

Zin én Onzin over Laskostenbeheersing

Inleiding

Sinds er gelast wordt is er al veel geschreven en gezegd over laskosten en de beheersing daarvan. Ook bestaan er vele overzichten van de zogenaamde kosten en alle andere zaken die bijdragen tot de laskosten. Hier onderscheidt men directe én indirecte kosten, loonkosten, lastoevoegmateriaal kosten, gaskosten, inschakelduur, lasproces etc. Het is ook van belang vanuit welk gezichtspunt de laskosten worden bekeken, is het vanuit de hechter, de lasser, de lassersbaas, de lasingenieur, de QA manager, de productie manager, inkoopmanager, de financiële manager of de directeur! Dit referaat zal op een overzichtelijke wijze “door de bomen het bos laten zien”.

De échte laskosten zijn terug te leiden tot de relatie tussen drie te beïnvloeden hoofdzaken, dit zijn de lasnaadinhoud, de inschakelduur en de neersmelt snelheid.

$$\text{Laskosten} = E \left\{ \frac{\text{Lasnaadinhoud} \times \text{Inschakelduur}}{\text{Neersmelt snelheid}} \times \text{totaal bedrijfs uurloon} \right\}$$

Aan de hand van deze relatie en een verdere uitdieping c.q. opbouw van de afzonderlijke hoofdzaken zal een duidelijk en bruikbaar reken model worden voorgesteld om aan de wensen van alle betrokkenen tegemoet te komen. In [Appendix A](#) is een uitgebreide formule weergegeven met een korte beschrijving.



Figuur 1. Lasomstandigheden 1938.



Figuur 2. Lasomstandigheden 2000.

E - factor

De E – factor is een bedrijfs afhankelijke factor die wordt bepaald door bijvoorbeeld een mee te nemen percentage onvoorzien meerwerk etc. Bij een ideaal bedrijf is deze factor 1 (een).

Lasnaadinhoud

De eerste gedachte die bij bijna iedereen opkomt als de laskosten naar beneden moeten is om de lasnaadinhoud te reduceren. Kennelijk is dit een “hot item”. Op zich ook niet verwonderlijk, de winst die we kunnen boeken is immer visueel en theorie ten volle waar.

De keuze van de lasnaadvorm is natuurlijk heel belangrijk maar het is zaak om realistisch te blijven en elke lasnaad op zich te beoordelen, per project, per laspositie, per te lassen materiaal etc. maar “last but not least” ook per keuringseis. Een te nauwe lasnaad is vaak aan-

leiding tot veel afkeur. Met andere woorden, de goede bedoelingen kunnen vaak averechts uitpakken en problemen genereren zoals lasfouten, een vermoeide lasser, een lagere neersmeltsnelheid waardoor de lastijd juist langer wordt in plaats van korter.

Met betrekking tot hoeklassen kan gesteld worden dat er slechts aan de eisen voldaan moet worden zonder te overdrijven met een (veel) te grote hoeklashoogte. Als in plaats van een gevraagde hoeklashoogte van $a=4\text{mm}$ een $a=4.5\text{mm}$ of een $a=5\text{mm}$ gemaakt wordt neemt het oppervlak kwadratisch toe, [Appendix B](#). Hierdoor nemen dan ook het neer te smelten lasmetaal en de lastijd drastisch toe. Het gevolg is tevens dat er meer warmte wordt ingebracht hetgeen meer vervorming veroorzaakt waardoor dan weer meer nabewerking nodig is. Dit alles heeft een negatieve invloed op de laskosten en komt ook de kwaliteit van de gelaste constructie niet ten goede.

