafiek 4) en tabellen hieronder wordt per materiaal de voortloopsnelheid alsook de heat-input uitgezet voor elke gebruikte innovatieve lasvariant. De parameters zijn ook terug te vinden in de tabellen in BIJLAGE 1: Parameters van de gelaste grondnaden.



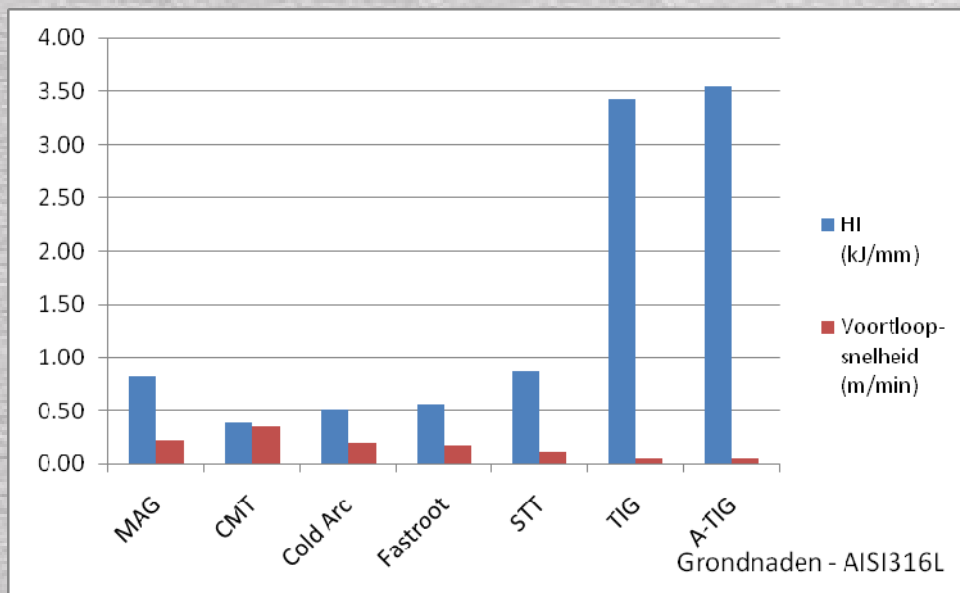
Grafiek 1: Voortloopsnelheid en heat-input – S500MC



Grafiek 2: Voortloopsnelheid en heat-input – S700MC



Grafiek 3: Voortloopsnelheid en heat-input – S355

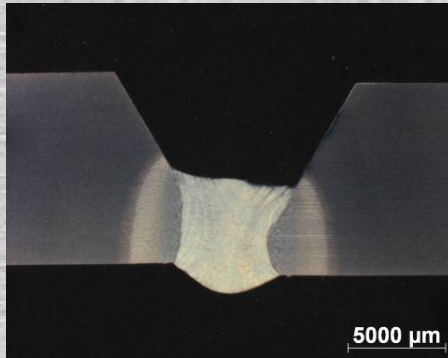


Grafiek 4: Voortloopsnelheid en heat-input – AISI316L

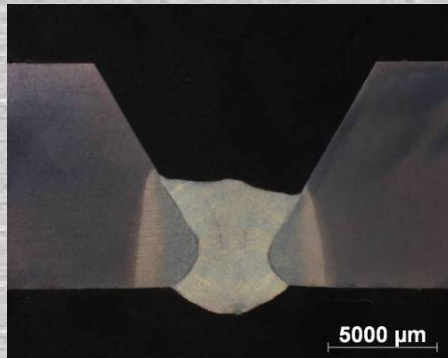
2.1.1 Macroscopisch onderzoek grondnaden

2.1.1.1 S500MC

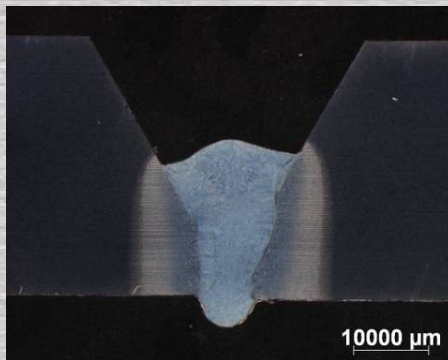
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, opstaande kant, vooropening en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Nital 2% aangewend.



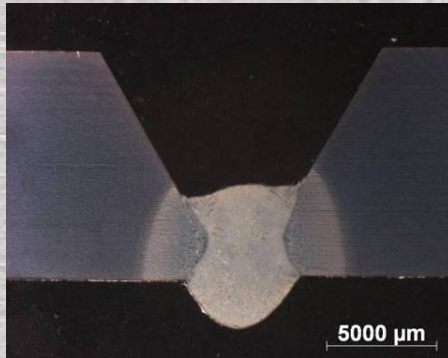
Figuur 2: S500MC (10 mm) – MAG
80% Ar20% CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



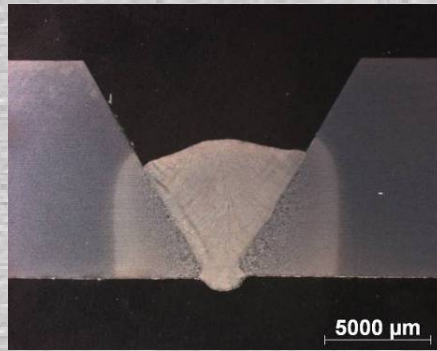
Figuur 3: S500MC (10 mm) – CMT (Fronius)
80Ar20% CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 1.5 mm



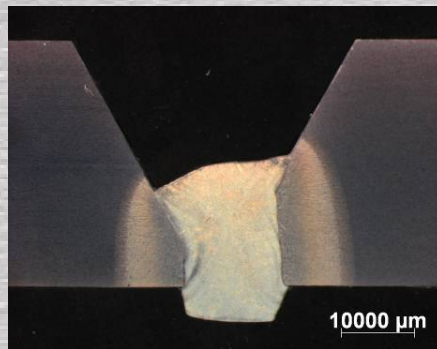
Figuur 4: S500MC (10 mm) – Cold Arc (EWM)
82%Ar18% CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 2.5 mm



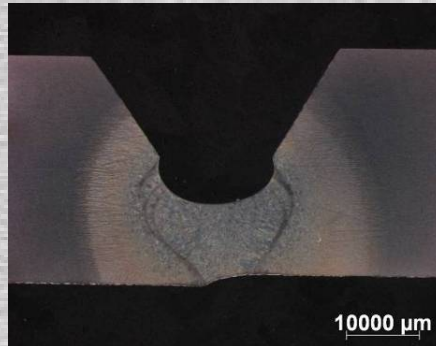
Figuur 5: S500MC (10 mm) – Fast Root (Kemppi)
80%Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



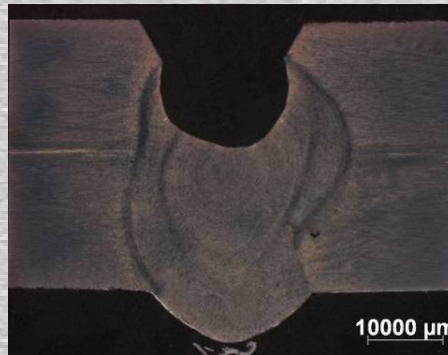
Figuur 6: S500MC (10 mm) - TIME (Fronius)
62%Ar20%He18%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



Figuur 7: S500MC (10 mm) - STT (Lincoln)
83%Ar17%CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 3 mm
Opmerking: gelast op backingstrip



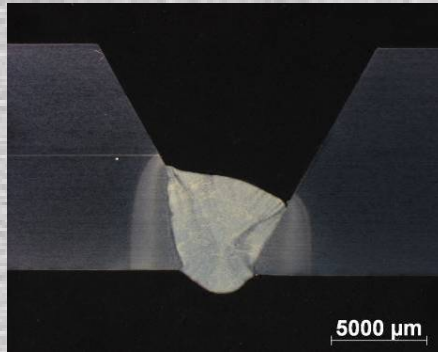
Figuur 8: S500MC (10 mm) – Conventioneel TIG
100%Ar
Opstaande kant: 0.5 mm
Vooropening: 0 mm



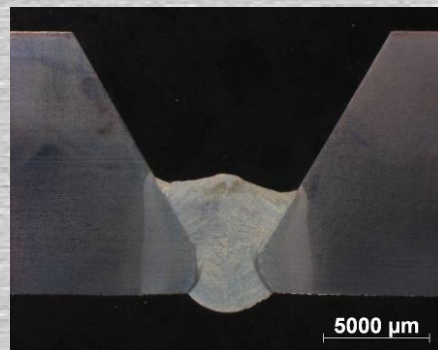
Figuur 9: S500MC (10mm) – A-TIG LDW 10 (Liburdi)
100%Ar
Opstaande kant: 5 mm
Vooropening: 0 mm
Afgekeurd wegens onvolledige doorlassing

2.1.1.2 S700MC

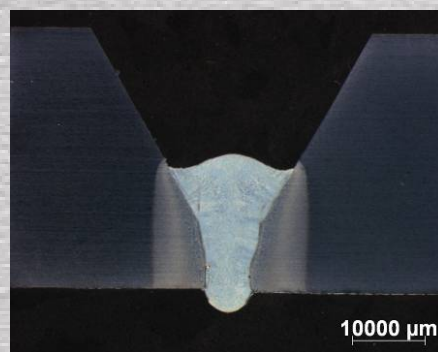
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, opstaande kant, vooropening en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Nital 2% aangewend.



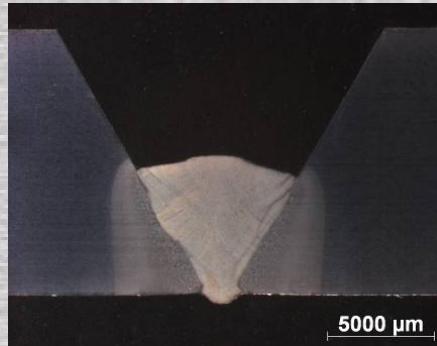
Figuur 10: S700MC (12 mm) - Gepulseerd MAG
80%Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



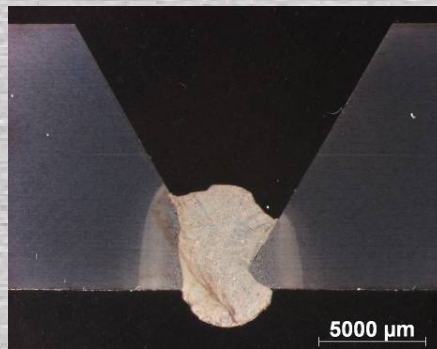
Figuur 11: S700MC (12 mm) - CMT (Fronius)
80%Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 1.5 mm



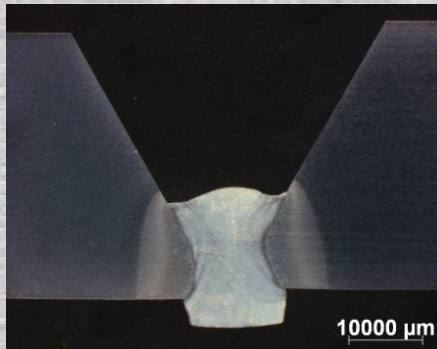
Figuur 12: S700MC (12 mm) - Cold Arc (EWM)
82%Ar18%CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 2.5 mm



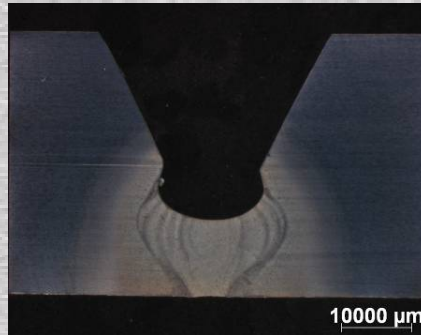
Figuur 13: S700MC (12 mm) - TIME (Fronius)
62%Ar20%He18%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



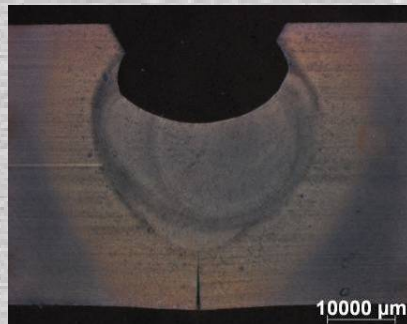
Figuur 14: S700MC (12 mm) - Fast Root (Kemppi)
80%Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



Figuur 15: S700MC (12 mm) - STT (Lincoln)
Ar 17% CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 3 mm
Opmerking: gelast op backingstrip



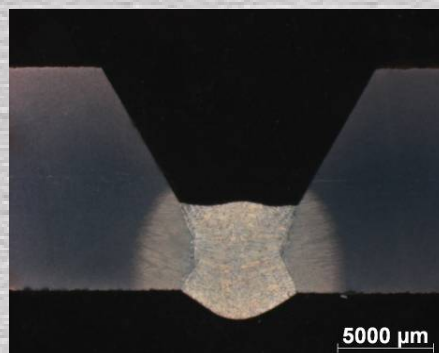
**Figuur 16: S700MC (12 mm) - Conventioneel TIG
100%Ar
Opstaande kant: 0.5 mm
Vooropening: 0 mm**



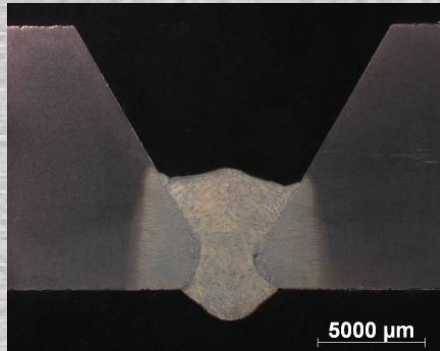
**Figuur 17: S700MC (12mm) -A-TIG LDW 10 (Liburdi)
100%Ar
Opstaande kant: 5 mm
Vooropening: 0 mm
Afgekeurd wegens onvolledige doorlassing**

2.1.1.3 S355

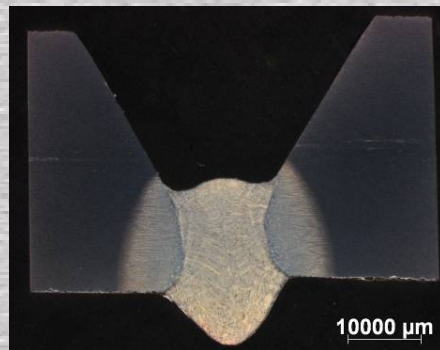
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, opstaande kant, vooropening en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Nital 2% aangewend.



