

Woord vooraf

Gedurende het laatste jaar van mijn studies voor Master Energie Automatisering mocht ik een masterproefopdracht kiezen. Ik deed mijn opdracht bij de radiatoren fabrikant, Caradon Stelrad uit Nuth, Nederland.

Hier kreeg ik de zeer uitdagende opdracht voor het ontwikkelen van een USF-stangenlasmachine. Hieruit heb ik veel geleerd over zowel de technische aspecten in de industrie als contacten met leveranciers.

De opdracht is tot een goed einde gebracht mede dankzij de hulp van mijn bedrijfspromotor, de heer Wiel Garritsen, Manufacturing Engineer. Oprechte dank voor het delen van zijn ruime ervaring, deskundige uitleg en voor de ondersteuning van mijn masterproef. Mijn interne promotor de heer ing. Geert Leen, docent, wil ik bedanken voor de steun en hulp bij het voltooien van deze opdracht. Graag wil ik de rest van het team van de technische dienst bedanken voor de hulp en de toffe sfeer.

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Inhoudsopgave	3
Lijst van tabellen.....	5
Lijst van figuren	7
Verklarende woordenlijst.....	9
Abstract	11
Abstract in English	13
1 Inleiding	15
1.1 Situering	15
1.2 Probleemstellingen	15
1.3 Doelstelling.....	15
1.4 Materiaal en methode.....	16
2 Bedrijfsinformatie: Caradon Stelrad BV	17
2.1 Geschiedenis	17
2.2 Kwaliteit:.....	17
3 Productie	19
3.1 Opbouw radiator	19
3.2 Modellen radiatoren	19
3.2.1 Reguliere-radiatoren	19
3.2.2 ECO-radiatoren.....	20
3.2.3 Novello-radiatoren	20
3.2.4 Vertex-radiatoren.....	21
3.3 Productieproces	23
3.3.1 De laslijnen	23
3.3.2 De lakstraat.....	24
3.3.3 Het inpakken	24
4 ECO-radiator	25
4.1 USF-stang.....	25
4.1.1 Eigenschappen.....	26
4.1.2 Toleranties USF-stangen.....	27
4.1.3 USF-vert.....	27
5 De USF-stangenlasmachine	29
5.1 Initieel project opzet	29
5.2 Cyclustijd bepaling.....	30
5.3 Connectoraanvoer.....	31

5.4	Lasproces	31
5.4.1	Lasonderzoek.....	31
5.4.2	Lastechniek projectielassen.....	32
5.5	Machineconcept.....	35
5.5.1	Buis-invoer.....	35
5.5.2	Snij-unit	35
5.5.3	Buiseind vormen.....	35
5.5.4	Connectoraanvoer.....	36
5.5.5	Lasproces	36
5.5.6	Transport	36
5.5.7	Safety.....	36
5.5.8	Lijnintegratie.....	36
5.5.9	Onderhoud	36
5.6	Bepaling kosten	37
5.6.1	Stockkost	37
5.6.2	Corrosie	37
5.6.3	Lijnstilstand.....	37
5.7	Besluit Kosten-Baten	38
5.8	Alternatief	38
6	Productie- en kwaliteitverbeteringprojecten.....	39
6.1	Testunits	39
6.1.1	Probleemstelling.....	39
6.1.2	Ontwerp nieuwe drukstoppen	41
6.2	SI-puntlasmachine SMED-balk	43
6.2.1	Probleemstelling.....	43
6.2.2	Nieuw design	44
6.2.3	Opbrengsten ombouwtijdreductie.....	45
	Besluit.....	47
	Literatuurlijst	49
	Bijlagen (Zie Cd-rom).....	51