De lasnaadinhoud wordt in principe bepaald door de naadvorm, de openingshoeken en de vooropening, [Appendix B](#). De optimale naadvorm wordt bepaald door het lasproces, de materiaal dikte en de laspositie(s). Om een perfecte doorlassing te maken kan een bepaalde vooropening vereist zijn die zo constant mogelijk gehouden dient te worden, ook tijdens het lassen. Het aanbouwen is dan ook van essentieel belang en zal door de juiste vakmensen en met precisie uitgevoerd moeten worden. Verdere specifieke factoren die van invloed (kunnen) zijn op de lasnaad staan in [Appendix C](#). Alle genoemde invloedsfactoren kunnen een grotere of minder grote rol spelen afhankelijk van het betreffende bedrijf. Door deze factoren door te nemen als zijnde een checklist is eenvoudig vast te stellen wat voor een specifiek bedrijf aan de orde is. Met deze werkwijze wordt niets over het hoofd gezien en komt het bedrijf achteraf niet voor onverwachte verrassingen te staan.

Inschakelduur

Inschakelduur is de tijd dat de boog ook daadwerkelijk brand, gezien in relatie tot de totale werktijd. De inschakelduur kan men bepalen per uur, per dag, per week, per jaar of per project. Indien de boog gedurende een werkdag van 8 uur twee uur brand dan is de inschakelduur 25% (procentuele inschakelduur). Zie [Appendix C](#) voor een overzicht van invloedsfactoren op inschakelduur.

Veelal wordt de effectieve lastijd van een lasser te hoog ingeschat. Naast het neersmelten van het lastoevoegmateriaal moet de lasser nogal wat voorbereidingen, stel en afleverwerkzaamheden uitvoeren. Daarnaast is het handmatig lassen vermoeiend. Onder normale werkplaatscondities is het niet haalbaar de inschakelduur voor niet-gemechaniseerde lasprocessen boven 25-30% te tillen. [Tabel 1](#) geeft een richtwaarden voor het percentage effectieve lastijd van lassers in hun functie. Werkzaamheden buiten de lasfunctie dienen uiteraard buiten beschouwing te blijven.

Lasproces		Gemiddelde Inschakelduur [%]	Opmerkingen
SMAW handlassen	Beklede elektrode Zwaartekracht lassen	20 – 25 30 – 40	
MAG draad massieve	Handmatig Gemechaniseerd	20 – 25 25 – 40	Geen wisselen lasmateriaal Gemechaniseerd minder vermoeiend t.o.v. handmatig lassen
FCAW draad gevulde	Handmatig Gemechaniseerd	20 – 30 25 – 40	
SAW onderpoeder lassen		30 – 50	Geen belasting door boogstraling

Tabel 1. Richtwaarden voor de gemiddelde inschakelduur voor enkele lasprocessen.

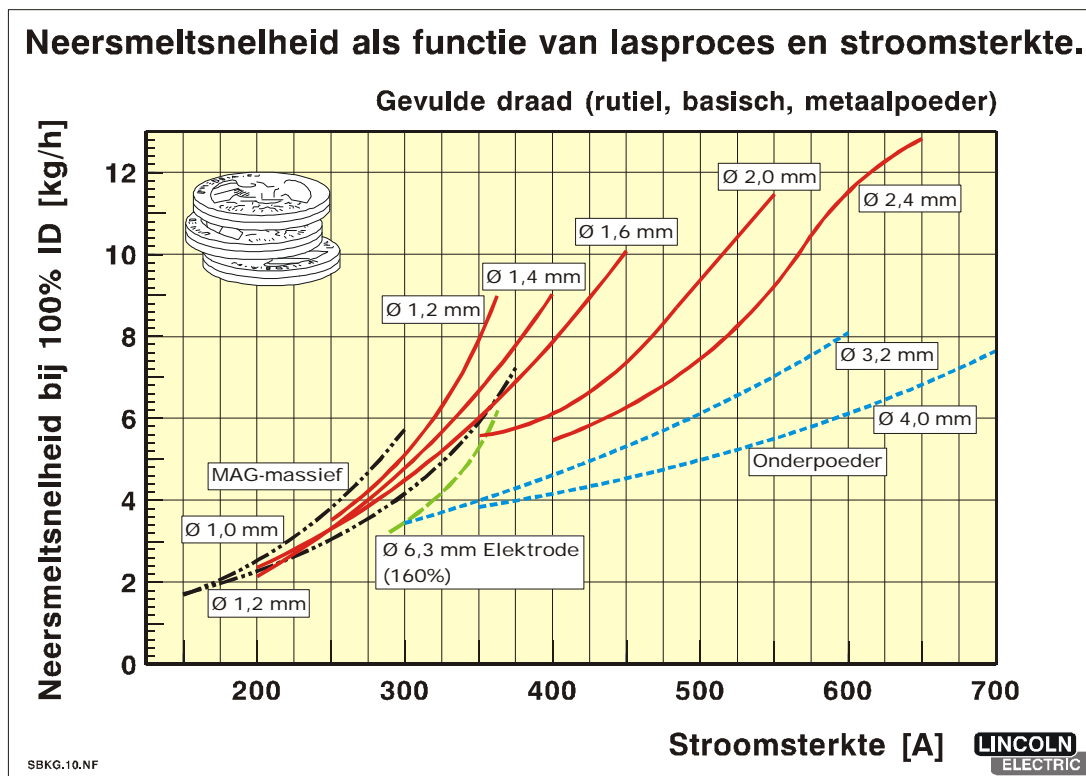
Sneller lassen hoeft niet altijd een verhoging van de inschakelduur te betekenen. De keuze van het MAG-lassen in nauwe, moeilijk bereikbare plaatsen zou wel eens een drastische inschakelduur verlaging kunnen betekenen ten opzichte van het lassen met beklede elektroden. De keuze van een zogenaamd sneller lasproces kan alleen kan dan onverwacht toch veel meer arbeidstijd vergen. Een verkorting van de boogtijd moet dan ook altijd een vermindering van de totale lastijd geven.