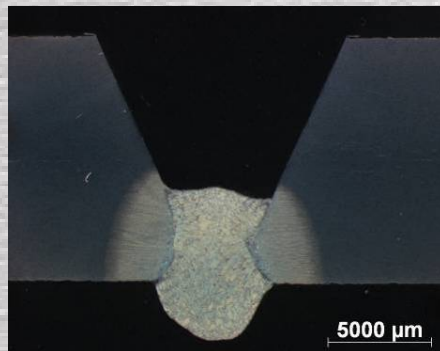
**Figuur 18: S355 (12 mm) - MAG
80Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm**



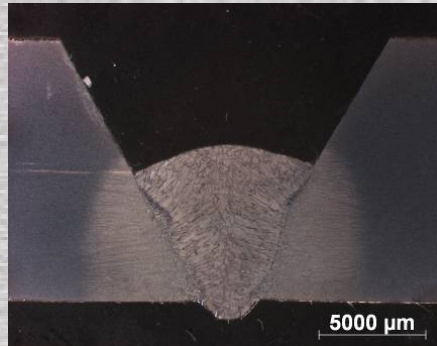
Figuur 19: S355 (12 mm) - CMT (Fronius)
80Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 1.5 mm



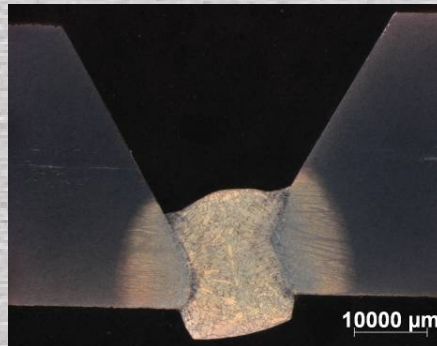
Figuur 20: S355 (12 mm) - Cold Arc (EWM)
82%Ar18%CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 2.5 mm



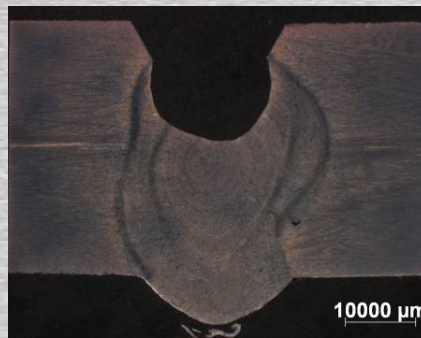
Figuur 21: S355 (12mm) - Fast Root (Kemppi)
80Ar20%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



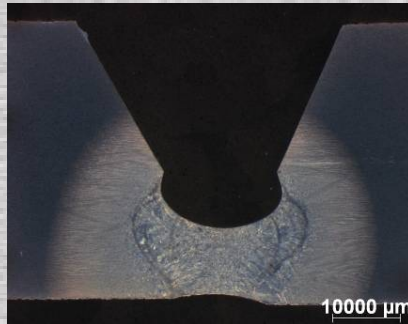
Figuur 22: S355 (12 mm) - TIME (Fronius)
62%Ar20%He18%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm



Figuur 23: S355 (12 mm) - STT (Lincoln)
83%Ar17%CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 3 mm
Opmerking: gelast op backingstrip



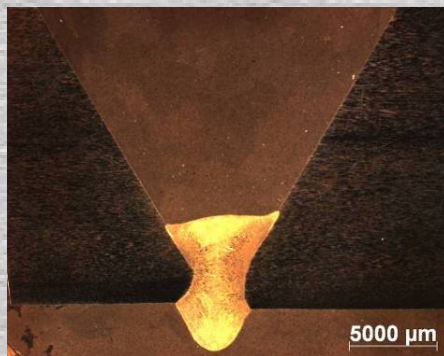
Figuur 24: S355 (12 mm) - A-TIG LDW 10 (Liburdi)
100%Ar
Opstaande kant: 5 mm
Vooropening: 0 mm
Afkeur wegens onvolledige doorlassing



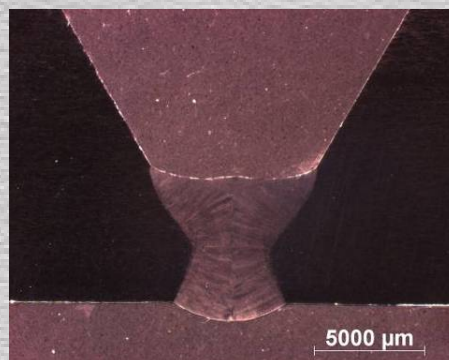
Figuur 25: S355 (12 mm) - Conventioneel TIG
100%Ar
Opstaande kant: 0.5 mm
Vooropening: 0 mm

2.1.1.4 AISI316L

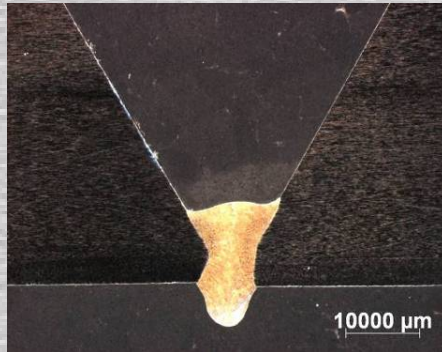
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, opstaande kant, vooropening en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Glyceregia aangewend.



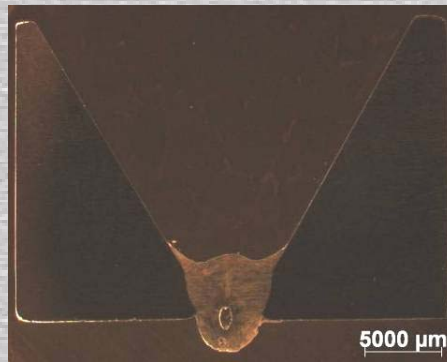
Figuur 26: AISI316L (20 mm) - Gepulseerd MAG
98%Ar2%CO₂
Opstaande kant: 1 mm
Vooropening: 2 mm



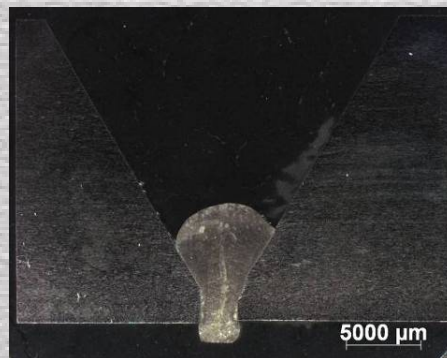
Figuur 27: AISI 316L (20 mm) - CMT (Fronius)
98%Ar2%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 1.5 mm



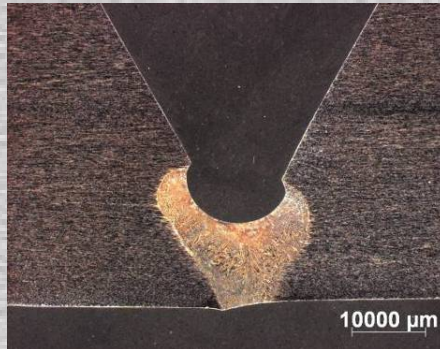
Figuur 28: AISI316L (20 mm) - Cold Arc (EWM)
97,5%Ar2,5 % CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 3 mm



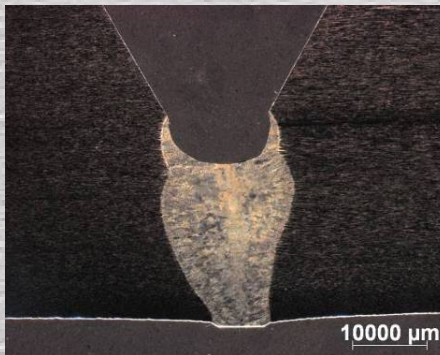
Figuur 29: AISI316L – Fast Root (Kemppi)
98%Ar2%CO₂
Opstaande kant: 0 mm
Vooropening: 2 mm
Afkeur wegens porositeit



Figuur 30: AISI316L (20 mm) - STT (Lincoln)
92%Ar2%CO₂
Opstaande kant: 2 mm
Vooropening: 3 mm
Opmerking: gelast op backingstrip



Figuur 31: AISI316L (20 mm) - Conventioneel TIG
100%Ar
Opstaande kant: 0.5 mm
Vooropening: 0 mm



Figuur 32: AISI316L (20 mm) - A-TIG LDW 10 (Liburdi)
100%Ar
Opstaande kant: 5 mm
Vooropening: 0 mm

2.1.2 Hardheidsmetingen gronndaden

Op de gelaste gronndaden op S500MC, S700MC en S355 werden een Vickers-hardheidsproef met een belasting van HV10 uitgevoerd volgens EN 1043-1. Er werden geen ontoelaatbare hardheden vastgesteld. De hardheidsmetingen op de gelaste gronndaden worden gegeven in BIJLAGE 2: Hardheidsmetingen van de gelaste gronndaden.

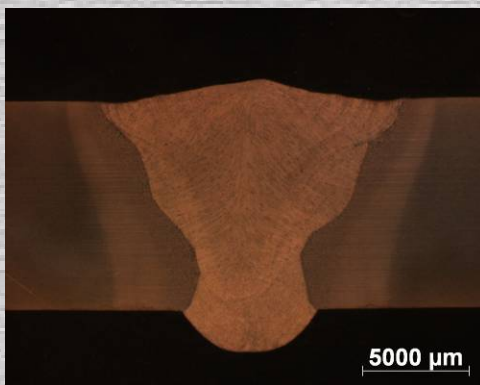
2.2 Resultaten van de gelaste vullagen

De parameters van de gelaste vullagen worden gegeven in de tabellen in BIJLAGE 3: Parameters van de gelaste vullagen.

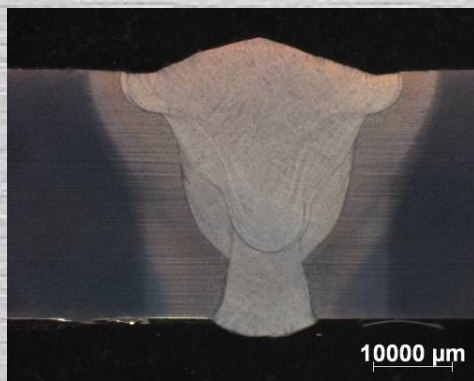
2.2.1 Macroscopisch onderzoek vullagen

2.2.1.1 S500MC

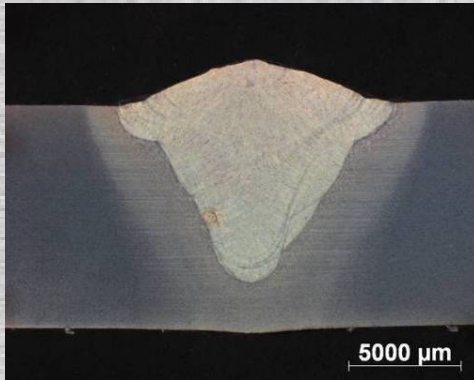
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, openingshoek en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Nital 2% aangewend.



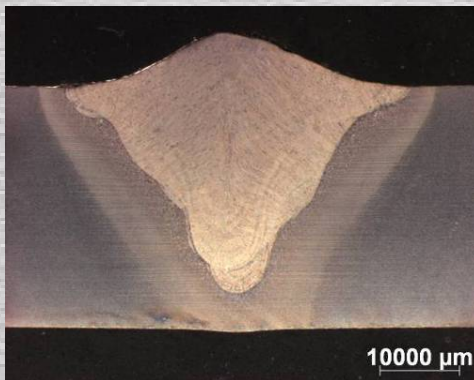
**Figuur 33: S500MC (10 mm) – MAG
80% Ar20% CO₂
Openingshoek 60°**



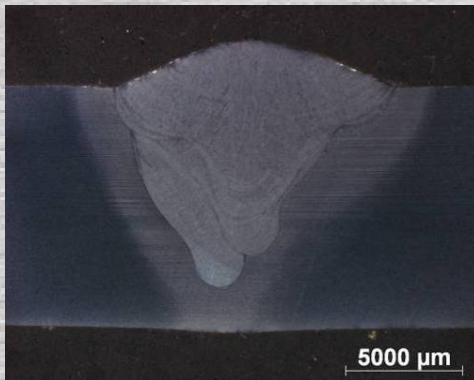
**Figuur 34: S500MC (10 mm) – Force Arc
82% Ar18% CO₂
Openingshoek 45°**



**Figuur 35: S500MC (10 mm) – Fast MIG
Ferromaxx Plus
Openingshoek 60°**



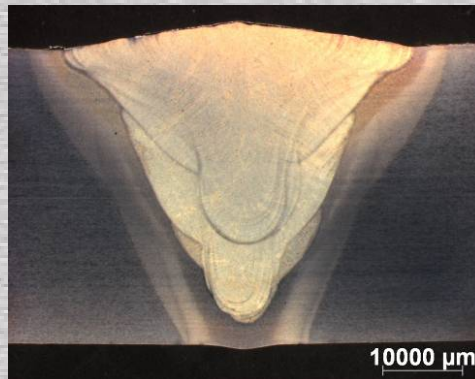
**Figuur 36: S500MC (10 mm) – TIME
60% Ar30%He10%CO₂
Openingshoek 45°**



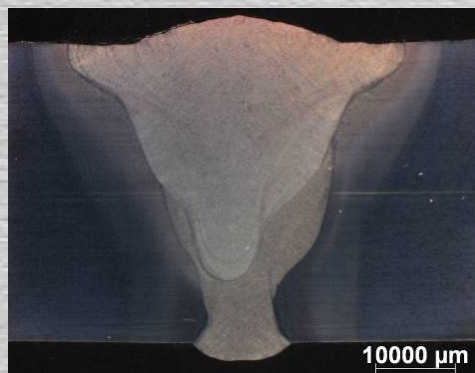
**Figuur 37: S500MC (10 mm) – Sharc MIG
M21
Openingshoek 45°**

2.2.1.2 S700MC

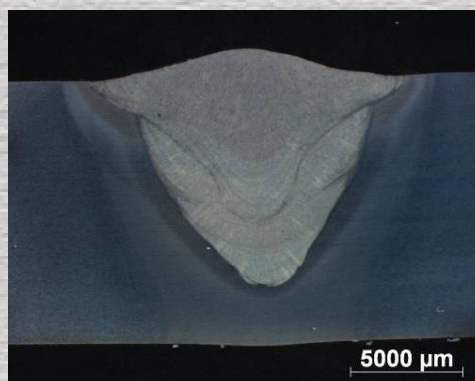
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, openingshoek en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Nital 2% aangewend.



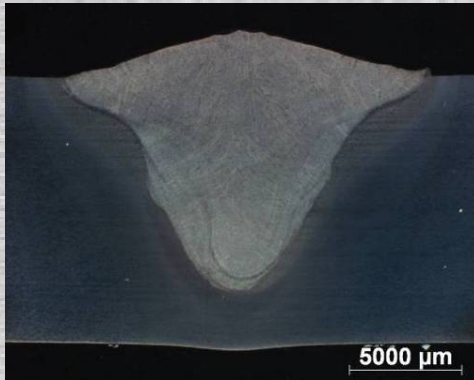
Figuur 38: S700MC (12mm) – MAG
83% Ar17%CO₂
Openingshoek 60°



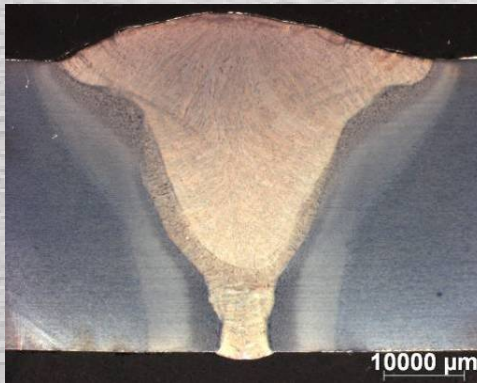
Figuur 39: S700MC (12 mm) – Force Arc
82% Ar18%CO₂
Openingshoek 45°



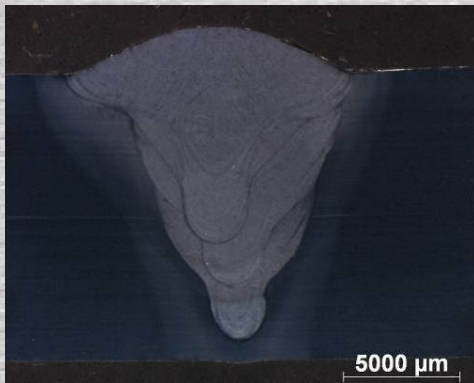
Figuur 40: S700MC (12 mm) – Fast MIG
80% Ar20%CO₂
Openingshoek 60°



**Figuur 41: S700MC (12 mm) – Fast MIG
Ferromaxx Plus
Openingshoek 60°**



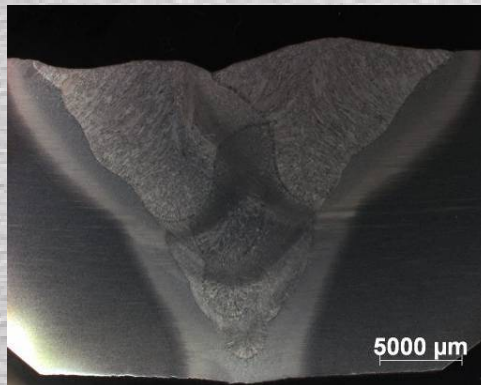
**Figuur 42: S700MC (12 mm) – TIME
60% Ar30%He10%CO₂
Openingshoek 45°**



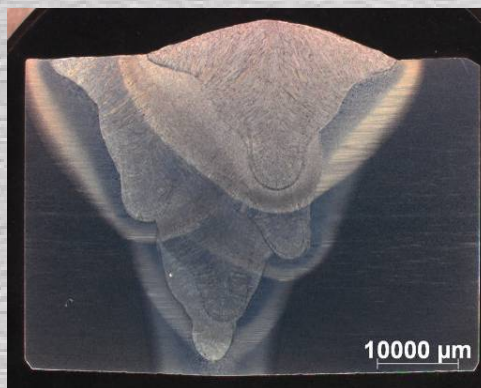
**Figuur 43: S500MC (10 mm) – Sharc MIG
M21
Openingshoek 45°**

2.2.1.3 S355

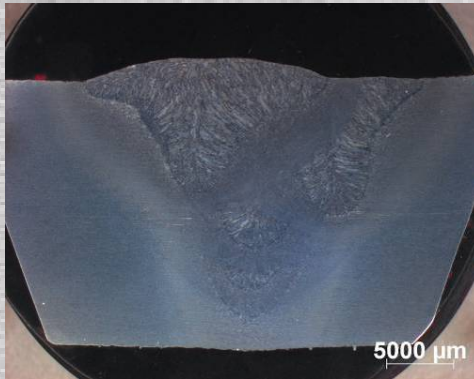
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, openingshoek en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Nital 2% aangewend.



