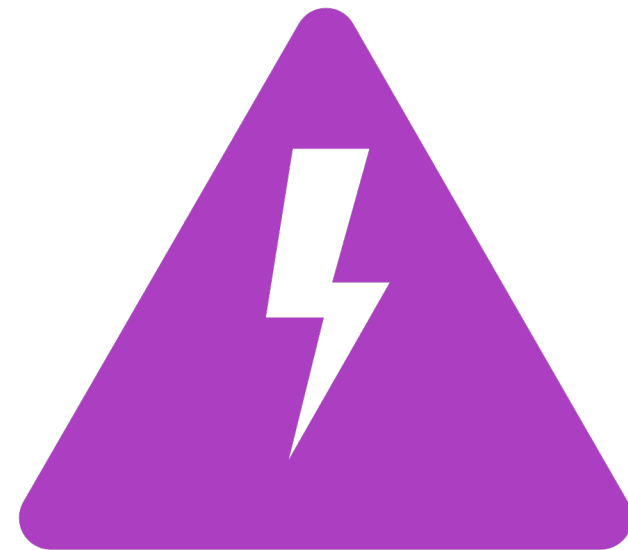


OVERDENKINGEN
BETREFFENDE
GEBRUIK VAN HEAT
INPUT OF ARC
ENERGY.

ARJAN ROZA
ARJAN ROZA LASTECHNIEK BV



INTRODUCTIE ARJAN ROZA

- Sinds 1978 -1998 bezig met de praktische lastechniek.
- Sinds 1998 -2021 werkzaam als zelfstandig lastechnisch adviseur.
- Sinds vele jaren actief vrijwilliger in verschillende las commissies waaronder:
 - NEN commissie 341008 als voorzitter
 - CEN TC121
 - ISO TC 44
 - ASME IX lid van main committee
 - ASME IX sub committee materials
 - ASME IX German International Working Group als voorzitter
 - Mede oprichter en bestuurlid IWCR.

INDEPENDENT WELDING CONSULTANT REGISTER



- IWCR is een No Profit register van zelfstandige onafhankelijke lasdeskundigen, sinds 2011.
- Probleemoplossers met kennis van zaken.
- Wij zijn stuk voor stuk ervaren specialisten, praktisch en theoretisch op gebied van lastechniek, lastechnologie en kwaliteitsborging, inclusief de onderliggende vakgebieden zoals o.a metaalkunde, lasprocessen en constructieleer.

INDEPENDENT WELDING CONSULTANT REGISTER



Specialismen:

- Lastechniek in al zijn facetten zoals o.a :
 - Constructie en Transportleidingen (On- en Offshore),
 - Rails en Railvoertuigen,
 - Chemie, Petrochemie,
 - Energieopwekking (Hernieuwbaar en Traditioneel),
 - Recycling,
 - Codes zoals ASME (BPV) ,
 - Normen (NEN-EN-ISO), inclusief de bijbehorende richtlijnen (zoals de PED, CPD),
 - Schadeonderzoek,
 - Expertise in het geval van Juridische geschillen,
- Werkterrein is de hele wereld, veel internationale ervaring aanwezig.

INDEPENDENT WELDING CONSULTANT REGISTER



Wat heeft u daaraan:

- Kundig en onafhankelijk advies en snel de juiste expert gevonden voor een probleem.
- Klanten: iedereen die ons nodig heeft
- Waar kunt u ons vinden:
 - Internet: [https:// www.IWCR-online.com](https://www.IWCR-online.com)
 - LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/iwcr-online/>

WAAROM DEZE BESCHOUWING?

- Er is een steeds grotere behoefte om processen te kwalificeren:
 - Lasprocessen volgens diverse lasnormen onder invloed van productstandaarden of klanten specificaties;
 - Lastechnische kwaliteitssystemen zoals bijvoorbeeld de ISO 3834 serie.
- Er is een steeds grotere behoefte aan inspecteren binnen de industrie.
- Dus daarom moet het gekwalificeerde ook op de juiste wijze geïnspecteerd KUNNEN worden.

WAAROM DEZE BESCHOUWING?

- Zijn deze regels geschikt voor alle type constructies en materialen?
- Steeds meer discussies over het toepassen van de regels betreffende de arc energy of de heat input. (In het de rest van de presentatie noem ik alleen nog heat input)

WAAROM DEZE BESCHOUWING?

- De huidige regels in de ISO 15614-x geven niet altijd de juiste kwaliteitsgarantie voor bepaalde producten of zijn buitensporig voor bepaalde producten en situaties.
- In deze beschouwing probeer ik de zaken te benoemen die van belang kunnen zijn voor de warmtehuis houding vanaf het lassen van de proefplaat naar de ranges op de WPQR en dan de vertaalslag naar de WPS.