De inschakelduur is het hoogst wanneer de omstandigheden voor de lasser het meest aangenaam zijn. Eenvoudige hulpmiddelen zoals een stoel, een draaitafel, kleine rolstelling of andere kleine manipulatie apparatuur dragen direct bij tot een hogere inschakelduur. Zie foto's 1 en 2.

Neersmeltsnelheid

De neersmeltsnelheid van lasmaterialen in de verschillende processen is uiteraard een van de meest belangrijke factoren in de berekening van de kosten van de las. Overige factoren staan in Appendix C.

Deze smeltsnelheid wordt voornamelijk bepaald door de stroomdichtheid die op het stroomgeleidende deel van het lastoevoegmateriaal bij stabiele boogcondities toegepast kan worden, dit kan uitgedrukt worden in A/mm². Dit impliceert dat een grotere draad of elektrode diameter niet automatisch een hogere neersmeltsnelheid geeft, maar slechts dan als de stroomdichtheid ook is toegenomen. Bijvoorbeeld bij het onderpoederdekk lassen geeft lassen met een draad met een diameter van 3.2mm op 500A een neersmelt van ongeveer 6kg/uur. Om dezelfde neersmeltsnelheid te krijgen met een 4.0mm draad, is een lasstroom van minimaal 600A nodig. Wordt de 4.0mm draad met 500A verlast dan is de neersmeltsnelheid slechts 5kg/uur. Vertaald naar de instelbare stroomsterkte toont Figuur 3 de typische smeltsnelheid van een aantal producten. Het is duidelijk dat metaalgevulde draad ten opzichte van massieve draad voor het gasbooglassen in dit opzicht voordelen biedt en dat het onderpoeder lassen in de praktijk nauwelijks overtroffen kan worden, zeker wanneer men rekening houdt met de lassersvriendelijke omstandigheden. Het is echter ook bekend dat een hoge neersmeltsnelheid voor normale lasnaden een hoge voortloopsnelheid of lassnelheid betekent.



Figuur 3. Neersmeltsnelheid als functie van lasproces en stroomsterkte.

Praktische richtwaarden voor het bepalen van de neersmeltsnelheid bij het lassen met beklede elektroden, het MAG-lassen, het lassen met gevulde draden en het onderpoederde lassen zijn weergegeven in Tabel 2. Deze vuistregels geven snel en eenvoudig inzicht in wat er aan neersmeltsnelheid verwacht mag worden.