Figuur 44: S355 (20 mm) – MAG
83% Ar17%CO₂
Openingshoek 60°



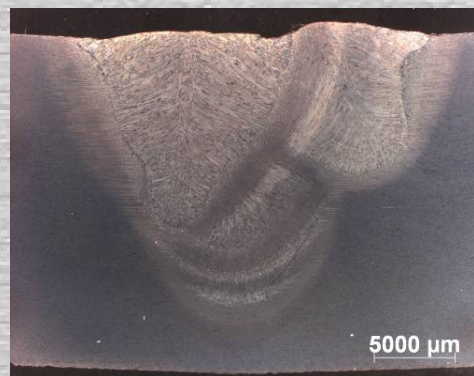
Figuur 45: S355 (20 mm) – Force Arc
82% Ar18%CO₂
Openingshoek 45°



Figuur 46: S355 (20 mm) – Fast MIG
80% Ar20%CO₂
Openingshoek 60°



Figuur 47: S355 (20 mm) – Fast MIG
Ferromaxx Plus
Openingshoek 60°
Afkeur wegens porositeit



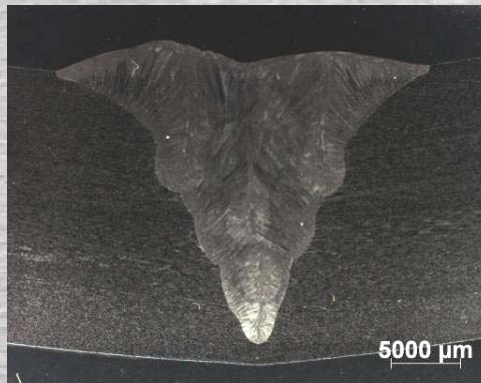
Figuur 48: S500MC (10 mm) – TIME
60% Ar30%He10%CO₂
Openingshoek 45°



Figuur 49: S355 (20mm)OP Twin Arc (dubbele draadtoevoer)
OK Flux 10.71
Openingshoek 60°

2.2.1.4 AISI316L

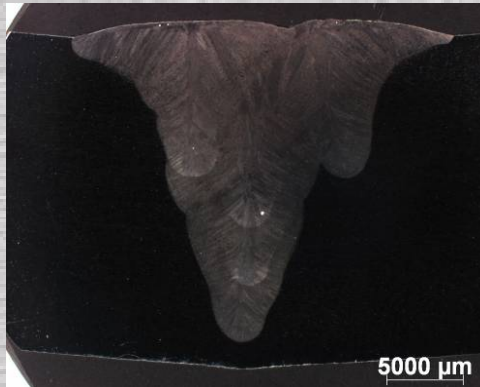
De resultaten van het macroscopisch onderzoek van dit materiaal worden hieronder visueel weergegeven in functie van de gebruikte innovatieve procesvariant, openingshoek en het gebruikte lasgas. Als etsmiddel werd er voor dit materiaal Glyceregia aangewend.



Figuur 50: AISI316L (20mm) MAG
98% Ar2%CO₂
Openingshoek 60°



Figuur 51: AISI316L (20mm) Force Arc
97.5% Ar2.5%CO₂
Openingshoek 45°
Voldoet niet aan de eisen volgens EN15614-1



Figuur 52: AISI316 L (20mm) Fast MIG
97.5% Ar2.5% CO₂
Openingshoek 60°
Voldoet niet aan de eisen volgens EN15614-1

2.2.2 Hardheidsmetingen vullagen

Op de gelaste vullagen op S500MC, S700MC en S355 werden een Vickers-hardheidsproef met een belasting van HV10 uitgevoerd volgens EN 1043-1. Er werden geen ontoelaatbare hardheden gemeten. De hardheidsmetingen worden gegeven in BIJLAGE 4: Hardheidsmetingen op de gelaste vullagen.

2.3 Resultaten van volledige lasverbindingen

Er werden door met Force Arc (EWM) en Fast MIG (Kemppi) volledige verbindingen gelast. Hier werd door de fabrikant bepaald hoe de verbinding het beste gelast wordt met zijn proces. De lasparameters per materiaal gegeven voor elke gebruikte innovatieve lasvariant in BIJLAGE 5: Parameters van aanvullende dikwandige verbindingen.

Er werd telkens gekozen om op een keramische backingstrip te lassen. De gekozen lasdraden hadden een diameter van 1.2 mm.

2.3.1 S500MC gelast met Force Arc

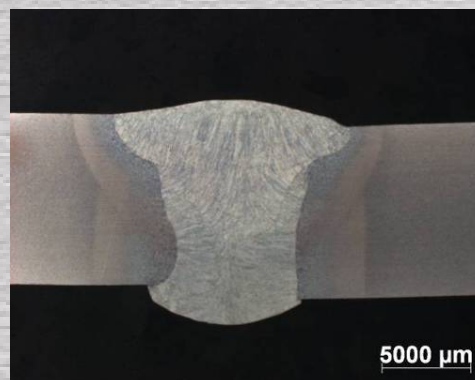
Plaatdikte: 10 mm

Openingshoek: 30°

Vooropening: 2.5mm

Lasdraad: ER100-SG

Gelast op keramische backingstrip



Figuur 53: S500MC (10mm) – Force Arc

Radiografisch onderzoek : goedgekeurd

Trekproef:

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Lokatie
T1	635	550	WBZ
T2	607	550	OZ (LM-WBZ)

Plooioproeven volgens EN 910

Doordiameter: 40 mm

Afstand tussen steunpunten: 60 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	Ok/niet ok
Facebend 1	ok
Rootbend 1	ok
Facebend 2	ok
Rootbend 2	ok

Kerfslagproeven volgens EN 875:

Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	-20	96	40
lasmetaal 2	-20	75	40
lasmetaal 3	-20	87	40
WBZ 1	-20	212	40
WBZ 2	-20	252	40
WBZ 3	-20	237	40



BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					193				197					
			189	184	201	223	223	225	197	195	180			
					196				201					
					194				196					
203	209	191	176	187	192	222	221	216	190	186	173	209	201	205
					190				194					
					190				188					
210	206	185	189	186	191	210	207	212	184	193	185	204	207	208
					189				191					

2.3.2 S500MC gelast met Fast MIG

Plaatdikte: 10mm

Openingshoek: 60°

Vooropening: 5mm

Lasdraad: metaalgevulde draad Soudocore 35 E80 T5-G

Gelast op keramische backingstrip



Figuur 54: S500MC (10mm) – Fast MIG

Radiografisch onderzoek : goedgekeurd

Trekproef:

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Lokatie
T1	569	550	OZ (LM-WBZ)
T2	603	550	WBZ

Plooiproeven volgens EN 910:

Doordiameter: 40 mm

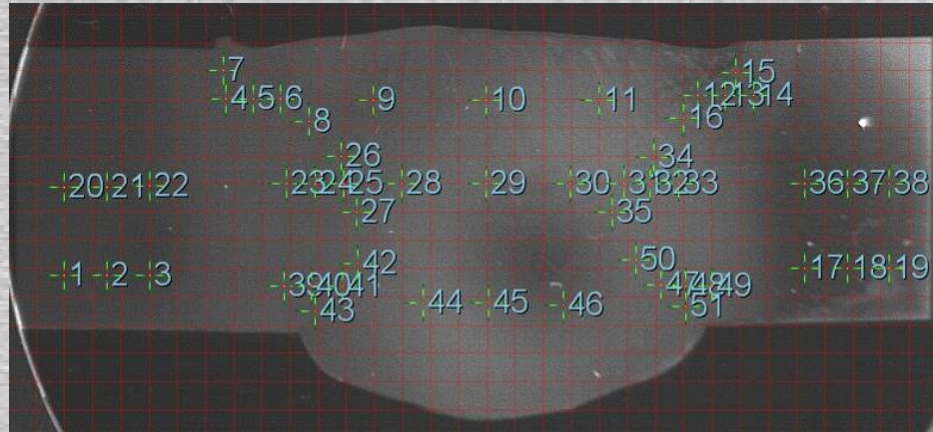
Afstand tussen steunpunten: 60 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	ok/niet ok
Facebend 1	ok
Rootbend 1	ok
Facebend 2	ok
Rootbend 2	ok

Kerfslagproeven volgens EN 875:

Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	-20	63	40
lasmetaal 2	-20	89	40
lasmetaal 3	-20	104	40
WBZ 1	-20	184	40
WBZ 2	-20	208	40
WBZ 3	-20	216	40



BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					200				204					
			194	199	199	233	230	227	196	204	188			
					199				202					
					201				201					
205	205	204	185	197	185	225	224	212	176	193	187	203	207	202
					179				170					
					183				176					
203	204	207	177	177	182	197	198	170	180	182	173	198	202	196
					180				183					

2.3.3 S700MC gelast met Force Arc

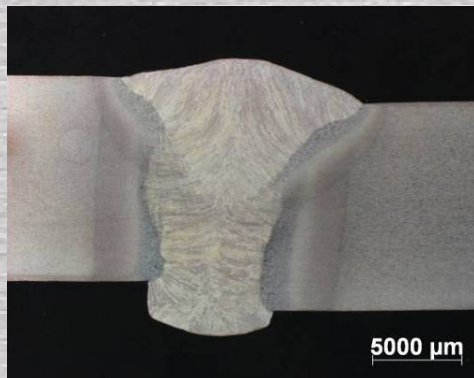
Plaatdikte: 12mm

Openingshoek: 30°

Vooropening: 2,5 – 3,5mm

Lasdraad: ER100-SG

Gelast op keramische backingstrip



Figuur 55: S700MC (12mm) – Force Arc

Trekproef:

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Locatie
T1	759	750	WBZ
T2	730	750	WBZ

Plooiproeven volgens EN 910:

Doordiameter: 70 mm

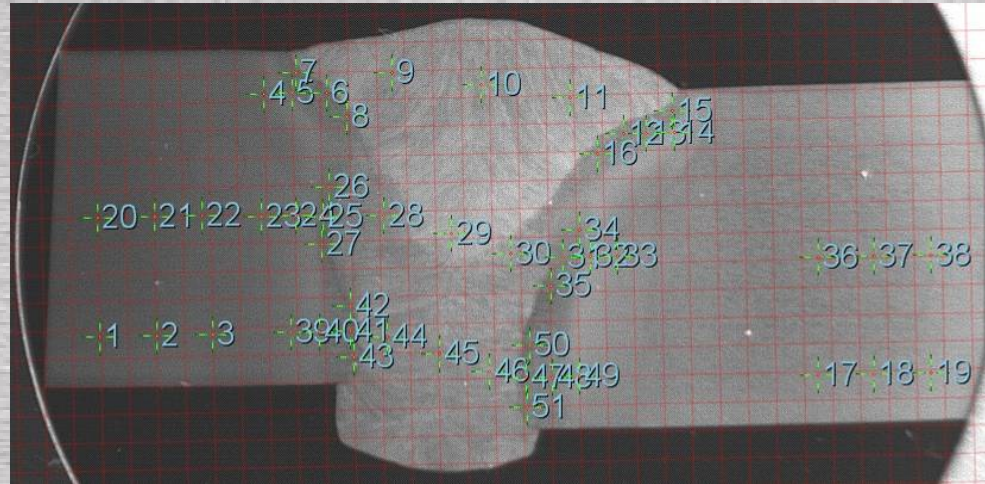
Afstand tussen steunpunten: 70 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	ok/niet ok
Sidebend 1	ok
Sidebend 2	ok
Sidebend 3	ok
Sidebend 4	ok

Kerfslagproeven volgens EN 875:

Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	-20	140	40
lasmetaal 2	-20	85	40
lasmetaal 3	-20	71	40
WBZ 1	-20	220	40
WBZ 2	-20	44	40
WBZ 3	-20	265	40



BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					216				218					
			196	212	212	254	255	251	213	217	214			
					210				216					
					223				216					
281	288	286	216	225	254	234	258	220	216	217	208	280	277	279
					281				275					
					275				281					
272	271	278	204	224	262	261	251	256	272	241	227	271	276	279
					258				256					

2.3.4 S355M gelast met Force Arc

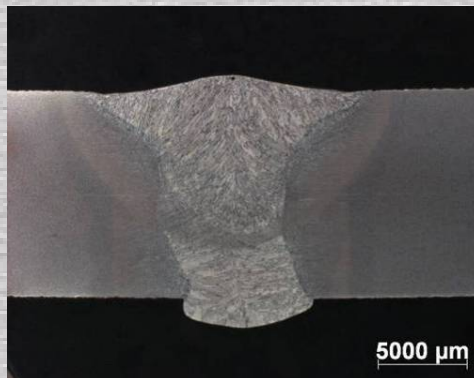
Plaatdikte: 12mm

Openingshoek: 30°

Vooropening: 1 – 2 mm

Lasdraad: SG2

Gelast op keramische backingstrip



Figuur 56: S355M (12mm) – Force Arc

Trekproef:

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Lokatie
T1	546	470 - 630	BM
T2	541	470 - 630	BM

Plooiproeven volgens EN 910:

Doordiameter: 40 mm

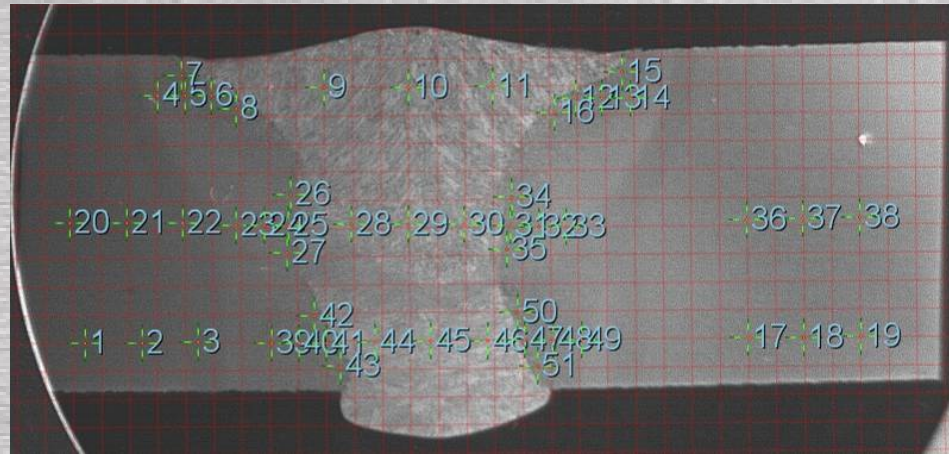
Afstand tussen steunpunten: 70 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	ok/niet ok
Sidebend 1	ok
Sidebend 2	ok
Sidebend 3	ok
Sidebend 4	ok

Kerfslagproeven volgens EN 875:

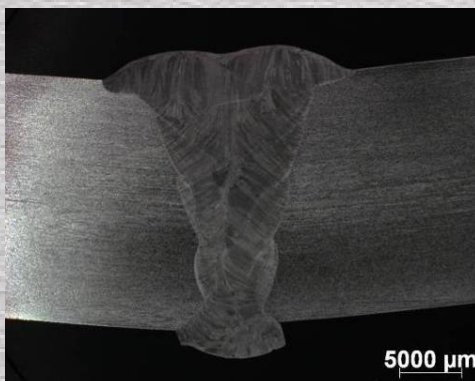
Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	-20	152	40
lasmetaal 2	-20	99	40
lasmetaal 3	-20	95	40
WBZ 1	-20	308	40
WBZ 2	-20	360	40
WBZ 3	-20	325	40



BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					183				179					
			159	173	191	183	183	190	192	185	170			
					190				196					
					180				182					
165	164	161	165	170	173	178	182	183	171	168	161	169	162	169
					170				173					
					185				197					
166	165	157	171	177	193	190	188	194	210	179	164	167	167	166
					203				201					

2.3.5 AISI316L gelast met Force Arc

Plaatdikte: 20 mm
Openingshoek: 45°
Vooropening: 1mm
Lasdraad: ER318
Gelast op keramische backingstrip



Figuur 57: AISI316L (20mm) – Force Arc

Trekproef :

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Lokatie
T1	600	579	BM
T2	601	579	BM

Plooiproeven volgens EN 910:

Doordiameter: 40 mm

Afstand tussen steunpunten: 70 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	ok/niet ok
Sidebend 1	ok
Sidebend 2	ok
Sidebend 3	ok
Sidebend 4	ok

Kerfslagproeven volgens EN 875:
Beproevingstemperatuur 20°C 60J vereist

Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	20	140	60
lasmetaal 2	20	134	60
lasmetaal 3	20	131	60
WBZ 1	20	371	60
WBZ 2	20	262	60
WBZ 3	20	280	60

2.3.6 AISI316L gelast met Fast MIG rutiele draad

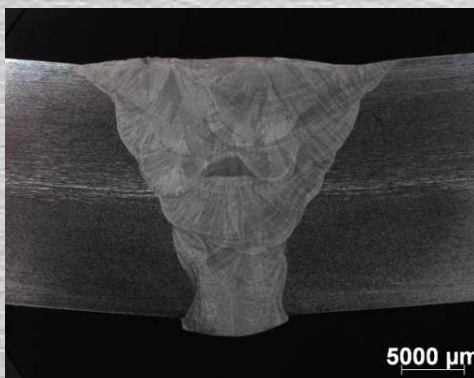
Plaatdikte: 20 mm

Openingshoek: 60°

Vooropening: 3 – 4 mm

Lasdraad: rutiele draad EAS 4M-FD

Gelast op keramische backingstrip



AISI316L (20mm) – Fast MIG

Trekproef:

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Lokatie
T1	576	579	LM
T2	580	579	LM

Plooiproeven volgens EN 910:

Doordiameter: 40 mm

Afstand tussen steunpunten: 70 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	ok/niet ok
Sidebend 1	ok
Sidebend 2	ok
Sidebend 3	ok
Sidebend 4	ok

Kerfslagproeven volgens EN 875:
Beproevingstemperatuur 20°C 60J vereist

Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	20	88	60
lasmetaal 2	20	87	60
lasmetaal 3	20	92	60
WBZ 1	20	185	60
WBZ 2	20	357	60
WBZ 3	20	190	60

2.3.7 AISI316L gelast met Fast MIG metaalgevulde draad

Plaatdikte: 20mm

Openingshoek: 60°

Vooropening: 3 – 4 mm

Lasdraad: metaalgevulde draad EC316L

Gelast op keramische backingstrip



AISI316L (20mm) – Fast MIG

Trekproef:

Ronde lange proportionele proefstaaf met de las in het midden volgens EN-10002-1.