WAAROM DEZE BESCHOUWING?

- Hebben we een uniforme manier van het meten nodig van de heat input en temperatuur tijdens het kwalificeren?
- Hoe rapporteer je deze waarden op een WPQR om een juiste range te krijgen?
- Is er een uniforme manier nodig om deze data naar een reproduceerbare WPS te vertalen voor de lasser?

INVLOED VAN DE HEAT INPUT

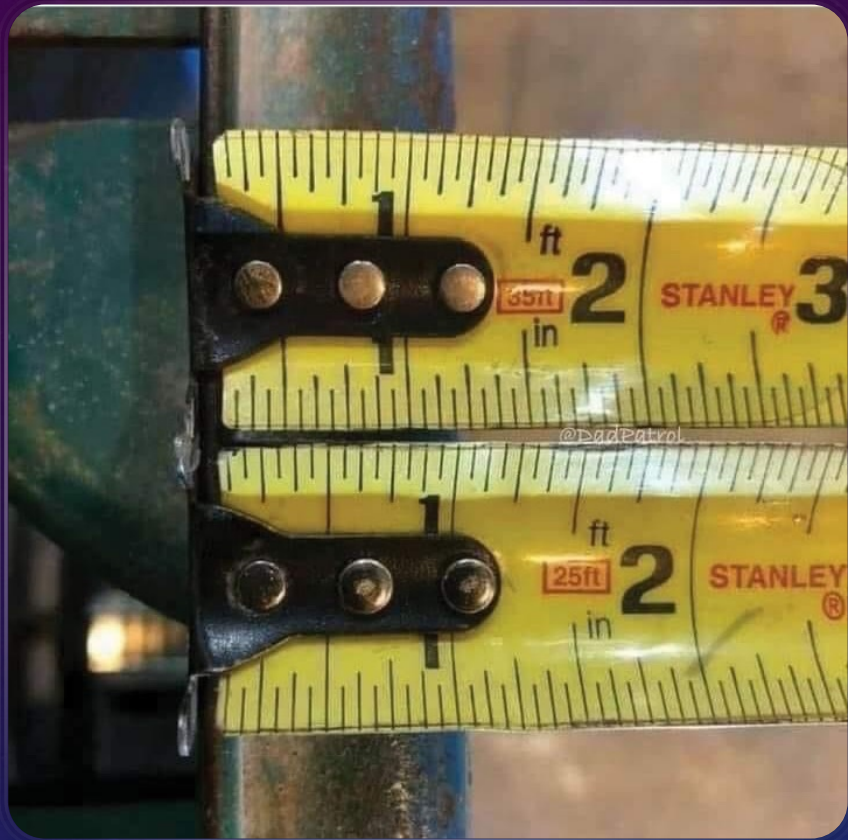
- Wanneer krijg je met heat input te maken?
- Wanneer er taaiheids- of hardheids eisen gesteld zijn vanuit het ontwerp of contracteis.
- Welke ontwerpcodes?
 - Eurocodes
 - AWS D1.1 wanneer de engineer van de eigenaar of gebruiker van de constructie taaiheid specificeert
 - ASME Ontwerpcodes
 - Classificaties standaarden van bijvoorbeeld DNV, Lloyds, ABS....etc.

INVLOED VAN DE HEAT INPUT

- Dus dit betekend NIET uit de lascodes, die zijn louter ondersteunend aan de ontwerpnormen of contract eisen.
- Dit betekend concreet dat als een WPQR op taaiheid en hardheid is getest niet per definitie dat de essentiële variabelen voor kerftaaiheid en hardheid altijd van toepassing zijn.
- Die worden pas actief als het ontwerp of contract dit vragen.

INVLOED VAN DE HEAT INPUT

- Welke zaken worden beïnvloed door de heat input?
 - Kerftaaiheid en hardheid en sterkte eigenschappen bij koolstof stalen;
 - Corrosie bestendigheid voor bepaalde roestvrijstaal soorten.
- Je verwacht dan wel een serieuze beschrijving van de toepassing van de heat input regels en alle andere fenomenen die een relatie hebben met heat input.
- Er zijn zeker nog meer fenomenen die warmte huishouding beïnvloeden waarvan heat input een onderdeel is.



WAT IS HET VOOR EEN GETAL?

- Heat input is een vergelijkings getal, meer is het niet..... een indicatie van Energie/mm.
- Dus moet je ook iets kunnen vergelijken qua heat input in de productie.
- Appels met appels.....peren met peren.
- “De gehele kwaliteit van een lasverbinding staat of valt met de juiste gebruik van de heat input.”

HUIDIGE REGELS VOOR HEAT INPUT ISO 15614-1

- Hoe kom je tot een getal zoals voor de heat input?
- Hoe meet je dat?
- Hoe gebruik je het?
- Of doet iedereen het op zijn eigen manier?
- Heb je de K-factor nodig voor de WPQR?