Neersmeltsnelheid van conventionele lasprocessen, Richtwaarden in g/min.	
Beklede elektroden	100% rendement → 0,12 tot 0,15 * I (in Ampère) 120% rendement → 0,18 tot 0,20 * I (in Ampère) 135% rendement → 0,20 * I (in Ampère) 180% rendement → 0,25 * I (in Ampère)
MAG massieve draad	0,18 tot 0,25 * I (in Ampère)
Gevulde draad	0,20 tot 0,25 * I (in Ampère) bij stroomsterkte > 300A → 0,3 * I (in Ampère)
Onderpoeder (massief)	0,2 * I (in Ampere)

Tabel 2. Praktische richtwaarden voor het bepalen van de neersmeltsnelheid van conventionele lasprocessen.

Bij het MAG-lassen speelt het beschermgas een belangrijke rol en heeft direct invloed op de ontwikkelde warmte (kinetische energie) in de lasboog. Een beschermgas bestaande uit 100% Argon zal de elektrische boog insnoeren en daardoor de warmste omstandigheid creëren bij het lassen van constructie staal. Voor exotische materialen kan door toevoegen van grote hoeveelheden Helium, tot zelfs 70%, de boog nog warmer gemaakt worden, echter dat is in dit referaat niet aan de orde. De koudste boogomstandigheden worden gecreëerd met 100% CO₂, dit is een uitstekend en zeer betaalbaar gas voor het lassen van ongelegeerd staal. Echter de neersmeltsnelheid is vanzelfsprekend het laagste en er ontstaan de meeste spatten tijdens het lassen. Om de badbeheersing, het las- en spatgedrag te verbeteren wordt aan Argon een hoeveelheid van 5-25% CO₂ toegevoegd. Er zijn inmiddels vele beschermgassen bestaande uit een of meerdere componenten op de markt, die elk hun specifieke toepassing hebben.

Totaal bedrijfsuurloon

In Appendix C worden de meeste invloedsfactoren op het totale bedrijfsuurloon gegeven waarbij we onderscheiden de loonkosten, de verbruikskosten, de investeringskosten en de onderzoeks- c.q. QA kosten. Per bedrijf zullen deze factoren bekeken moeten worden.

Conclusie

In de aanhef van dit referaat is aangegeven dat op een overzichtelijke wijze “door de bomen het bos laten zien”. Aller belangrijkste is om het gezonde verstand te gebruiken en de “eenvoudige” formule toe te passen. Tevens is het aan te bevelen om een derde partij van buiten het bedrijf af en toe eens om hun mening te vragen met betrekking tot de gang van zaken in het productie proces. Bedrijfsblindheid is er vaak de oorzaak van dat voor de hand liggende besparingen en verbeteringen niet worden gezien.

Literatuur

1. Lastetechniek, april 2006. Fred Neessen en Jan Hilkes, Lincoln Smitweld B.V., Nijmegen
2. Neessen, F., Economical aspects of Tubular Cored Wire welding applications in heavy industry. 1st International scientific-professional conf. Slavonski Brod, Croatia, 2001.
3. Lastoevoegmaterialen Catalogus Lincoln Smitweld B.V.

APPENDIX A

Elke constructie zal aan bepaalde additionele eisen moeten voldoen. Zo ook de lasconstructies. Los van de additionele eisen worden voor de bepaling van het meest efficiënte lasproces vaak rekenprogramma's toegepast waarbij lasnaadvolume, laskosten etc. eenvoudig te berekenen zijn.

Veelal zijn deze programma's complex, en vaak simpel van opzet voor de gebruiker. Het programma stelt een vraag die dan door de gebruiker beantwoord dient te worden. Juist hier ontstaan de problemen óf men heeft geen notie wat men invoert. In de lastechniek kennen we immers zeer veel tegenstellingen, maar er zijn nog meer onderlinge relaties van vrijwel alle factoren die de laskosten beïnvloeden.

De achterliggende formule voor het berekenen voor de kosten per meter laslengte W die in alle rekenprogramma's toegepast wordt omvat alle factoren die van belang zijn. Onderstaande figuur geeft de uitgebreide formule weer. Niet alleen in onderstaande formule maar ook in alle computer of management programma's missen we de factor "BESLISSER". Zijn of haar invloed kan van cruciaal belang zijn op de uiteindelijke laskosten.