Trekstaaf	Treksterkte (MPa)	Vereiste treksterkte	Lokatie
T1	559	579	LM
T2	564	579	LM

Plooiproeven volgens EN 910:

Doordiameter: 40 mm

Afstand tussen steunpunten: 70 mm

Plooihoek: 160°

Buigproef	ok/niet ok
Sidebend 1	ok
Sidebend 2	ok (scheur 1.4mm)
Sidebend 3	ok
Sidebend 4	ok



Kerfslagproeven volgens EN 875:
 Beproevingstemperatuur 20°C 60J vereist

Kerfslagstaaf	Temp (°C)	KV (J)	Min. (J)
lasmetaal 1	20	68	60
lasmetaal 2	20	67	60
lasmetaal 3	20	63	60
WBZ 1	20	136	60
WBZ 2	20	180	60
WBZ 3	20	136	60

2.4 Economische studie

2.4.1 Costcomp

Voor de kostprijsberekening werd gekozen voor Costcomp. Deze software werd ontwikkeld door het Nederlands Instituut voor lastechniek. Costcomp rekent de kostprijs van lasverbinding uit aan de hand van uurloon, type lasnaad, kostprijs van de materialen, enz.

Al de kosten kunnen ingesteld worden, daar waar gegevens ontbreken, reikt het Costcomp-programma richtwaarden aan.

De berekende kostprijzen van de verbindingen zijn ruwe schattingen, die enkel kunnen dienen om een vergelijking te kunnen maken tussen processen. De exacte kostprijs van een bepaalde lasverbinding is bedrijfspecifiek (afhankelijk van de loonkost, kwaliteit, inschakelduur, afschrijving van machines, enz.).

2.4.2 Kostprijs van de lasverbindingen

2.4.2.1 *Effect van de grondnaden op de kostprijs*

In dit project worden grondnaden onderscheiden van de vullagen. De kost van een las per lopende meter, is voornamelijk afhankelijk van de loonkost en de tijd waarop de las volledig wordt opgevuld (lasnaadvolume en draadsnelheid). Dit is de som van de grondnaad en van de vullagen.

Betreft de grondnaden moeten 2 zaken worden aanschouwd: de draadsnelheid en de lasnaadvoorbereiding.

De draadsnelheden worden gegeven in Tabel 14, Tabel 15, Tabel 16 en Tabel 17. Hierin lieten het TIME-proces en het CMT-proces hogere waarden optekenen dan die van de conventionele halfautomaat.

Om het effect van de lasnaadvoorbereiding en de vooropening aan te tonen worden de parameters in Tabel 4 constant gehouden. In Tabel 5 en Tabel 6 worden de gebruikte vooropeningen en opstaande kanten van de verschillende fabrikanten gegeven.

Draadsnelheid (m/min)	9
Gas M21 (/m ³)	3
3-componenten gas (/m ³)	4.5
Draad (/kg)	3.15
Uurloon (/h)	35
Uren op jaarbasis	1500
Inschakelduur	28
Werk onder toezicht	100
Uitval	5

Machinekost ()	8000
Interest	8
Afschrijving	5

Tabel 4: Vaste instellingen

	MAG, Fast Root, STT	Cold Arc	CMT, TIME
Plaatdikte	10	10	10
openingshoek (°)	60	60	60
vooropening (mm)	2	2.5	1.5
opstaande kant (mm)	0	2	0
Kostprijs (/m)	25	19	22

Tabel 5: Invloed van de vooropening en opstaande kant op de kostprijs bij plaatdikte 10 mm

	MAG, Fast Root, STT	Cold Arc	CMT, TIME
Plaatdikte	20	20	20
openingshoek (°)	60	60	60
vooropening (mm)	2	2.5	1.5
opstaande kant (mm)	0	2	0
Kostprijs (/m)	76	67	74

Tabel 6: Invloed van de vooropening en opstaande kant op de kostprijs bij plaatdikte 20 mm

De kostprijs daalt bij een kleinere vooropening en door het gebruik van een opstaande kant. Het effect hiervan daalt bij grotere plaatdiktes.

2.4.2.2 *Kostprijs van de gelaste verbindingen*

Aan de hand van de richtprijzen van de gebruikte machines toevoegmaterialen (Tabel 7) en gassen (Tabel 8) werden de kostprijzen berekend.

De prijs per meter las van de materialen S500MC, S700MC, S355 en AISI316L wordt gegeven in respectievelijk Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11 en Tabel 12.

De kost per meter kan verlaagd worden door een kleinere openingshoek te kiezen. De keuze van een kleinere openingshoek verhoogt de kans op plakfouten. EWM heeft 2 lassen gelegd in 10 mm plaat en 12 mm plaat (S500MC en S700MC) met een openingshoek van 30°. EWM toont dat het mogelijk is, maar geeft mee dat 45° een betere keuze is om plakfouten te vermijden.

De kost per meter kan verlaagd worden door het gebruik van 3-componenten gassen die helium bevatten. Kemppi heeft de S500MC en S700MC platen met Ferromaxx Plus gelast, met een grotere draadsnelheid. Het TIME proces kan enkel werken met een 3-componentengas.

Type	Diameter	Prijs (/kg)	Rendement
SG2	1.2	1.18	
ER100-SG	1.2	3.15	
AISI316L	1.2	5.97	
Autorod 12.20 massieve draad	2	2.61	
basisgevulde Soudocore 35 E80 T5-G	1.2	5.36	
ER318	1.2	21.65	
rutiele draad EAS 4M-FD	1.2	18	85%
metaalgevulde draad EC316L	1.2	22.92	95-98%

Tabel 7: Richtprijzen draden

Type	Prijs (/m ³ of /kg)
M21 (argon+CO2)	3
3-componentengas	4.5
flux	2.5

Tabel 8: Richtprijzen gas/flux

Proces	Gas	Openingshoek	Kost/meter
MAG	M21	60	26.23
Force Arc	M21	45	20.65
TIME	3-componenten	45	17.78
Sharc MIG	M21	45	21.26
Fast MIG	3-componenten	60	25.06

Tabel 9: S500MC (10mm) - kost per meter

Proces	Gas	Openingshoek	Kost/meter
MAG	M21	60	36.33
Force Arc	M21	45	25.95
TIME	3-componenten	45	19.59
Sharc MIG	M21	45	25.67
M21	Fast MIG	60	35.60
3-componen	Fast MIG	60	34.20

Tabel 10: S700MC (12mm) - kost per meter

Proces	Gas	Openingshoek	Kost/meter	Opmerking:
MAG Gepulseerd	M21	60	74.38	
Force Arc	M21	45	54.43	
TIME	3- componenten	45	44.93	
Fast MIG	M21	60	81.74	
Twin Arc	FLUX	60	49.88	bij benadering

Tabel 11: S355 (20mm) - kost per meter

Proces	Gas	Openingshoek	Kost/meter
MAG Gepulseerd	98% Ar 2% CO2	60	82.58

Tabel 12: AISI316L (20mm) - kost per meter

Materiaal	Gas	Proces	Openingshoek	Kost/meter	Opmerking:
S500MC	M21	Force Arc	30	20.31	
S500MC	M21	Fast MIG	60	*	Basis gevulde draad
S700MC	M21	Force Arc	30	34.45	
S355	M21	Force Arc	30	21.76	12mm plaatdikte
AISI316L	98/2	Force Arc	45	101.54	
AISI316L	98/2	Kemppi	60	*	rutiel gevulde draad
AISI316L	M21	Kemppi	60	128.53	metaalgevulde draad

Tabel 13: Kostprijs van aanvullende verbindingen gelast met draden en voorbereiding gekozen door de fabrikanten

*: het specifieke rendement van deze draden kan niet worden ingesteld in Coscomp

2.5 Samenvatting en conclusies

In Werkpakket 3 zijn drie koolstofstalen (S355, S500MC en S700MC) en een roestvast staal (AISI 316L) in het diktebereik van 10 mm tot 20 mm gelast met verschillende moderne booglasvarianten. Voor het grootste gedeelte zijn de experimenten uitgevoerd bij (vertegenwoordigers van) fabrikanten van de desbetreffende processen, en vergeleken met conventioneel en gepulseerd MIG/MAG en conventioneel TIG, uitgevoerd door het BIL en/of OCAS.

Er werd in een eerste stap onderscheid gemaakt tussen de gelaste grondlagen en de gelaste vullagen en werden de lasverbindingen onder opgelegde voorwaarden gelast. Daarna zijn enkele volledige verbindingen tot stand gebracht, onder omstandigheden gekozen door de fabrikanten.

De tot stand gebrachte lassen werden vervolgens beproefd volgens de eisen gesteld in EN ISO 15614 – 1. Daarnaast werd voor oppervlaktescheuronderzoek van AISI316L geopteerd voor penetrant onderzoek, en voor S355, S500MC en S700MC voor magnetisch onderzoek. De meeste werkstukken voldeden aan de gestelde eisen. Daarnaast werden doorsnedes genomen die werden gecontroleerd volgens EN ISO 5817.

Mechanische beproeven vond plaats middels transversale trekproeven en normaal en tegenbuigproeven uitgevoerd, waarbij de proefstukken volgens EN ISO 15614-1 geen enkele scheur > 3 mm mogen vertonen. Deze konden enkel op de volledige lasverbindingen uitgevoerd worden.

Uit de metingen van heat-input en snelheid bij het lassen van grondlagen is gebleken dat bij de 4 gelaste materialen, CMT en Cold Arc steeds met een lagere heat-input lasten dan de gepulseerde halfautomaat. Bij de andere processen kan deze tendens niet worden waargenomen.

Er werden bij de grondnaden in S355 en S500MC, welke een verharding vertonen in de HAZ, geen ontoelaatbare waarden gemeten. Bij de grondnaden in S700MC, treedt na het lassen een verzachting in de HAZ met verlies aan sterkte als gevolg. Hier kan gesteld worden dat de verzachting bij een grondnaad met een gepulseerde halfautomaat weinig verschilt met deze van de andere processen.

De voortloopsnelheid is hoger bij de lassen met de CMT lasbron vergeleken met de gepulseerde halfautomaat en andere booglasvarianten. De andere gemeten snelheden zijn van de zelfde grootte orde of kleiner dan die van de gewone halfautomaat. Het zoeken van de juiste voortloopsnelheid (en de andere parameters) vergde van alle fabrikanten enige tijd om de juiste parameters te vinden om de doorlassingen geautomatiseerd te kunnen uitvoeren. De CMT machine vormt hierop een uitzondering, de juiste parameters werden vrijwel onmiddellijk gevonden.

Ten slotte werden grondnaden gelast met A-TIG. Deze techniek blijkt voor deze toepassing (grondnaad in V) te onstabiel om een goed en herhaalbaar resultaat op te leveren.

De conclusies over het lassen van vullagen zijn deels gelijkaardig aan de conclusies uit werkpakket 2. Er kunnen naar aanleiding van het uitgevoerde werk kunnen geen eenduidige conclusies getrokken worden omtrent de algemene geschiktheid van de verschillende nieuwe booglasvarianten voor verschillende materialen en diktes.

Ten eerste blijkt dat de gemeten draadtoevoersnelheden bij de verschillende processen niet veel van elkaar verschillen. De draadtoevoersnelheid bij de gewone halfautomaat en de innovatieve machines wordt beperkt door het gebruikte M21 gas, lasdraad en door de geometrie van het gelaste stuk. De innovatieve boogglasvarianten smelten niet meer materiaal neer, onder dezelfde randvoorwaarden, dan een gewone halfautomaat. Als er gewerkt wordt met 3-componentengassen, zoals bij het TIME-proces, kan de draadtoevoersnelheid wel verhoogd worden. De kostprijs van de lasverbindingen met het TIME-proces waren bij elke materiaal (S355, S500MC en S700MC) de laagste. De kostprijs van een las met het TIME-proces op S355 (plaatdikte 20 mm, openingshoek 45°) is van dezelfde grootte orde als deze van een onderpoederdeklasmachine met dubbele draadtoevoer (zelfde plaatdikte, openingshoek 60°). In het neersmeltsnelheid (kg/uur) blijft het onderpoederdek-lassen het snelste proces.

Ten tweede kan de kostprijs verlaagd worden door met nauwere openingshoeken te werken. De processen die met kleinere openingshoeken werken verlagen hiermee de kostprijs van de las. Een verbinding met een openingshoek van 45° kan echter ook met een conventionele halfautomaat gelast worden. Het is een keuze die de gebruiker maakt afhankelijk van de te bereiken kwaliteit, bekwaamheid van zijn lassers, enz. De robuustheid van de processen werd niet onderzocht.

Ten slotte werden er vullagen gelast met Hyper Dip. Dit proces is enkel geschikt voor hoeklassen en werd verkeerdelijk opgenomen in de lijst van onderzochte processen.

De verbindingen in dit werkpakket werden geautomatiseerd uitgevoerd om de invloed van de lasser uit te schakelen. De keuze van de vooropening, lassnelheid en de parameters worden bepaald door de operator die de machine instelt. De bereikte resultaten blijven operatorafhankelijk. Het is mogelijk dat bij niet bij alle processen, de maximale productiviteit, kwaliteit of de laagst mogelijke heat-input bereikt werd.

BIJLAGE 1: Parameters van de gelaste grondnaden

Fabrikant	Proces	Beschermgas	Gasdebit (l/min)	VO (mm)	Stekend/slepend	Toortshoek (°)	Voortloopsnelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)	Opm.
Fronius	MAG	80% Ar 20% CO2	15	2		90	0.17	146	19.1	3.2	0.98	
Fronius	CMT	80% Ar 20% CO2	15	1.5	Slepend	70	0.35	195	15.6	7	0.54	
EWM	Cold Arc	82% Ar 18% CO2	15	2.5	Stekend	80	0.20	149	14.8	3.4	0.67	
Kemppi	Fastroot	80% Ar 20% CO2	18	2	Slepend	80	0.14	128	16	2.8	0.89	
Fronius	TIME	60% Ar 30% He 10% CO2	15	1.5	Slepend	70	0.20	171	19.4	5.5	0.98	
Fronius	TIME(50°)	60% Ar 30% He 10% CO2	15	2	Slepend	70	0.20	189	20.7	5.6	1.20	V 50°
Lincoln	STT	83% Ar 17% CO2	15	3	Slepend	75	0.13	110	17.2	2.5	0.87	
Kemppi	TIG	100% Ar	7	0		90	0.08	276	11.8		2.37	

Tabel 14: Parameters grondnaden S500MC

Fabrikant	Proces	Beschermgas	Gasdebiet (l/min)	VO (mm)	Stekend/slepend	Toortshoek (°)	Voortloop-snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)	Opm.
Fronius	MAG	80% Ar 20% CO2	15	2		90	0.17	133	18.3	2.8	0.86	
Fronius	CMT	80% Ar 20% CO2	15	1.5	Slepend	70	0.35	203	15.7	6.5	0.54	
EWM	Cold Arc	82% Ar 18% CO2	15	2.5	Stekend	80	0.20	151	14.9	3.6	0.68	
Fronius	TIME	60% Ar 30% He 10% CO2	15	1.5	Slepend	70	0.21	162	19.4	5.4	0.88	
Fronius	TIME(50°)	60% Ar 30% He 10% CO2	15	2	Slepend	70	0.17	175	20.2	5.3	1.28	V 50°
Kemppi	Fastroot	80% Ar 20% CO2	18	2	Slepend	80	0.13	127	15.3	2.8	0.88	
Lincoln	STT	83% Ar 17% CO2	15	3	Slepend	75	0.13	112	16.7	2.6	0.86	
Kemppi	TIG	100% Ar	7	0		90	0.09	273	11.5		2.10	

Tabel 15: Parameters grondnaden S700MC

Fabrikan	Proces	Beschermgas	Gasdebiet (l/min)	VO (mm)	Stekend/slepend	Toortshoek (°)	Voortloop-snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)	Opm.
Fronius	MAG	80% Ar 20% CO2	15	2		90	0.20	153	19.2	3.3	0.88	
Fronius	CMT	80% Ar 20% CO2	15	1.5	Slepend	70	0.35	203	15.7	6.4	0.54	
EWM	Cold Arc	82% Ar 18% CO2	15	2.5	Stekend	80	0.20	158	15.2	3.8	0.73	
Kemppi	Fastroot	80% Ar 20% CO2	18	2	Slepend	80	0.13	129	17	2.9	1.03	
Fronius	TIME	60% Ar - 30% He - 10% CO2	15	1.5	Slepend	70	0.18	174	19.3	5.9	1.12	
Lincoln	STT	83% Ar 17% CO2	15	3	Slepend	75	0.13	108	16.9	2.5	0.84	
Kemppi	TIG	100% Ar	7	0		90	0.08	274	11.6		2.34	