HUIDIGE REGELS VOOR HEAT INPUT ISO 15614-1

- De heat input meten van elke run is niet nodig, maar een TYPICAL run zou goed genoeg zijn?
- De ondergrens van - 25% en de bovengrens van + 25% is geregeld.....maar van wat?
- Is dit van de TYPICAL run, of het gemiddelde, of een statistisch bepaalde waarde over alle runs?
- HIER BEGINT HET AL!

HUIDIGE REGELS VOOR HEAT INPUT ISO 15614-1

- We kennen allemaal de formules voor het berekenen van:
 - Boog energie $E = \frac{U \times I}{V} \times 10^{-3}$ in KJ/mm;
 - Heat input $E = k = \frac{U \times I}{V} \times 10^{-3}$ in KJ/mm.
- Dit is het enige wat geregeld is qua berekenen van de heat input of arc energy, maar de vraag is of dit genoeg is?

HUIDIGE REGELS VOOR HEAT INPUT ISO 15614-1

- Zijn de preheat of interpass temperatuur ook niet van significantie invloed op de afkoeltijd in combinatie met de heat input?
- In de ISO, ASME IX of AWS las normen is dit deze formule het enige wat als leidraad gegeven wordt in combinatie met voorwarm- en interpass temperatuur.
- Als ik kijk naar de benadering die ASME IX en AWS D1.1 hebben wijken die wel af van de ISO benadering met name op het gebied van de gekwalificeerde dikte ranges.

WAT ZOU ER NODIG ZIJN?

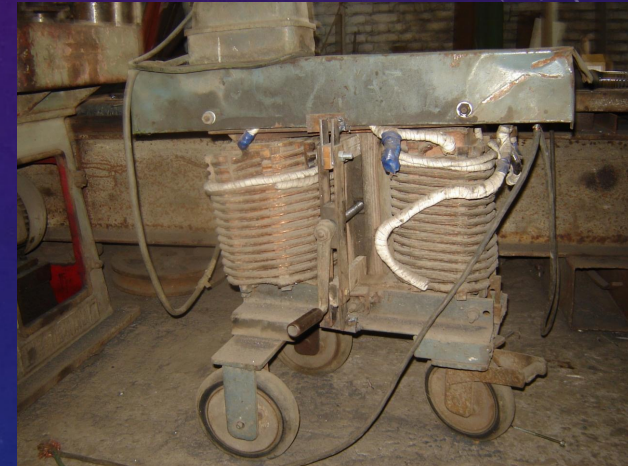
- Een uniforme manier van het meten van de heat input en temperatuur tijdens het kwalificeren?
- Een uniforme manier om de parameters op een WPQR te rapporteren?
- Is er een uniforme manier nodig om deze data naar een reproduceerbare WPS te vertalen voor de lasser?

Hier wil ik eens nader op inzoomen om te kijken wat de effecten kunnen zijn op het getal heat input in relatie met interpass- en voorwarmtemperatuur.

METEN BEGINT MET KALIBRATIE?

- Er zijn 2 niveaus van kalibratie en validatie EN-IEC 60974-14 voor wat betreft Current (A) en Voltage (U)

- Standard grade;
- Precision grade.

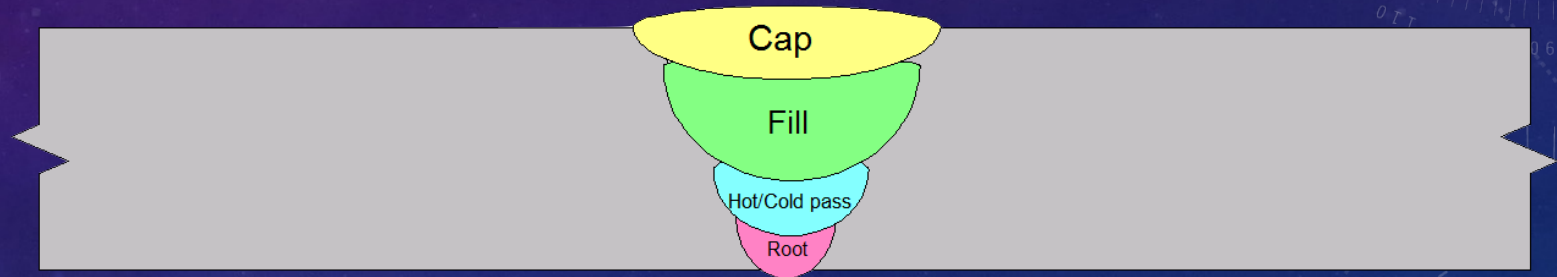


Welke kies je als er geen eisen zijn, hier is het eerste verschil al in meetwaarden.