In de praktijk blijkt in de vergelijking van verschillende lasprocédés vooral het lasnaadvolume, de inschakelduur en de neersmeltsnelheid een bepalende rol te spelen. De investeringskosten kunnen echter niet buiten beschouwing blijven wanneer kostbare apparatuur uitsluitend voor een specifiek deel van het laswerk bruikbaar is en de bezettingsgraad derhalve laag kan zijn. Bij multi-purpose apparatuur is dit effect uiteraard geringer.

Laskosten in formule vorm

Kosten per meter laslengte

Neersmeltsnelheid lasmetaal [kg/h]

Afschrijving apparatuur [€jaar]

Rente op investering apparatuur [€jaar]

Onderhoud betreffende apparatuur [€jaar]

Kosten lastoevoegmateriaal [€kg]

Kosten beschermgas [€m³]

Verbruik beschermgas [l/min]

$$W = V \times \rho \left[\frac{100}{i} \times F \left(L + \frac{A + R + O}{1600} \times \frac{100}{\beta} \right) + M \times \frac{100}{\eta} + P \times \delta + \frac{1000}{60} \times \frac{V_g \times G}{F} \right]$$

Kosten laspoeder [€kg]

Rendement lasmateriaal [%]

Bezettingsgraad apparatuur [%]

Loonkosten [€h]

Inschakelduur lasser (duty cycle = effectieve boogtijd/totale werktijd in functie [%])

Dichtheid lasmetaal [kg/m³]

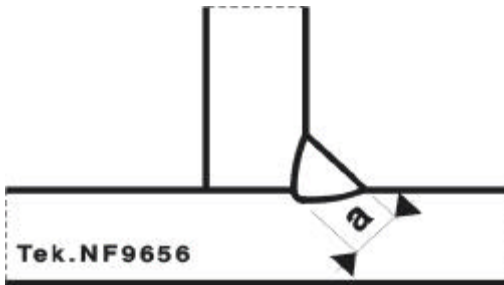
Factor poederverbruik per kg lasdraad

SBKG.07.NF

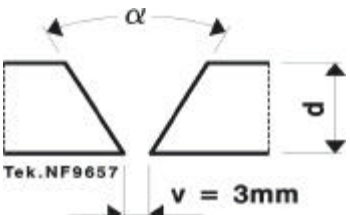
APPENDIX B

Lasinhoud hoekklas per meter			
"a" [mm]	A [cm ²]	Volume [cm ³ /m]	Massa * [g/m]
3	9	9	72
3,5	12,3	12,3	98,4
4	16	16	128
4,5	20,3	20,3	162,4
5	25	25	200
5,5	30,3	30,3	242,4
6	36	36	266
7	49	49	392
8	64	64	512
9	81	81	648
10	100	100	800

Formule: a² x L (lengte)



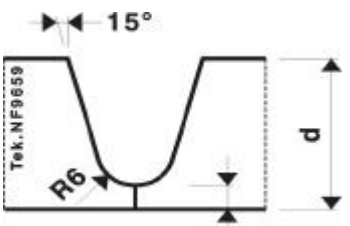
* soortelijke massa van staal gesteld op 8 g/cm³

Lasinhoud V [cm ³] per meter naad							
Dikte d [mm]	V50°		V60°		V70°		Formule: V50° : d (0,466d + v) L V60° : d (0,577d + v) L V70° : d (0,700d + v) L
	Vooropening v = 3mm respectievelijk 5mm						
	v = 3	v = 5	v = 3	v = 5	v = 3	v = 5	
6	35	47	39	51	43	55	
8	54	70	61	77	69	85	
10	77	97	88	108	100	120	
12	103	127	119	143	137	161	
14	133	161	155	183	179	207	
16	167	199	196	228	227	259	
18	205	241	241	277	281	317	
20	246	286	291	331	340	380	

d [mm]	X50°		X60°		X70°		Formule: X50° : d (0,233d + v) L X60° : d (0,288d + v) L X70° : d (0,350d + v) L
14	88	116	98	126	111	139	
16	108	140	122	154	138	170	
18	129	165	147	183	167	203	
20	153	193	175	215	200	240	
25	220	271	255	305	294	344	
30	300	360	349	409	405	465	
35	390	460	458	528	534	604	
40	493	573	581	661	680	760	

d [mm]	A [cm ²]	Volume [cm ³ /m]	Massa * [g/m]
20	194	194	1552
25	288	288	2304
30	395	395	3160
35	516	516	4128
40	650	650	5200