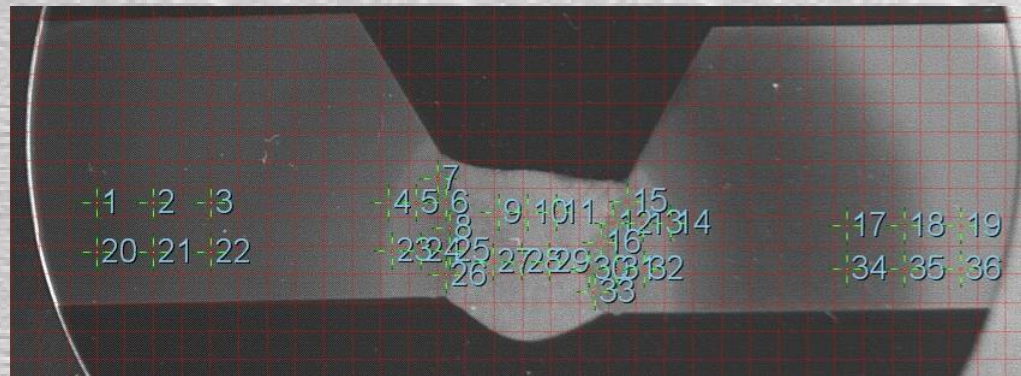
Tabel 16: Parameters grondnaden S355

Fabrikant	Proces	Schermgas	Gasdebit (l/min)	VO (mm)	Stekend/slepend	Toortshoek (°)	Voortloop-snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)	Opm.	
Fronius	gepulsMAG	98%Ar 2%CO2	-	16	2		90	0.22	149	20.2	4.9	0.82	
Fronius	CMT	98%Ar 2%CO2	-	15	1.5	Slepend	70	0.35	174	15.7	6.8	0.39	
EWM	Cold Arc	98%Ar 2%CO2	-	15	3	Stekend	80	0.20	119	14.3	3.4	0.51	
Lincoln	STT	98%Ar 2%CO2	-	15	3	Slepend	75	0.12	121	14.4	3.75	0.87	
Kemppi	TIG	100%Ar		7	0		90	0.05	254	12		3.43	
Kemppi	A-TIG	100%Ar		7	0		90	0.05	274	10.6		3.54	LDW 10

Tabel 17: Parameters grondnaden AISI 316L

BIJLAGE 2: Hardheidsmetingen van de gelaste grondnaden

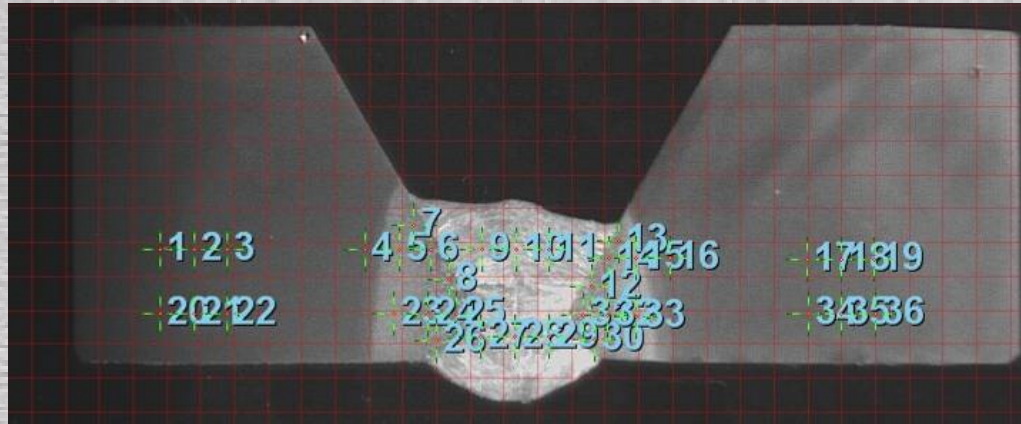
2.5.1.1 *S500MC*



Figuur 58: Hardheidsmeting S500MC - MAG gepulseerd

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					233				241					
198	198	205	197	205	242	278	268	272	246	217	208	202	205	203
					233				246					
198	205	207	199	217	233	272	264	268	233	233	201	200	203	205
					230				241					

Tabel 18: Hardheidsmeting S500MC – MAG gepulseerd



Figuur 59: Hardheidsmeting S500MC – CMT

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					254				248					
198	192	194	209	209	262	304	289	304	259	212	212	209	205	205
					252				269					
196	198	204	206	252	263	298	288	296	262	251	204	210	206	207
					260				250					

Tabel 19: Hardheidsmeting S500MC – CMT



Figuur 60: Hardheidsmeting S500MC – Cold Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					244				267					
199	201	201	211	209	254	318	315	318	271	220	212	199	198	196
					273				269					
203	206	212	212	221	270	333	329	321	271	224	214	199	203	201
					280				278					

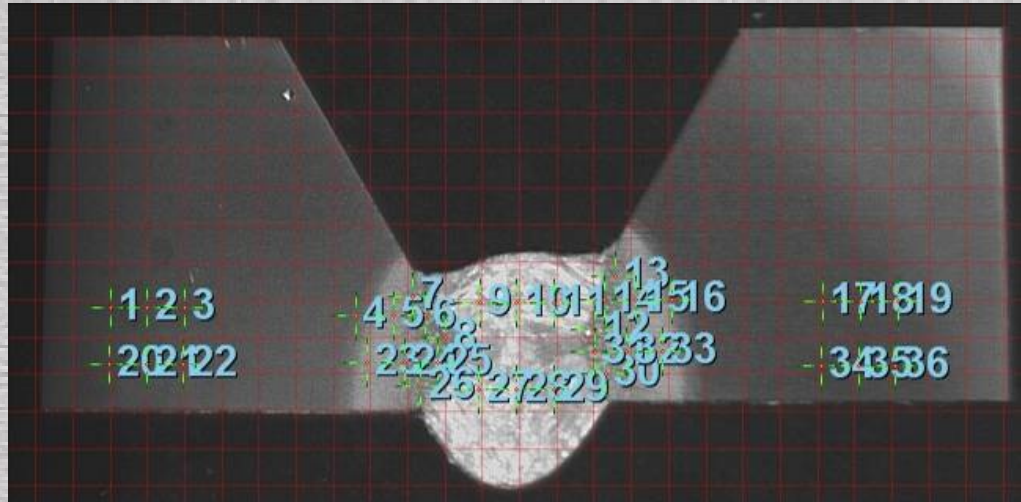
Tabel 20: Hardheidsmeting S500MC – Cold Arc



Figuur 61: Hardheidsmeting S500MC – Cold Arc manueel gelast

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					231				229					
196	195	199	205	206	231	275	280	281	230	205	204	203	200	190
					238				235					
201	194	202	203	204	240	277	286	287	241	201	207	204	197	198
					238				234					

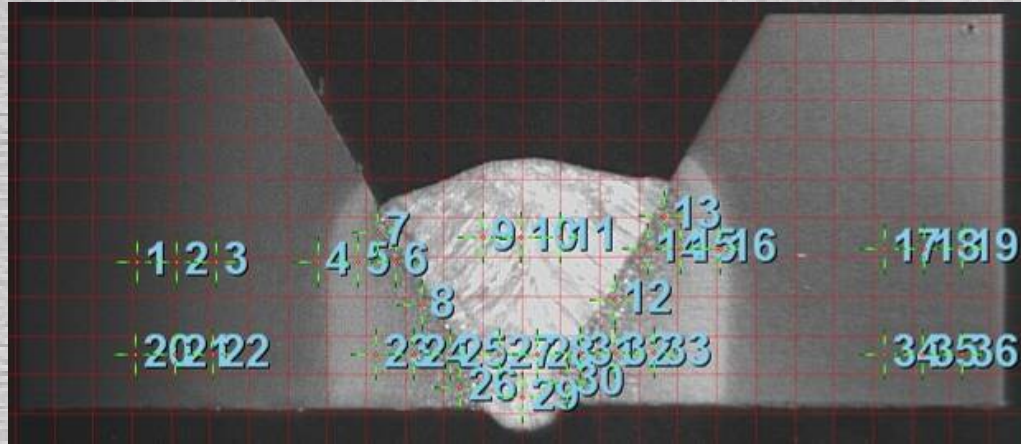
Tabel 21: Hardheidsmeting S500MC – Cold Arc manueel gelast



Figuur 62: Hardheidsmeting S500MC – Fast Root

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					235				235					
193	197	195	208	208	237	284	277	299	247	218	204	201	197	195
					256				248					
202	200	197	202	231	256	285	282	293	255	236	202	203	200	202
					242				252					

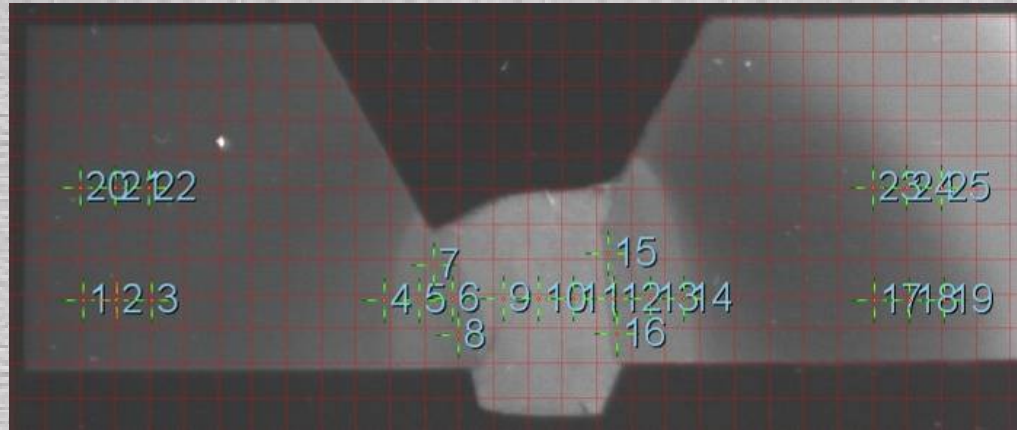
Tabel 22: Hardheidsmeting S500MC – Fast Root



Figuur 63: Hardheidsmeting S500MC – TIME

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					223				221					
204	202	205	200	199	226	264	259	269	219	217	196	209	209	208
					220				231					
205	206	206	195	220	224	256	258	261	215	217	211	203	203	199
					219				216					

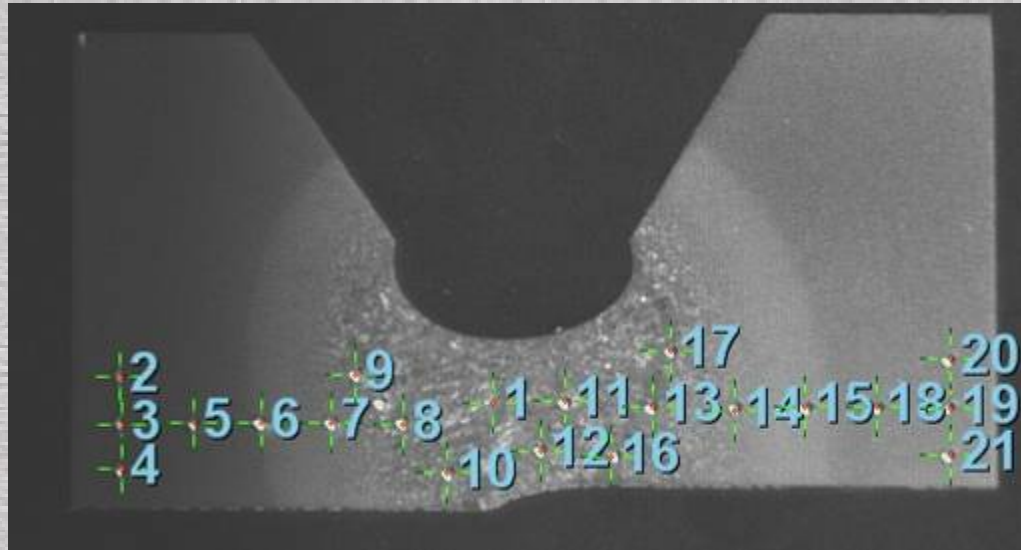
Tabel 23: Hardheidsmeting S500MC – TIME



Figuur 64: Hardheidsmeting S500MC – STT

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
188	192	193			252				248			202	201	203
203	198	197	205	205	247	281	276	276	247	214	204	202	204	204
					240				245					

Tabel 24: Hardheidsmeting S500MC – STT

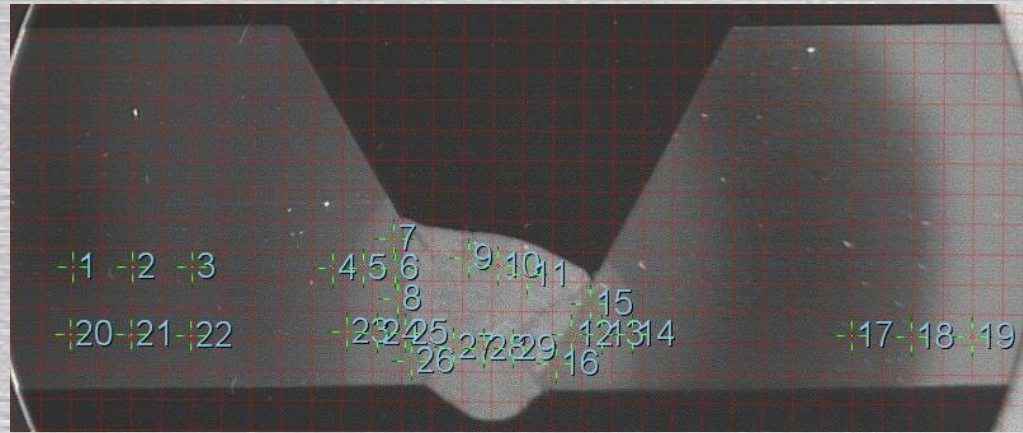


Figuur 65: Hardheidsmeting S500MC – TIG

BM left		HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right	
195				220				217				209
195	198	190	211	212	221	222	230	225	211	194	209	221
194				211				217				208

Tabel 25: Hardheidsmeting S500MC – TIG

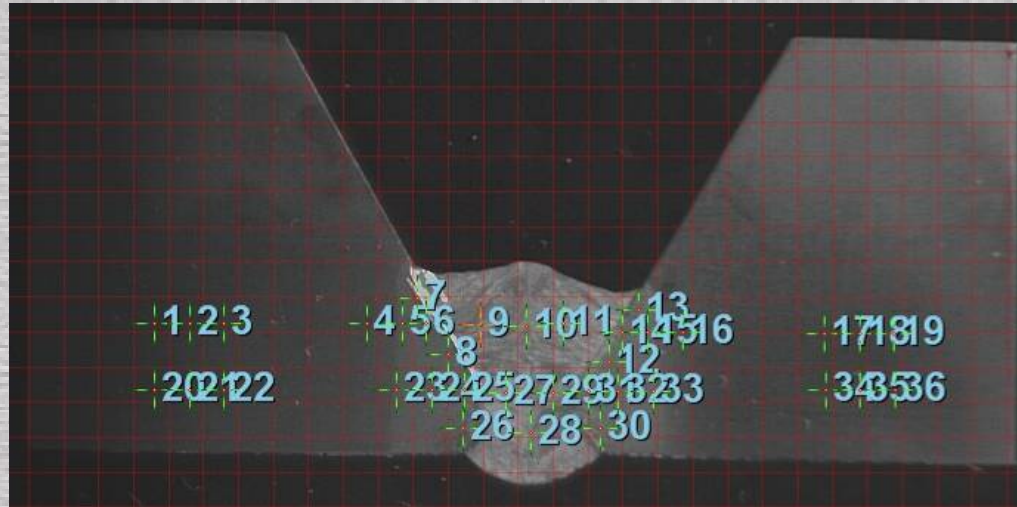
2.5.1.2 S700MC



Figuur 66: Hardheidsmeting S700MC – MAG gepulseerd

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					254				257					
289	292	287	297	240	249	277	275	278						
					257				268	238	243	289	284	287
286	284	286	235	231	254	275	289	288	265					
					261									