- Indien geen eisen van toepassing zoals ISO 3834-x is: Wat is dan de juiste kalibratie accuratesse?

WAT EN WAAR MOET ER GEMETEN WORDEN?

- Bepalen van de gebieden in de lasdoorsnede?
- Current (A) en Voltage (U) ?
- Lengte (mm) ?
- Zwaai breedte (mm) ?
- Voorwarmtemperatuur (°C) ?
- Interpass temperatuur (°C) ?



Later we eens inzoomen op deze items.

BEPALEN VAN DE GEBIEDEN IN DE LASDOORSNEDE?

- Is het nodig om Root, Hot pass, Cold pass, Filler en Cap gebied apart te definiëren voor met name BW en te meten?
 - Voordeel: betere gemiddelde waarde per gebied voor de reproduceerbaarheid van mechanische eigenschappen?
 - Nadeel: kleinere range in heat input over de gehele lasdoorsnede?

BEPALEN VAN DE GEBIEDEN IN DE LASDOORSNEDE?

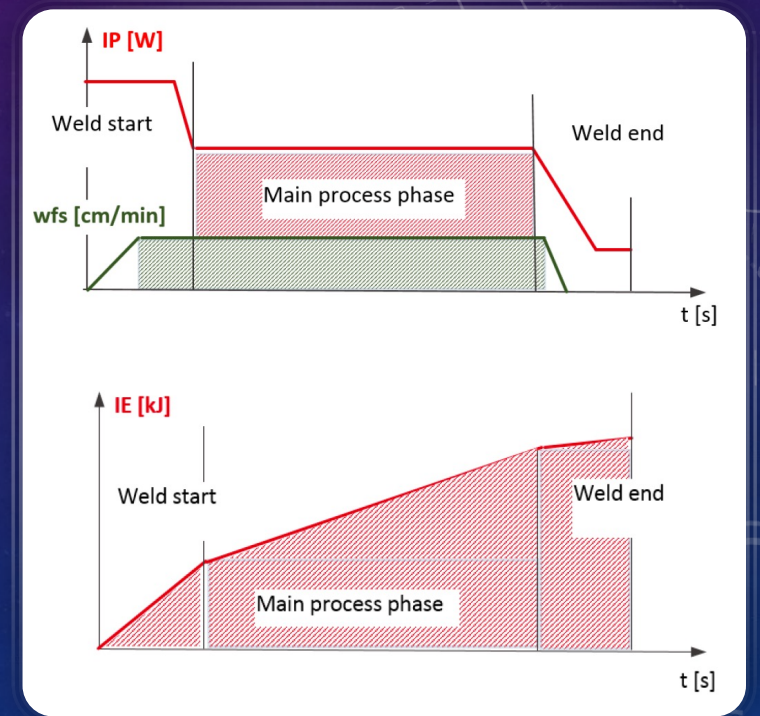
- Of is een TYPICAL run uit de totale doorsnede genoeg?
 - Voordeel: Gemakkelijk uit te voeren, 1x per lasproces meten is genoeg in een WPQR.
 - Nadeel: Onzuivere meeting je weet niet of je een gemiddelde waarde hebt of de hoogste of de laagste.

METEN VAN CURRENT (A) EN VOLTAGE (U)

- Waarden meten per las zones zoals Root, Hot pass, Cold pass, Filler en Cap?
- Meten van elk snoer of TYPICAL run?
- De gemiddelde waarden over de laslengte, of hoogste en laagste waarden over de laslengte?
- Meetapparatuur aansluiten volgens Technisch Report ISO TR 18491?

CURRENT (A) EN VOLTAGE (U)

- De moderne stroombronnen?
- Hoe om te gaan met de upslope en downslope?
- De vraag begint wel te worden: Wat kunnen we nog meten?



LAS LENGTE (MM) ?

- Is het meten van een laslengte een belangrijke factor?
- Voor plaat?
 - De uitloopplaten mee nemen in de lengte.
- Voor buis?
 - Denk aan de wanddikte in relatie tot diameter.
 - (Maximaal 5% lengte verschil in binnen diameter en buiten diameter?)
 - Hier treden enorme verschillen op bij grotere dikte.



LAS LENGTE (MM) ?