Formule:
((d-10)² x 0,27 + 12d-73) L



* soortelijke massa van staal gesteld op 8 g/cm³

APPENDIX C: Overzicht invloedsfactoren Laskosten. Oorzaak \leftarrow = \rightarrow Gevolg

Lasnaadinhoud (lasnaad keuze)	Inschakelduur	Neersmeltsnelheid
<p>Direct: Plaatdikte Naadvorm (V- / X- / K- / etc.) Openingshoek Vooropening Overdikte Laslengte (stuks of serie-werk) Ontwerp Voorbewerkingproces; - Handmatig of - Gemechaniseerd zoals, * snijden * frezen * zagen * knippen * plasma * laser * gutsen * etc.</p> <p>Indirect: Lasproces Laspositie materiaal soort Omstandigheden zoals * binnen * buiten (op montage) Kwaliteits eisen Beschermgas samenstelling * een of meerdere componenten etc.</p>	<p>Lasproces Fabricage proces - goederenstroom Organisatie (wachtijden, etc.) Logistiek Hulpmiddelen (apparatuur) * mechanisatiegraad * gebruik van lasmal, etc. Outillage productiehal Lasparameters Lassnelheid Voorwarm- interpass temp. Vereiste kwaliteit Materiaaltype Type lastoevoegmateriaal + verpak- kings eenheid, 0,5kg - 1000kg Laspositie (1G, 2G, 3G, etc.) Toegankelijkheid Laslokatie * productie hal * werk naar lasser * op montage * etc. Vakbekwaamheid lasser/operator Mentaliteit (karakter) Productie storingen Arbeidsomstandigheden * stroomsterkte * ergonomie * vuil of schoon * verlichting * veiligheid (pers. bescherming) * lasrook * etc. Inschakelduur lasapparatuur Nabewerking (spatten, slak, etc.) etc.</p>	<p>Lasproces Stroomsterkte (g/min) Stick-out Lastoevoegmateriaal * hoog rendements elektrode * GMAW vs FCAW * type SAW - poeder Diameter (toevoegmateriaal) Rendement Inschakelduur proces Beschermgas samenstelling etc.</p>
Totaal Bedrijfsuurloon		
<p>Loonkosten (land afhankelijk, bijv. Nederland vs China)</p> <p>Bruto werknemersloon Bruto werkgeversloon Overhead Ziekteverzuim</p> <p>Gebouwen * productiehallen * engineering * administratie * in- en verkoop * etc.</p> <p>etc.</p>	<p>Verbruikskosten (proces afhankelijk) Lastoevoegmaterialen * beklede elektrode * draden (massief - gevuld) * laspoeder en poederverbruik (recycling) * bescherm- en backing gas * etc.</p> <p>Andere verbruiksgoederen * gutsen * slijp schijven * etc.</p> <p>Huur * lasequipment * hefwerktuigen * transport middelen Energie (electriciteit, gas) * voor het lassen, * voorwarmen, gloeien Vereiste kwaliteit etc.</p>	<p>Investeringskosten</p> <p>Afschrijving (termijn) Rente Bezettingsgraad Onderhoud Lasproces Lasmallen, etc. Lasopleidingen</p> <hr/> <p>Onderzoekskosten (QA)</p> <p>Niet Destructief Onderzoek Destructief Onderzoek Lasproces Las Methode Kwalificatie Lasser Kwalificatie Lasnaadvorm Inspectie Afkeurpercentage Lasopleidingen etc.</p>