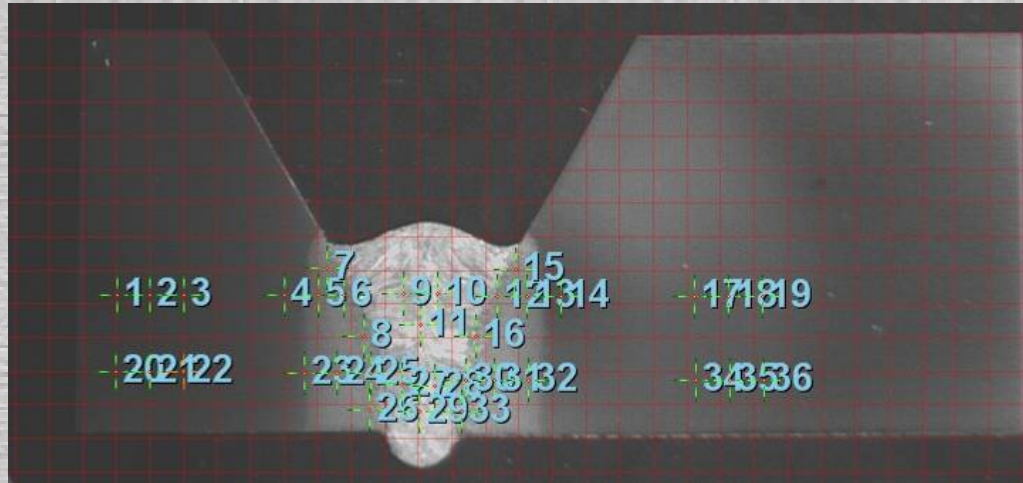
Tabel 26: Hardheidsmeting S700MC – MAG gepulseerd



Figuur 67: Hardheidsmeting S700MC – CMT

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					248				250					
282	278	293	289	246	245	313	304	319	251	248	293	284	284	278
					259				260					
278	274	277	241	226	264	320	303	315	267	233	237	278	267	275
					261				254					

Tabel 27: Hardheidsmeting S700MC – CMT



Figuur 68: Hardheidsmeting S700MC – Cold Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					252				248					
289	281	286	291	243	267	322	313	313	260	252	301	283	278	285
					272				267					
283	289	285	246	240	275	322	319	328	267	238	241	282	274	276
					260				264					

Tabel 28: Hardheidsmeting S700MC – Cold Arc



Figuur 69: Hardheidsmeting S700MC - TIME

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					248				240					
281	290	289	263	227	240	285	269	283	248	235	253	280	284	281
					254				245					
278	285	281	222	235	234	279	267	276	249	233	225	272	264	271
					231				234					

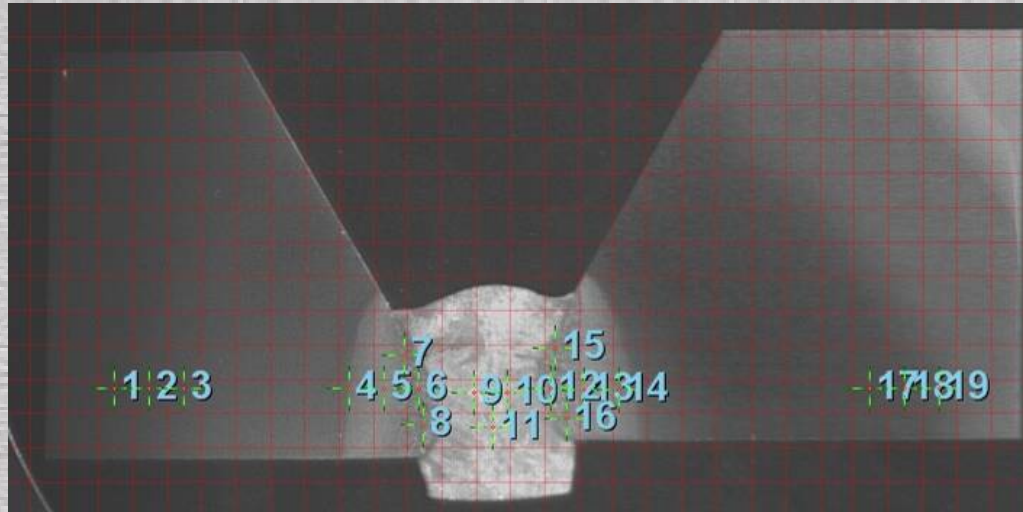
Tabel 29: Hardheidsmeting S700MC - TIME



Figuur 70: Hardheidsmeting S700MC – Fast Root

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					256				243					
280	283	282	281	229	254	305	298	305	256	231	278	280	284	284
					258				244					

Tabel 30: Hardheidsmeting S700MC – Fast Root



Figuur 71: Hardheidsmeting S700MC – STT

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					254				255					
290	281	276	227	225	250	285	280	292	253	237	229	283	283	281
					258				252					

Tabel 31: Hardheidsmeting S700MC – STT

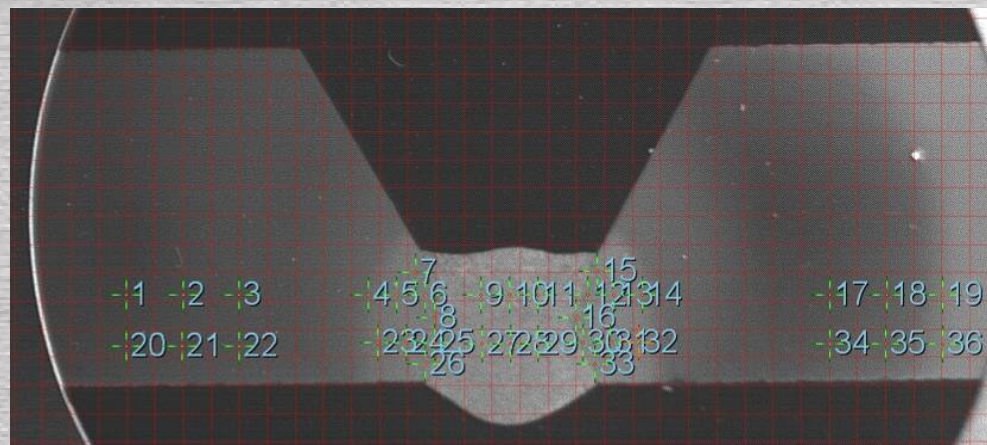


Figuur 72: Hardheidsmeting S700MC – TIG

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					232				228					
264	268	264	212	223	239	237	234	234	229	220	213	272	265	273
					232				220					

Tabel 32: Hardheidsmeting S700MC – TIG

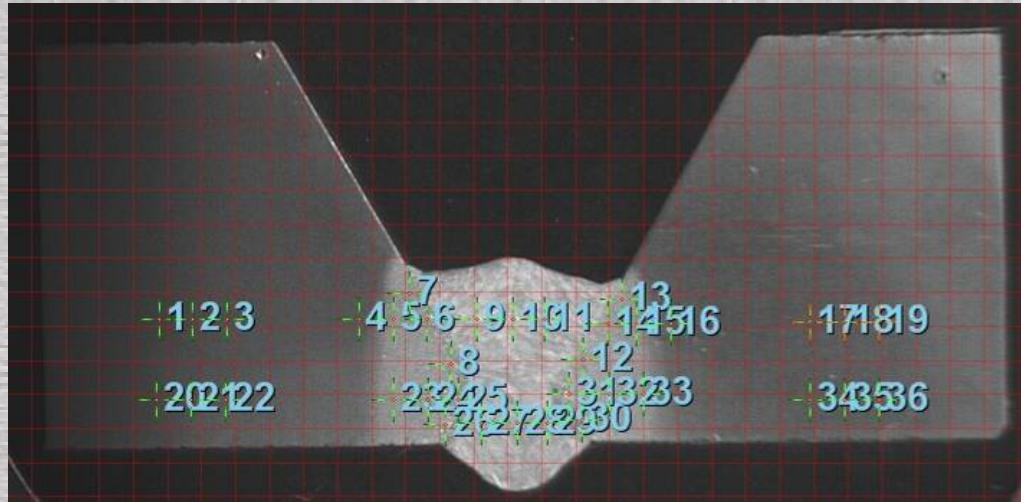
2.5.1.3 S355



Figuur 73: Hardheidsmeting S355 – MAG gepulseerd

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					223				227					
158	160	165	174	202	230	224	223	225	234	208	190	160	156	159
					243				247					
163	166	169	186	219	243	233	216	223	258	227	195	158	162	164
					234				249					

Tabel 33: Hardheidsmeting S355 – MAG gepulseerd



Figuur 74: Hardheidsmeting S355 – CMT

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					246				243					
170	171	171	179	198	260	236	231	234	261	191	179	169	169	170
					287				272					
170	172	172	198	255	300	231	227	234	303	237	188	170	172	175
					272				284					

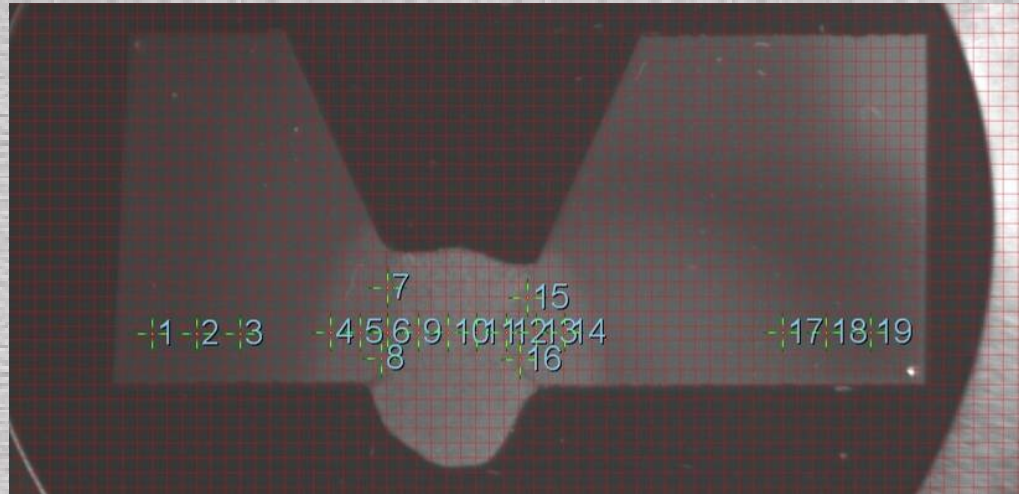
Tabel 34: Hardheidsmeting S355 – CMT



Figuur 75: Hardheidsmeting S355 – Cold Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					256				254					
181	171	171	190	204	259	231	231	234	264	210	193	188	184	178
					267				265					
178	182	181	195	241	293	233	227	235	277	233	189	183	183	177
					257				275					

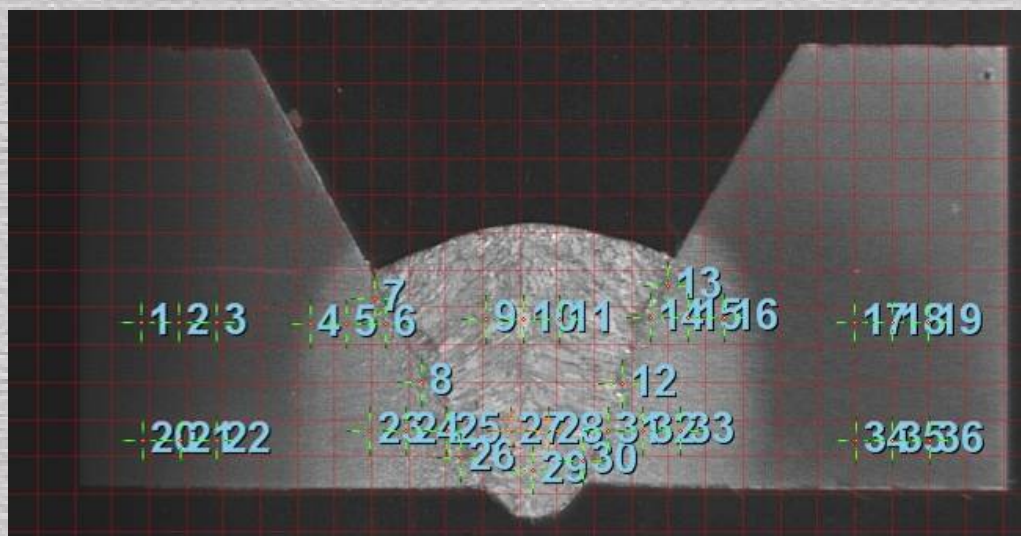
Tabel 35: Hardheidsmeting S355 – Cold Arc



Figuur 76: Hardheidsmeting S355 – Fast Root

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					261				230					
161	165	169	199	234	253	230	225	226	258	220	194	166	164	164
					264				251					

Tabel 36: Hardheidsmeting S355 – Fast Root



Figuur 77: Hardheidsmeting S355 – TIME

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					223				215					
165	171	174	179	191	215	208	213	212	225	199	176	171	169	169
					229				242					
181	179	182	194	210	229	208	206	209	230	211	195	180	177	172
					234				235					

Tabel 37: Hardheidsmeting S355 – TIME



Figuur 78: Hardheidsmeting S355 – STT

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
168	167	167			267				262			198	174	168
174	174	170	192	230	269	233	226	226	289	235	195	176	178	176
					280				275					

Tabel 38: Hardheidsmeting S355 – STT



Figuur 79: Hardheidsmeting S355 – TIG

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
173	179	179			240				236			175	174	169
174	176	177	195	236	267	253	245	267	248	213	192	167	165	163
					267				234					

Tabel 39: Hardheidsmeting S355 – TIG

BIJLAGE 3: Parameters van de gelaste vullagen

Fabrikant	Proces	Laag-nr.	Schermgas	Gasdebiet (l/min)	VO (mm)	Steken/slepen	Hoektoorts (°)	Voortloopsnelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
Fronius	gepuleerde HA	1	80% Ar 20% CO2	15	nvt		90	0.40	259	28.2	8	1.09
Fronius	gepuleerde HA	2	80% Ar 20% CO2	15	nvt		90	0.35	310	32.3	10	1.71
EWM	Force Arc	1	82% Ar 18% CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	280	29.7	8.3	0.99
EWM	Force Arc	2	82% Ar 18% CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	320	30.2	9	1.14
Kemppi	Fastmig	1	FM	18	nvt	Slepen	95	0.48	247	26.8	7.7	0.83
Kemppi	Fastmig	2	FM	18	nvt	Slepen	95	0.50	345	33.1	11.2	1.40
Fronius	TIME	1	60% Ar 30% HE10 % CO2	18	nvt	Steken	70	0.68	316	32.4	10.8	0.90
Fronius	TIME	2	60% Ar 30% HE10 % CO2	18	nvt	Steken	70	0.49	358	32.7	11.8	1.43
Hermann	Sharc MIG	1	M21	20	nvt			0.60	298	26.1	7.8	0.85
Hermann	Sharc MIG	2	M21	20	nvt			0.50	350	27.2	8.9	1.25

Tabel 40: Parameters vullagen S500MC

Fabrikant	Proces	Laag-nr.	Schermgas	Gasdebit	VO (mm)	Steken/slepen	Hoektoorts (°)	Voortloop - snelheid	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
Fronius	Conv. HA	1	80% Ar 20% CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	270	30.9	8.2	1.00
Fronius	Conv. HA	2	80% Ar 20% CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	285	28.8	9.1	0.99
Fronius	Conv. HA	3	80% Ar 20% CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	273	28.4	8.9	0.93
EWM	Force Arc	1	82% Ar 18% CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	296	28.9	8.3	1.05
EWM	Force Arc	2	82% Ar 18% CO2	15	nvt	Steken	70	0.40	357	31	10.9	1.68
Kemppi	Fastmig	1	80% Ar 20% CO2	18	nvt	Slepen	90	0.28	279	28.4	8.4	1.67
Kemppi	Fastmig	2	80% Ar 20% CO2	18	nvt	Slepen	80	0.34	304	29.8	9.2	1.61
Kemppi	Fastmig	1	FM	18	nvt	Slepen	95	0.31	258	27	8.2	1.33
Kemppi	Fastmig	2	FM	18	nvt	Slepen	95	0.35	350	33	11.3	1.96
Fronius	TIME	1	60% Ar 30% HE 10 % CO2	18	nvt	Steken	70	0.68	328	33.4	13.7	0.97
Fronius	TIME	2	60% Ar 30% HE 10 % CO2	18	nvt	Slepen	70	0.58	390	35.3	16.3	1.42
Hermann	Sharc MIG	1	M21	20	nvt	Steken	70	0.60	310	26	8.7	0.88
Hermann	Sharc MIG	2	M21	20	nvt	Steken	70	0.60	363	27.4	9.9	1.01
Hermann	Sharc MIG	3	M21	20	nvt	Steken	70	0.50	361	27.6	10.3	1.31