Ø 60 x 12 mm

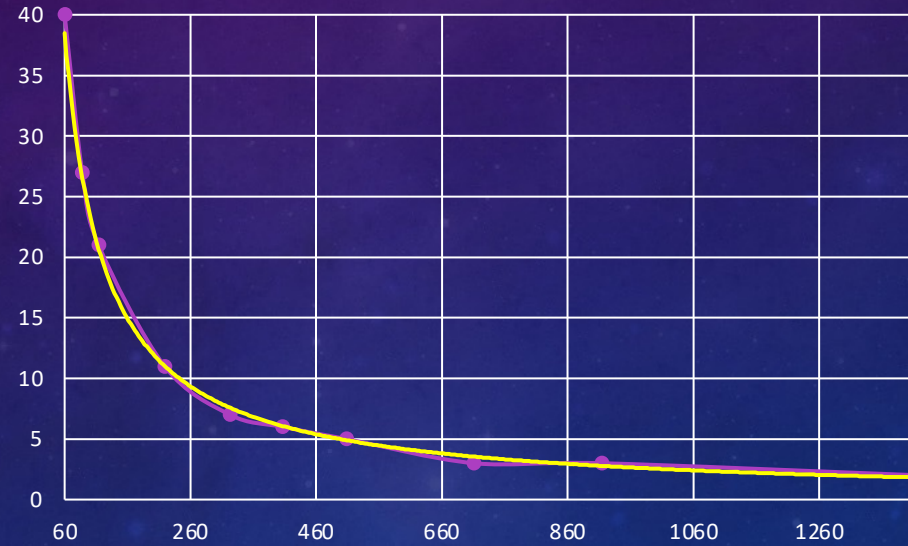
t	Dia	Lengte	%
0	60	188	100
1	58	182	97
2	56	176	93
3	54	170	90
4	52	163	87
5	50	157	83
6	48	151	80
7	46	144	77
8	44	138	73
9	42	132	70
10	40	126	67
11	38	119	63
12	36	113	60

Vershil 40%

Ø 1420 x 12 mm

t	Dia	Lengte	%
0	1420	4459	100
1	1418	4453	100
2	1416	4446	100
3	1414	4440	100
4	1412	4434	99
5	1410	4427	99
6	1408	4421	99
7	1406	4415	99
8	1404	4409	99
9	1402	4402	99
10	1400	4396	99
11	1398	4390	98
12	1396	4383	98

Vershil 2%

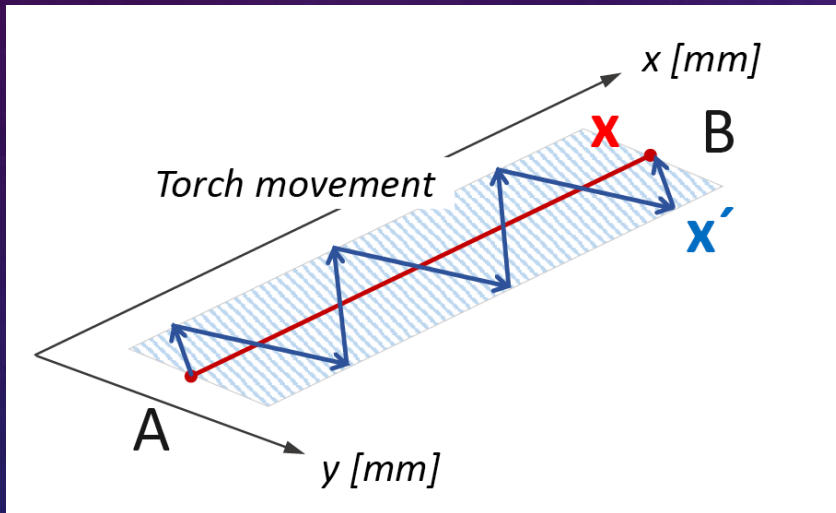


Verticaal - % verschil ID/OD

Horizontaal - buiten diameter

ZWAAIBREEDTE OF OSCILLATIE (MM) ?

- Is zwaaien een extra dimensie in relatie tot de lengte?
- Wanneer is het zwaaien en wanneer lineair beweging?



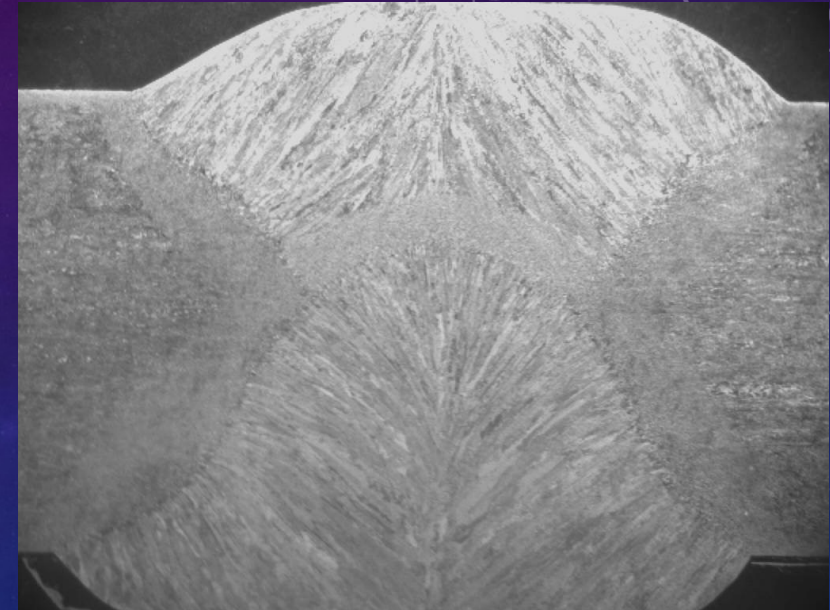
- Moet deze breedte worden opgenomen in de heat input formule?

Bijvoorbeeld $E = \frac{U \times I \times 60}{R_l \times R_w}$ in KJ/mm²

ZWAAIBREEDTE OF OSCILLATIE (MM) ?



Dwars gesnoerde las.



Beide lassen kunnen met dezelfde heat input gemaakt worden.

De gezwaaide las heeft prima taaiheids eigenschappen door interpass tempering .

De gesnoerde las dus niet en heeft een grote laagdikte.

HEAT INPUT BEREKENING ASME IX STRIP CLADDING

Het strip cladden met bijvoorbeeld 60 mm band.

Parameters:

750 Ampere, 26 Volt, 100 mm/min voortloopsnelheid = 11,7 KJ/mm¹ (Met standard HI berekening)

Formule uit de ASME IX voor band oplassen OP die de breedte van de band ook meeneemt:

- $$E = \frac{U \times I \times 60}{\text{Travel speed} \times \text{Stripbreedte}}$$

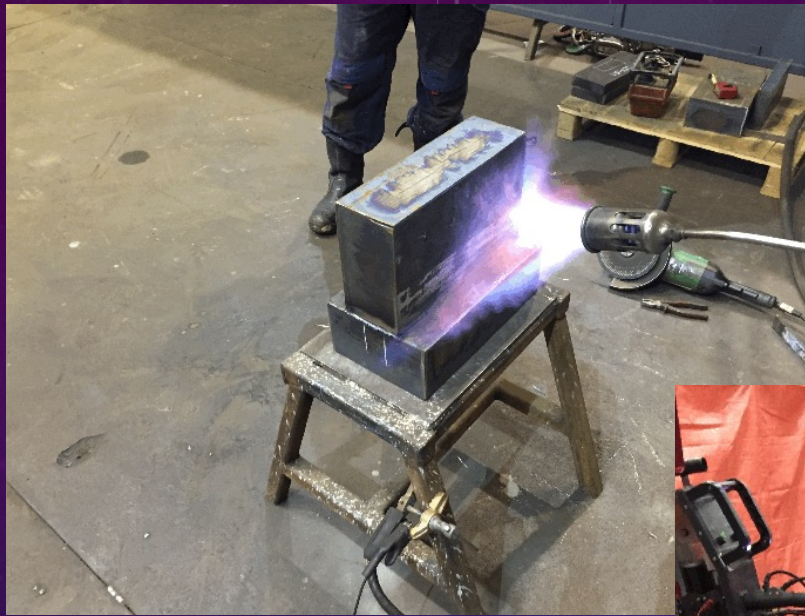
De heat input berekening maar nu met aangepaste formule naar KJ/mm²

HUIDIGE REGEL VOOR VOORWARM- EN INTERPASS TEMPERATUUR ISO 15614-1

- Een daling van van de voorwarm temperatuur is 50 °C is toegestaan ten opzichte van de WPQR, mits voldaan aan de ISO/TR 17671-2.
- Een stijging van 50 °C is toegestaan ten opzichte van de WPQR.
- Dit kan een negatieve invloed hebben op de eigenschappen van de verbinding

HUIDIGE REGEL VOOR VOORWARM- EN INTERPASS TEMPERATUUR ISO 15614-1

- Is het voldoende om de ISO 13916 te volgen?
- Waar meten we de interpass temperatuur in relatie tot corrosie, hardheden en taaiheden?
- Hoe meten we voorwarm temperaturen bij langere dikke platen, wat is dan de juiste manier?
- Maar ook bij dunne platen, opwarmen over de lengte tijdens het lassen?





HUIDIGE REGEL VOOR VOORWARM- EN INTERPASS TEMPERATUUR ISO 15614-1

- Moeten we misschien interpass temperatuur of arc energy niet niet meten op de locaties van de uitname locaties van de testspecimen?
- Is de meetapparatuur nog van invloed zoals contact- of infrarood thermometers of thermokoppels?

HUIDIGE REGEL VOOR VOORWARM- EN INTERPASS TEMPERATUUR ISO 15614-1

- De vraag die we ons moeten stellen:
- Hebben deze temperaturen een direct relatie met de afkoelsnelheid in combinatie met de heat input en dus op arc engery op de eigenschappen van de verbinding?

WELKE DATA RAPPORTEREN WE?