Tabel 41: Parameters vullagen S700

Fabrikant	Proces	Laag-nr.	Schermgas	Gasdebit (l/min)	VO (mm)	Steken/slepen	Hoek toorts (°)	Voortloop - snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
Fronius	Gep.HA	1	83%Ar 17%CO2	15	nvt	Slepen	75	1.00	289	31.2	10.4	0.54
Fronius	Gep.HA	2	83%Ar 17%CO2	15	nvt	Slepen	75	0.50	301	31.1	10.4	1.12
Fronius	Gep.HA	3	83%Ar 17%CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	305	30.9	10.4	1.88
Fronius	Gep.HA	4	83%Ar 17%CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	300	30.9	10.4	1.85
Fronius	Gep.HA	5	83%Ar 17%CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	316	30.8	10.4	1.95
Fronius	Gep. HA	6	83%Ar 17%CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	306	30.6	10.4	1.87
EWM	Force Arc	1	82%Ar18%CO2	15	nvt	Steken	70	0.50	287	29.8	9.2	1.08
EWM	Force Arc	2	82%Ar18%CO2	15	nvt	Steken	70	0.40	355	30.9	10.8	1.72
EWM	Force Arc	3	82%Ar18%CO2	15	nvt	Steken	70	0.40	360	30.9	11.1	1.68
EWM	Force Arc	4	82%Ar18%CO2	15	nvt	Steken	70	0.40	383	31.7	11.9	1.78
EWM	Force Arc	5	82%Ar18%CO2	15	nvt	Steken	70	0.40	367	31.8	11.2	1.73
Kemppi	Fastmig	1	80%Ar20%CO2	18	nvt	Slepen	90	0.21	266	28.4	8.4	2.17
Kemppi	Fastmig	2	80%Ar20%CO2	18	nvt	Slepen	90	0.23	289	29.2	8.7	2.25
Kemppi	Fastmig	3	80%Ar20%CO2	18	nvt	Slepen	90	0.23	304	30.8	9.1	2.41
Kemppi	Fastmig	4	80%Ar20%CO2	18	nvt	Slepen	90	0.29	319	32.2	10	2.13
Kemppi	Fastmig	5	80%Ar20%CO2	18	nvt	Slepen	90	0.29	328	32.1	10	2.19
Fronius	TIME	1	60%Ar30%HE10%CO2	18	nvt	Steken	70	0.68	292	32.8	12.6	0.85
Fronius	TIME	2	60%Ar30%HE10%CO2	18	nvt	Steken	70	0.68	357	35.9	15.6	1.13
Fronius	TIME	3	60%Ar30%HE10%CO2	18	nvt	Steken	70	0.55	382	36.1	16.1	1.50
Fronius	TIME	4	60%Ar30%HE10%CO2	18	nvt	Steken	70	0.68	363	35.6	16.1	1.14
Fronius	TIME	5	60%Ar30%HE10%CO2	18	nvt	Steken	70	0.49	387	37.3	16.1	1.77
Esab	Twin Arc	1	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	571	25.5	2.3	1.46
Esab	Twin Arc	2	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	614	25.9	2.7	1.59

Esab	Twin Arc	3	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	611	25.8	2.9	1.58
Esab	Twin Arc	4	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	617	25.9	2.9	1.60
Esab	Twin Arc	5	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	611	25.9	2.9	1.58
Esab	Twin Arc	6	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	616	28.9	2.9	1.78
Esab	Twin Arc	7	OK FLUX 10.71	nvt	nvt		90	0.60	604	29	2.7	1.75

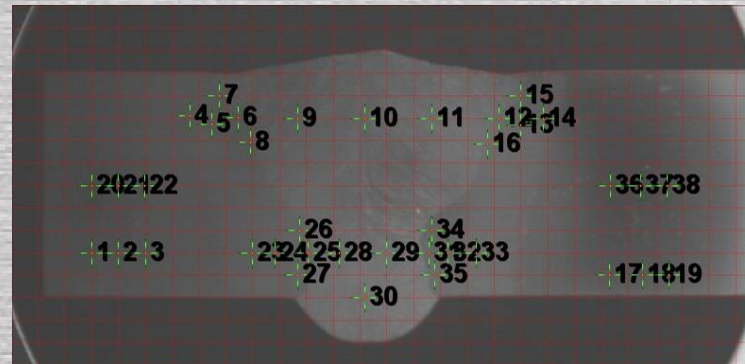
Tabel 42: : Parameters vullagen S355

Fabrikant	Proces	Laag-nr.	Schermgas	Gasdebiet (l/min)	VO (mm)	Steken/slepen	Hoektoorts (°)	Voortloop-snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/m m)
Fronius	gepulseerde HA	1	98% Ar 2% CO2	20	nvt	Slepen	75	1.00	258	23	11.3	0.36
Fronius	gepulseerde HA	2	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	75	0.50	296	26.9	11.3	0.96
Fronius	gepulseerde HA	3	98% Ar 2% CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	307	26.6	11.3	1.63
Fronius	gepulseerde HA	4	98% Ar 2% CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	326	26.3	11.3	1.71
Fronius	gepulseerde HA	5	98% Ar 2% CO2	15	nvt	Slepen	75	0.25	329	26.3	11.3	2.08
Fronius	gepulseerde HA	6	98% Ar 2% CO2	15	nvt	Slepen	75	0.30	310	26.6	11.3	1.65
Kemppi	Fastmig	1	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	70	0,2	255	24,7	7,9	1,89
Kemppi	Fastmig	2	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	70	0,2	267	25,4	7,9	2,03
Kemppi	Fastmig	3	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	70	0,2	258	25,8	7,7	2,00
Kemppi	Fastmig	4	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	70	0,2	266	25,8	7,6	2,06
Kemppi	Fastmig	5	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	70	0,2	294	26,4	7,7	2,33
Kemppi	Fastmig	6	98% Ar 2% CO2	18	nvt	Slepen	70	0,2	282	26,3	7,8	2,22

Tabel 43: Parameters vullagen AISI316L

BIJLAGE 4: Hardheidsmetingen op de gelaste vullagen

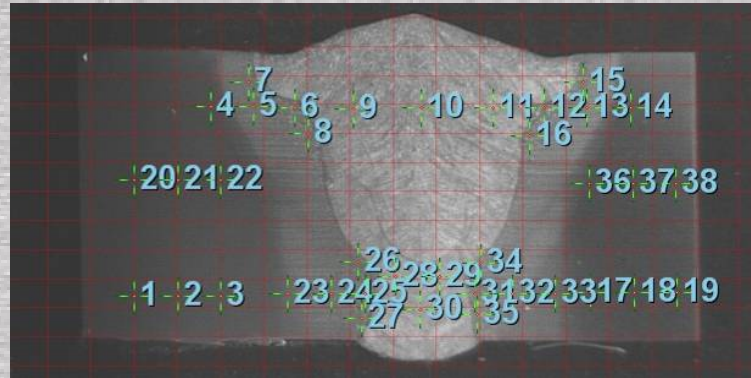
2.5.1.4 S500MC



Figuur 80: Hardheidsmeting S500MC – MAG gepulseerd

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					202				203					
			184	185	199	210	227	210	192	189	186			
					199				194					
200	207	205										204	199	199
					202				199					
202	198	202	177	190	201	225	217	226	197	190	178	197	195	200
					204				188					

Tabel 44: Hardheidsmeting S700MC - MAG gepulseerd



Figuur 81: Hardheidsmeting S500MC – Force Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					210				220					
			213	209	220	238	238	239	224	206	209			
					216				220					
210	213	212										210	213	208
					217				222					
209	211	216	204	233	238	243	242	243	234	224	197	207	210	209
					242				241					

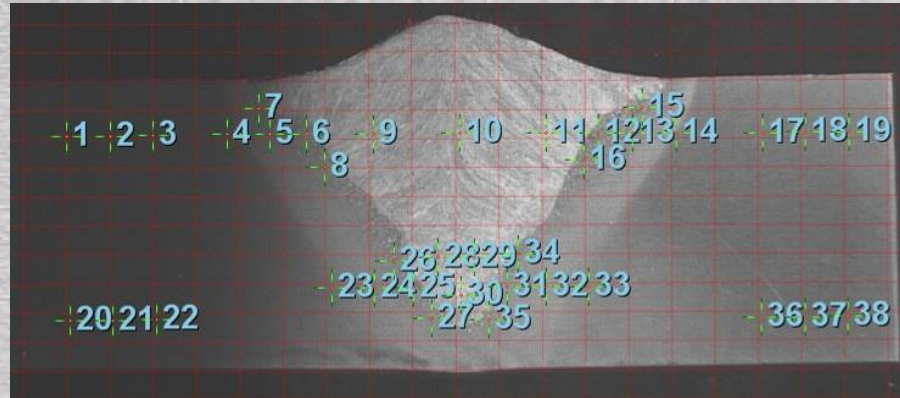
Tabel 45: Hardheidsmeting S700MC - Force Arc



Figuur 82: Hardheidsmeting S500MC – Fast MIG (lasgas Ferromaxx Plus)

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					212				221					
			211	219	220	231	236	226	223	217	225			
					224				224					
					221				226					
274	278	264	199	187	216	233	237	239	225	196	200	278	280	281
					210				233					
278	279	277										289	278	276

Tabel 46: Hardheidsmeting S500MC – Fast MIG (lasgas Ferromaxx Plus)



Figuur 83: Hardheidsmeting S500MC – TIME

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					212				205					
198	201	200	204	195	206	227	228	227	204	194	189	200	200	204
					202				200					
					201				199					
206	203	206	185	182	207	232	226	235	205	181	192	207	210	205
					202				195					

Tabel 47: Hardheidsmeting S500MC – TIME



Figuur 84: Hardheidsmeting S500MC - Sharc MIG

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					205				216					
			208	195	208	229	228	228	212	202	216			
					207				207					
202	207	203										207	201	209
					220				200					
206	206	210	205	198	229	229	241	233	205	189	208	208	207	211
					220				219					

Tabel 48: Hardheidsmeting S500MC - Sharc MIG

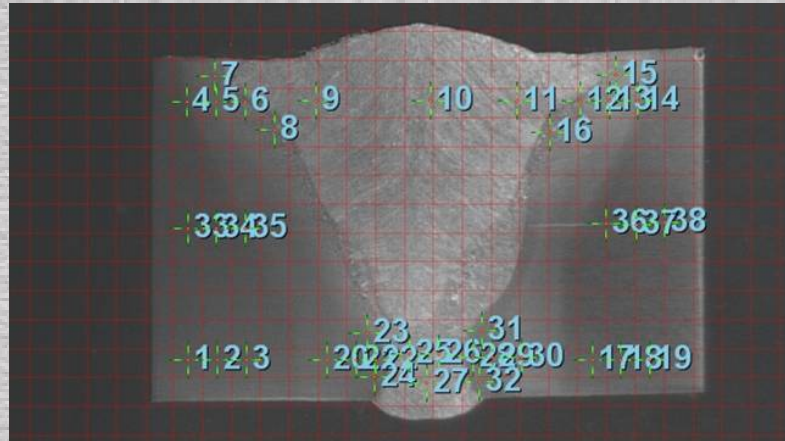
2.5.1.5 S700MC



Figuur 85: Hardheidsmeting S700MC – MAG gepulseerd

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					243				231					
			254	229	237	260	250	256	238	227	233			
					237				240					
					242				285					
283	288	285	264	234	233	252	260	270	287	257	235	283	283	286
					238				270					
273	280	281										275	282	278

Tabel 49: Hardheidsmeting S700MC – MAG gepulseerd



Figuur 86: Hardheidsmeting S700MC – Force Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					218				222					
			224	227	222	233	230	229	218	219	229			
					227				227					
281	275	221										278	286	289
					229				228					
272	284	281	201	221	230	242	248	245	222	220	216	265	273	276
					237				224					

Tabel 50: Hardheidsmeting S700MC – Force Arc



Figuur 87: Hardheidsmeting S700MC – Fast MIG

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					218				221					
			223	229	232	229	235	234	228	227	211			
					230				222					
					291				277					
299	304	302	222	245	289	238	243	235	278	235	218	301	304	303
					281				281					
280	284	287										283	287	290

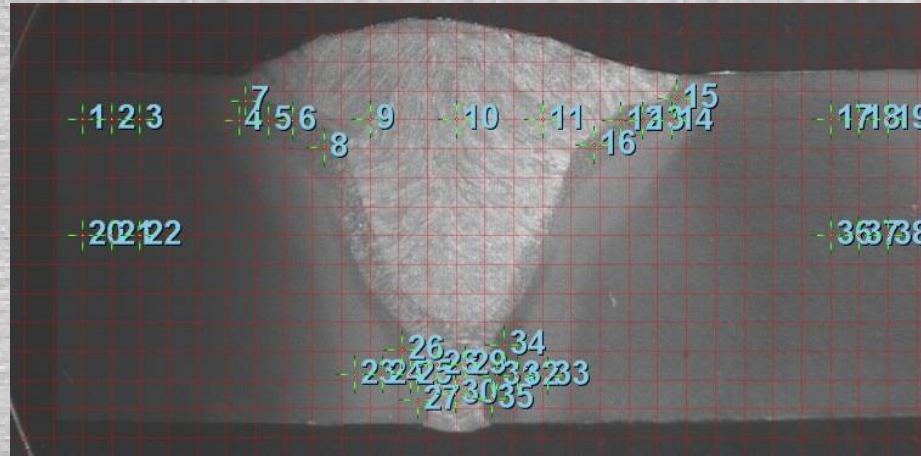
Tabel 51: Hardheidsmeting S700MC – Fast MIG



Figuur 88: Hardheidsmeting S700MC – Fast MIG (lasgas Ferromaxx Plus)

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					212				221					
			211	219	220	231	236	226	223	217	225			
					224				224					
					221				226					
274	278	264	199	187	216	233	237	239	225	196	200	278	280	281
					210				233					
278	279	277										289	278	276

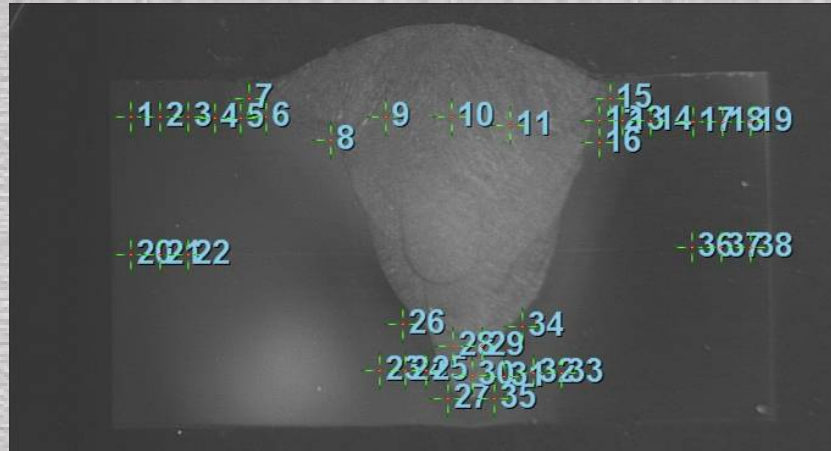
Tabel 52: Hardheidsmeting S700MC – Fast MIG (lasgas Ferromaxx Plus)



Figuur 89: Hardheidsmeting S700MC – TIME

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					215				221					
281	285	280	222	217	218	233	233	232	222	219	226	283	283	275
					212				216					
274	285	289										272	275	272
					269				279					
			230	250	272	259	269	272	284	260	230			
					272				290					

Tabel 53: Hardheidsmeting S700MC – TIME

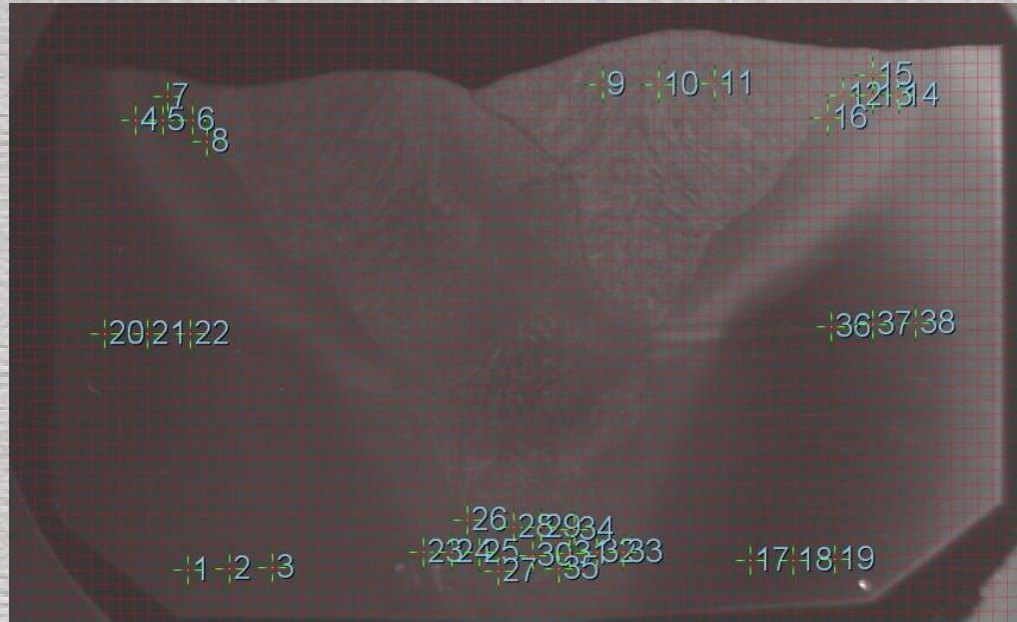


Figuur 90: Hardheidsmeting S700MC – Share MIG

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					225				222					
275	275	283	274	233	229	235	232	237	227	219	260	288	292	290
					222				235					
285	283	285										279	277	272
					248				250					
			231	250	289	265	286	272	286	235	225			
					294				277					