- Gebieden in de lasdoorsnede?
- Current (A) en Voltage (U) ?
- Lengte (mm) ?
- Tijd (sec)?
- Zwaai breedte (mm) ?
- Voorwarmtemperatuur ($^{\circ}\text{C}$) ?
- Interpass temperatuur ($^{\circ}\text{C}$) ?

HOE VERTAAL JE DIT NAAR EEN WPS?

- Is de WPS is de instructie voor de lasser of voor de lasinspecteur?
- Moet een WPS een kerstboom zijn met alle mogelijke combinaties die een lasser niet meer snapt?
- Met hoeveel decimalen achter de komma noteren we de Heat input?
- Moeten we zonder na te denken de interpass temperatuur met 50 °C verhogen op de WPS?
- Schrijven we de volledige dikte range op een WPS bijv. 3-24 mm met alle gekwalificeerde posities?
- Of dikte range splitsen in 2D, 2D/3D of volledig 3D afkoeling?

	Pass no.	U _{avg}	L _{avg}	Travel speed mm/mm	E (KJ/mm)	Highest / lowest KJ/mm	Average KJ/mm	Average Per weld zone KJ/mm
Root pass	1	24,7	170	118	2,13			2,13
Hot pass	2	24,5	190	121	2,31	2,31		2,31
Filler pass	3	24,5	196	223	1,29			
Filler pass	4	24,4	199	148	1,97			
Filler pass	5	24,2	199	218	1,33			
Filler pass	6	24,3	198	206	1,40			
Filler pass	7	22,9	189	255	1,02			
Filler pass	8	23,3	182	226	1,13			
Filler pass	9	23,5	181	220	1,15		1,38	1,23
Filler pass	10	23,1	187	234	1,11			
Filler pass	11	23,4	179	253	0,99			
Filler pass	12	23,6	179	329	0,77	0,77		
Filler pass	13	23,5	177	174	1,44			
Filler pass	14	23,3	175	217	1,13			
Cap pass	15	23,3	174	174	1,40			
Cap pass	16	23,4	174	175	1,40			1,46
Cap pass	17	23,4	174	154	1,58			

Eventueel gekwalificeerde heat input +/- 25%:

- **Hoogste/laagste waarde ?**
 - Range E = **0,58** tot en met **2,89** KJ/mm (Root, Filler, Cap)
- **Gemiddelde waarde?**
 - Range E = **1,04** tot en met **1,73** KJ/mm (Root, Filler, Cap)
- **Gemiddelde per laszone?**
 - Range E = **1,56** tot en met **2,66** KJ/mm (Root)
 - Range E = **1,73** tot en met **2,88** KJ/mm (Hot pass)
 - Range E = **0,92** tot en met **1,54** KJ/mm (Filler)
 - Range E = **1,10** tot en met **1,85** KJ/mm (Cap)

Wat is representatief voor een range op een WPS ?

HOE VERTAAL JE DIT NAAR EEN WPS ?

- We hebben de heat input bepaald en gerapporteerd in de WPQR.
- Hoe verder met deze data?
- Wat is de juiste berekening van de heat input op de WPS?

HEAT INPUT BEREKENINGEN

- Er zijn verschillende methoden van berekenen met onderstaande formule.

- $E = \frac{I \times U \times 60}{V \times 10^3}$ ISO 15614-1 methode, en volgens ISO/TR 18491.

- Proces rendement meenemen in de berekening?
- Alleen de hoogste en laagste heat input nemen als basis voor een range van +/-25%.
- Met deze manier krijgt de lasser op de I en U en V een groot bereik.
- Bijvoorbeeld hij gebruikt de minimale I en U van de WPS in combinatie met de maximale V_s .
- De kern vraag is of een WPS is “technisch acceptabel” is of “norm technisch” acceptabel?

HOE VERTAAL JE DIT NAAR EEN WPS?

- De lasparameters moeten uitvoerbaar zijn binnen de dikte range van de WPS?
- Omdat de WPS een instructie voor lasser moet er dan toepasbare informatie op de WPS staan waar een lasser mee kan en moet werken.?
- Betekent dit ook dat er een parameter venster moet zijn gespecificeerd waarin de lasser kan werken in de gespecificeerde dikte en laspositie op de WPS?
- Betekent dit ook, dat wanneer hij de uitersten van de parameters van de WPS gebruikt, hij wel binnen de range van de heat input moet blijven?

HEAT INPUT BEREKENINGEN

- Dit is op te lossen met onderstaande formules:
- Het kruislings vermenigvuldigen van I, U en V om de minimale en maximale waarden te bepalen als basis voor de +/-25% regel.

$$E = \frac{I_{min} \times U_{min} \times 60}{V_{max} \times 10^3} = E_{min} \quad - \quad E = \frac{I_{max} \times U_{max} \times 60}{V_{min} \times 10^3} = E_{max}$$

- Is dit een betere manier van de lasser aansturen om de mechanische eigenschappen te borgen?