Tabel 54: Hardheidsmeting S700MC – Share MIG

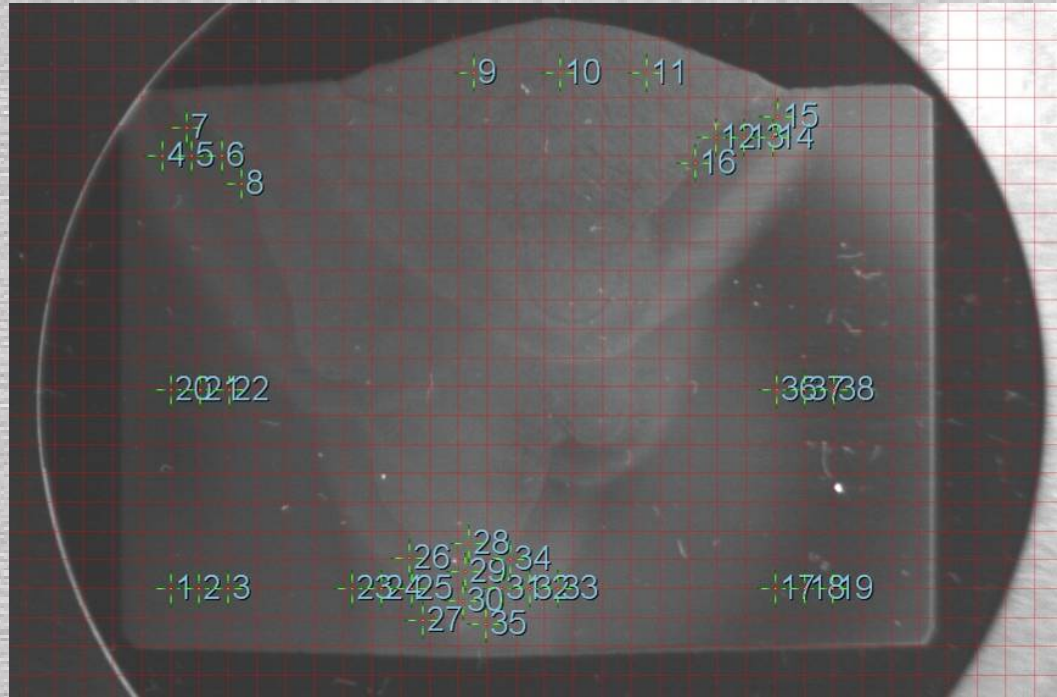
2.5.1.6 S355



Figuur 91: Hardheidsmeting S355 – MAG gepulseerd

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					283				258					
			222	257	265	200	205	204	262	267	229			
					285				283					
					235				215					
183	183	181	209	210	216	196	199	193	224	226	208	191	187	188
					231				221					
184	188	192										194	188	185

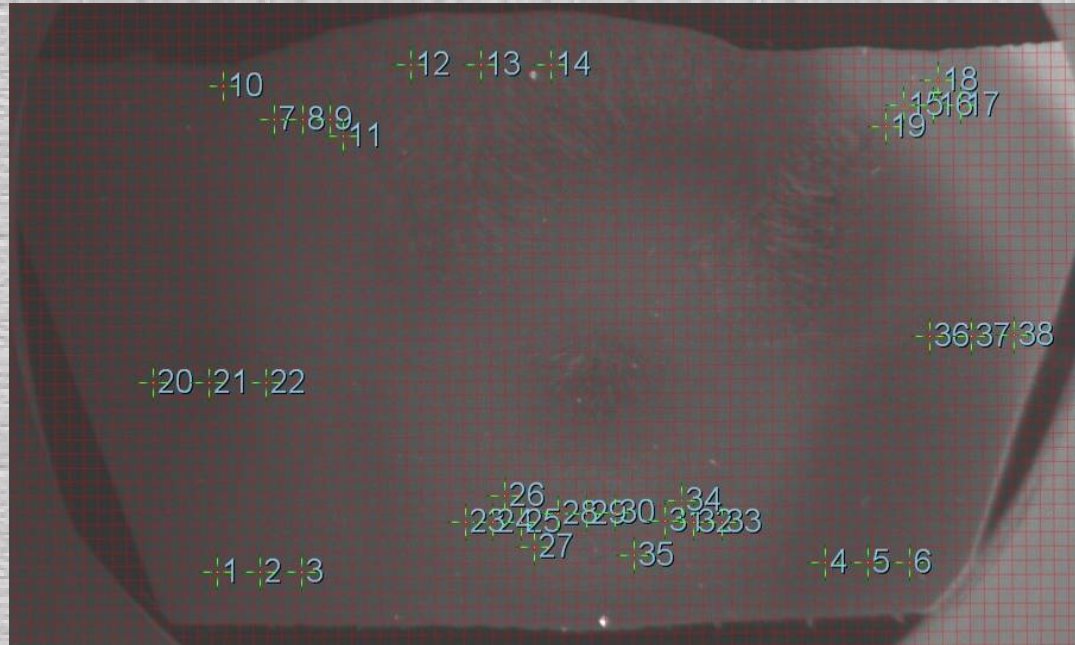
Tabel 55: Hardheidsmeting S355 – MAG gepulseerd



Figuur 92: Hardheidsmeting S355 – Force Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					272				274					
			239	275	277	206	207	204	302	290	272			
					275				279					
182	190	192										185	182	173
					243				298					
180	188	182	209	226	254	216	222	211	243	229	211	181	185	180
					277				267					

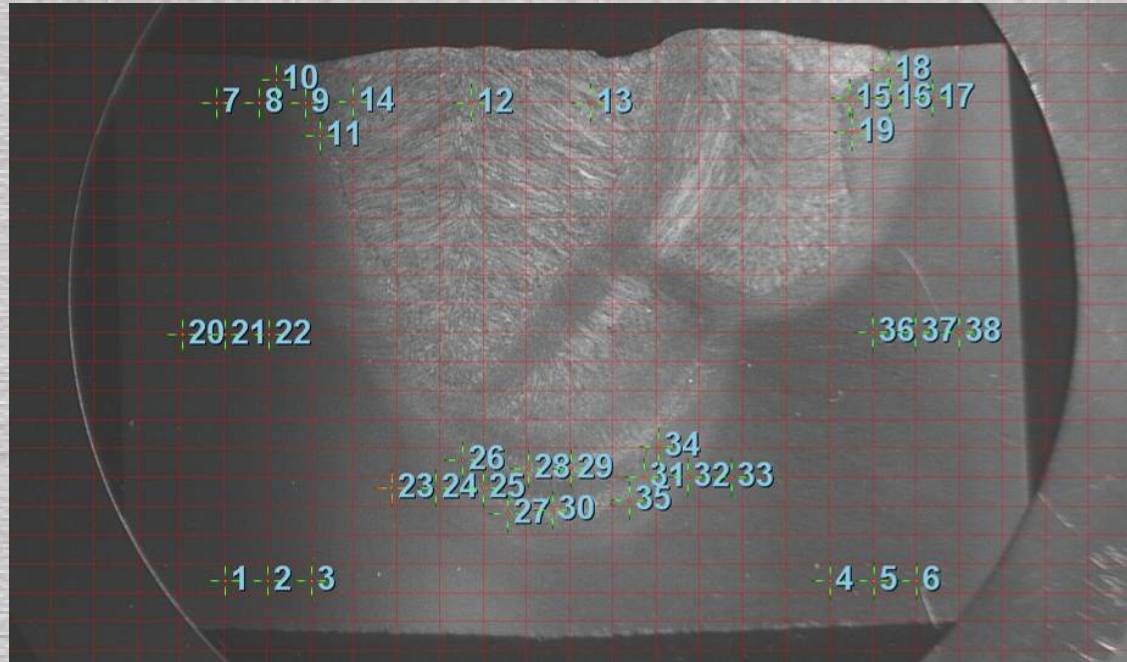
Tabel 56: Hardheidsmeting S355 – Force Arc



Figuur 93: Hardheidsmeting S355 – Fast MIG

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					162				177					
			179	191	171	169	168	183	187	172	160			
					183				187					
					149				157					
158	156	154	144	143	157	147	150	150	156	151	149	158	167	167
					150				168					
159	159	155										159	164	168

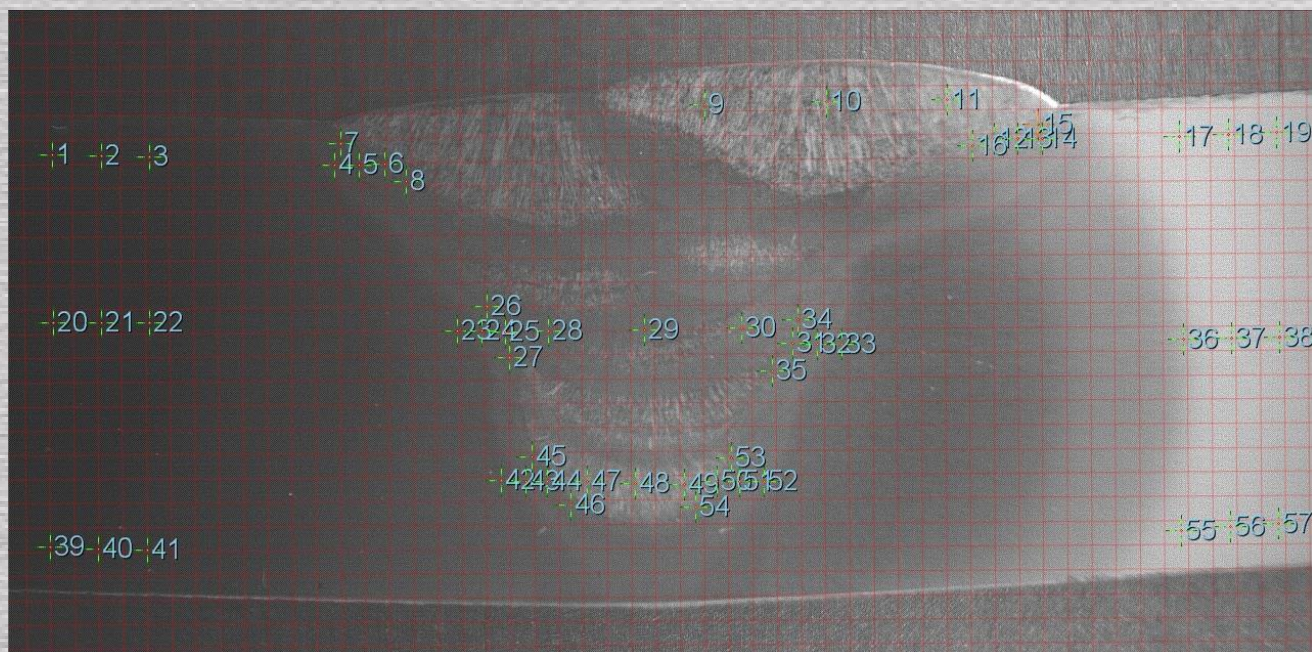
Tabel 57: Hardheidsmeting S355 – Fast MIG



Figuur 94: Hardheidsmeting S355 – TIME

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					201				224					
			170	172	221	207	211	209	244	198	174			
					219				237					
156	163	167									165	158	164	
					187				191					
168	162	165	173	182	189	195	198	192	189	177	170	165	168	168
					193				187					

Tabel 58: Hardheidsmeting S355 – TIME



Figuur 95: Hardheidsmeting S355 – Twin Arc

BM left			HAZ left		HAZ FL left	WM			HAZ FL right	HAZ right		BM right		
					191				183					
159	156	160	170	184	201	185	185	181	190	180	174	162	161	159
					191				186					
					171				176					
151	152	153	161	170	169	159	161	164	167	164	164	155	165	156
					166				179					
					195				185					
156	156	154	171	179	194	193	195	190	191	177	170	155	154	153
					194				188					

Tabel 59: Hardheidsmeting S355 – Twin Arc

BIJLAGE 5: Parameters van aanvullende dikwandige verbindingen

	Proces	Laag-nr.	Las-draad	Schermsgas	Gasdebit (l/min)	VO (mm)	Steken/slepen	Voortloopsnelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
EWM	Force Arc	1	ER100-SG	82%Ar18%CO2	15	2.5	steken	0.32	269	30	8.5	1.51
EWM	Force Arc	2	ER100-SG	82%Ar18%CO2	15		steken	0.39	267	30.9	7.8	1.27
Kemppi	Fast MIG	1	Soudocore 35 E80 T5-G	80%Ar20%CO2	18	5	Slepen	0.16	185	24.6	6.5	1.72
Kemppi	Fast MIG	2	Soudocore 35 E80 T5-G	80%Ar20%CO2	18		Slepen	0.27	261	28.1	7.3	1.65
Kemppi	Fast MIG	3	Soudocore 35 E80 T5-G	80%Ar20%CO2	18		Slepen	0.17	254	28.3	7.2	2.60

Tabel 60: Lasparameters S500MC stompe lasverbinding

Fabri-kant	Proces	Laag-nr.	Las-draad	Schermgas	Gasdebiet (l/min)	VO (mm)	Steken/slepen	Voortloop-snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
EWM	Force Arc	1	ER-100SG	82% Ar18% CO 2	15	2.5-3.5m	steken	0.30	289	30	7	1.74
EWM	Force Arc	2	ER-100SG	82% Ar18% CO 2	15		steken	0.37	266	30.9	7.1	1.35

Tabel 61: Lasparameters S700MC stompe lasverbinding

Fabri-kant	Proces	Laag-nr	Las-draad	Schermgas	Gasdebiet (l/min)	VO (mm)	Steken/slepen	Voortloop-snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad-snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
EWM	Force Arc	1	ER-100SG	82% Ar18% CO 2	15	1-2 mm	steken	0.30	281	30	8.9	1.70
EWM	Force Arc	2	ER-100SG	82% Ar18% CO 2	15		steken	0.32	269	30.8	8	1.55

Tabel 62: Lasparameters S355 stompe lasverbinding

Fabri- kant	Proces	Laag nr.	Las-draad	Schermgas	Gas- debiet (l/min)	VO (mm)	Steken/ slepen	Voortloop- snelheid (m/min)	Stroom (A)	Spanning (V)	Draad- snelheid (m/min)	HI (kJ/mm)
EWM	Force Arc	1	ER318	97.5%Ar2.5% CO2	15	1	steken	0.31	243	25.7	8.6	1.22
EWM	Force Arc	2	ER318	97.5%Ar2.5% CO2	15		steken	0.27	245	26.5	8.6	1.46
EWM	Force Arc	3	ER318	97.5%Ar2.5% CO2	15		steken	0.29	262	27.1	8.7	1.47
EWM	Force Arc	4	ER318	97.5%Ar2.5% CO2	15		steken	0.30	259	27.2	8.6	1.42
EWM	Puls. HA	5	ER318	97.5%Ar2.5% CO2	15		steken	0.33	206	25.7	7.1	0.95
EWM	Puls. HA	6	ER318	97.5%Ar2.5% CO2	15		steken	0.38	207	25.7	7.1	0.85
Kemppi	Fast MIG	1	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18	3- 4mm	Slepen	0.15	161	27	6.9	1.70
Kemppi	Fast MIG	2	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18		Slepen	0.17	185	27.8	7.9	1.84
Kemppi	Fast MIG	3	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18		Slepen	0.14	198	28.4	8.8	2.49
Kemppi	Fast MIG	4	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18		Slepen	0.13	206	28.6	9	2.90
Kemppi	Fast MIG	5	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18		Slepen	0.21	193	28.3	9	1.58
Kemppi	Fast MIG	6	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18		Slepen	0.18	203	28.3	9.1	1.89
Kemppi	Fast MIG	7	rutil EAS 4M-FD	80%Ar20%CO 2	18		Slepen	0.25	219	28.6	9.2	1.53
Kemppi	Fast MIG	1	EC316L	60%Ar38%He 2%CO2	18	3- 4mm	Slepen	0.17	217	27.7	8	2.06

Kemppi	Fast MIG	2	EC316L	60%Ar38%He 2%CO2	18		Slepen	0.24	233	28.7	8.4	1.65
Kemppi	Fast MIG	3	EC316L	60%Ar38%He 2%CO2	18		Slepen	0.16	257	30.8	10.8	2.90
Kemppi	Fast MIG	4	EC316L	60%Ar38%He 2%CO2	18		Slepend	0.19	272	30.5	10.6	2.67
Kemppi	Fast MIG	5	EC316L	60%Ar38%He 2%CO2	18		Slepend	0.26	252	30.6	10.5	1.80
Kemppi	Fast MIG	6	EC316L	60%Ar38%He 2%CO2	18		Slepend	0.25	258	30.8	10.8	1.92

Tabel 63: Lasparameters S355 stompe lasverbinding