OVERDENKINGEN BETREFFENDE HUIDIGE REGELS

- Na het lassen van een WPQR is er vaak een teruggang in taaheid en corrosie vastheid van de basis materialen te zien onder invloed van de besproken issues.
- Case WPQR:
 - Basis materiaal taaheid 250 J bij -20 °C
 - Gelast met een een “Typical run” met een heat input 4 KJ/mm
 - Resultaat van kerfslag proef na het lassen 50 J bij -20°C
 - Is deze test representatief voor een productie basis materiaal met 30 J bij -20°C dat gelast wordt met 5KJ/mm?
- Dit is wel wat de norm toestaat....

OVERDENKINGEN BETREFFENDE HUIDIGE REGELS

- Dit is wel wat de norm toestaat....
- Het is misschien wel wat gechargeerd maar het zelfde geldt voor rekgrenzen bij hoge sterkte stalen $\geq S690$.
- De ranges van de norm volstaan dan niet meer, en dan komt het op gezond verstand aan en competentie van de lasdeskundige.

OVERDENKINGEN BETREFFENDE HUIDIGE REGELS

- Ben je veilig qua eigenschappen als je de regels uit de ISO 15614-1 volgt voor alle service condities en materialen?
- Zijn de huidige regels misschien voor een gedeelte van de las industrie niet **te** extreem of misschien **niet** strikt genoeg?
- Is het voor alle toepassingen nodig om de heat input op 3 decimalen achter de komma uit te rekenen?

OVERDENKINGEN BETREFFENDE HUIDIGE REGELS

- Zouden we niet moeten differentiëren op basis van:
 - Een risico klasse?
 - Materiaal groep uit de ISO 20172, ISO 20173 en de ISO 20174?
- **Is het huidige systeem wel geschikt om de eigenschappen van alle materialen en eigenschappen te borgen of is het in veel gevallen niet over de top?**

HOE KIJKEN ANDERE NORMEN HIERNA?

- AWS D1.1 heeft dezelfde basis formule voor de heat input.
- Ze hebben een andere manier van het bewaken van heat input of $Dt_{8/5}$.
 - – +/- 10% op Amperage
 - +/- 7% op het Voltage
 - +/- 15% tot 50% op de voortloop snelheid afhankelijk van het las proces.
 - + 56°C op de interpass temperatuur

HOE KIJKEN ANDERE NORMEN HIERNA?

- ASME IX heeft dezelfde basis formule voor de heat input.
- Ze hebben een andere manier van het bewaken van heat input of $Dt8/5$.
 - Geen range op de maximale Heat input van de kwalificatie maximaal wat gekwalificeerd is.
 - Geen range op Amperage
 - Geen range op Voltage
 - Geen range op op de voortloop snelheid
 - + 55°C op de interpass temperatuur

HOE KIJKEN ANDERE NORMEN HIERNA?

- Beiden Amerikaanse normen hebben hetzelfde principe van dikte ranges indien er kerftaaiheid eisen zijn:
 - < 6 mm Altijd 2D afkoeling
 - 6-16 mm Kan 2D afkoeling zijn maar ook 3D afkoeling
 - ≥ 16 mm Altijd 3D afkoeling

HOE KIJKEN ANDERE NORMEN HIERNA?

- De Amerikaanse normen kijken vanuit een product specificities naar het reguleren van de Dt8/5.
- De basis is dat dat kerftaaiheids eisen en hardheids eisen worden gedicteerd vanuit de product standaards en NIET van uit de las delen van deze normen, die beschrijven alleen het testen en de geldigheids gebieden.
- Dit is in ons ISO en EN systeem niet helemaal gelukt omdat afdoende te regelen.

OVERDENKINGEN BETREFFENDE HUIDIGE REGELS

Deze issues die we besproken hebben, resulteerden bijna de breuk tussen ISO 15614-1 en EN-ISO 15614-1.

- Dit geeft wel aan hoe gecompliceerd het is en vanuit welk perspectief je deze materie bekijkt.
- Het moet werkbaar blijven voor iedereen, en de regels moeten passen bij de service condities van de constructie en dus passend zijn voor de toepassing.
- Dit heeft geresulteerd dat de ISO/TS 8182 in voorbereiding is waar in geprobeerd wordt deze issues in te adresseren om enige richting te geven hoe hier mee om te gaan in de praktijk met regels die passend zijn voor de industrie.
- Het is de bedoeling dat de regels uit de ISO/TS 8182 worden aangeroepen door een productstandaard of door een contract

EINDE PRESENTATIE

Bedankt voor uw aandacht!!

Arjan Roza

Arjan Roza Lastechniek BV

arjan@rozalastechniek.nl