Lijst van tabellen

Tabel 1: Taktijd..... 30

Lijst van figuren

Figuur 1: Algemene opbouw types radiator [1] (links naar rechts) types: 11; 21; 22 ;33.....	19
Figuur 2: Reguliere-radiator	19
Figuur 3: ECO-radiator.....	20
Figuur 4: Novello-radiator	20
Figuur 5: Vertex-radiator.....	21
Figuur 6: Site overview	23
Figuur 7: Waterstromingspatroon [1] (links het voorpaneel en rechts het achterpaneel)	25
Figuur 8: Aansluitmogelijkheden ECO-radiatoren [1]	25
Figuur 9: USF-connector in ECO-radiator type 22.....	25
Figuur 10: Buisproductie methode[4]	26
Figuur 11: Connector en gevormde buis.....	26
Figuur 12: Doorsnede connector (Bijlage A)	26
Figuur 13: USF-Vert-stangen samenstelling.....	27
Figuur 14: Grafiek meting taktijd	30
Figuur 15: Dwarsdoorsnede gelaste rechtse connector type 22	31
Figuur 16: Doorsnede microscoop: lens x30	31
Figuur 17: Lasmethodes [5].....	32
Figuur 18:Lasproces [7]	33
Figuur 19:Lasproces weerstanden	33
Figuur 20: Specifieke las-elektrode connector.....	33
Figuur 21: Machineconcept.....	35
Figuur 22: Gecorrodeerde connector.....	37
Figuur 23: Concept schetsen kanban USF-stangen	38
Figuur 24: Novello-radiator	39
Figuur 25: Uitstekende ventielnippel novello	39
Figuur 26: Novello aansluiting onderzijde	40
Figuur 27: Teststoppen novello aansluiting onderzijde	40
Figuur 28: Oud type drukstop	41
Figuur 29: Nieuwe teststop met compensatie	41
Figuur 30: SI-puntlasmachine.....	43
Figuur 31: Drukbalken meerpuntlas.....	43
Figuur 32: SI-puntlasmachine SMED-balk	44
Figuur 33: lekstroom foutieve drubbalk [6].....	44
Figuur 34: Correct eenzijdig puntlassen [6].....	44

Verklarende woordenlijst

ALC: Automatic Line Control

Bin picking-robot: Het grijpen van producten uit een bak met behulp van een robot

Chipless cutting: Techniek voor buizen niet verspanend te snijden

DIN: Deutsches Institut für Normung (Deutsche Industrie Norm)

ECO: Ecologie (de productreeks geschikt voor verwarmen met hernieuwbare energiebronnen)

ERP: Enterprise Resource Planning (software voor de productie te ondersteunen)

EN: Europese Norm

FIFO: First In, First Out

ISO: Internationale Organisatie voor Standaardisatie

Kanban: concept binnen lean-productie voor just-in-timeproductie

KTL: Kathodische Tauch Lackierung (elektrostatische dompellak)

Lean: Lean manufacturing (managementfilosofie toegepast in het operationeel management)

MARC: The Manufacture Association of Radiators and Convectors

OTED: One Touche Exchange of Die (ombouwtijd onder honderd seconde)

PBM: Persoonlijke beschermingsmiddelen

Pinholes: Kleine gaatjes en/of oneffenheden in de lak

RAL: ReichsAusschuss für Lieferbedingungen (coderingssysteem voor kleuren)

SMED: Single Minute Exchange of Die (methode voor het efficiënter omstellen van productieprocessen)

Turn Key: Kant en klaar afleveren van de installatie

TUV: Technischer Überwachungsverein (Duitse keuringsinstantie)

USF: Universal Serial Feeding

USF vert: USF-stang met verticale buis

Abstract

Caradon Stelrad (Nuth, Nederland), is een fabrikant van verwarmingsradiatoren. Door de stijgende verkoop van ECO-radiatoren, is er binnen de productie nood aan een herziening van de interne logistiek van de radiatoronderdelen. Ook wil men de lijnstilstand, omsteltijden en de hoeveelheid afkeur verminderen.

Voor de productie van deze ECO-radiatoren kampt men met een plaatsgebrek aan de manuele invoer van halffabricaten, de USF-stangen. Dit gebeurt tussen twee high-speed productielijnen. Deze stangen bestaan uit een groot aantal variaties en nemen veel stockageruimte in. Door last-minute wijzigingen in de planning of door afkeur tijdens het proces, ontstaan er regelmatige lijnstilstanden en vergissingen in de line-feeding.

Deze masterproef heeft tot doel de haalbaarheid te onderzoeken voor het bouwen van een machine om deze halffabricaten in-house samen te stellen. Na een grondige studie van de halffabricaten, zijn er verschillende machineconcepten opgesteld en is aan potentiële machinebouwers een kostenraming gevraagd. Daarna is een kosten-batenanalyse gemaakt.

Daarnaast is er een technische audit gemaakt van de productielijnen om alzo productiestilstand en ombouwtijden te reduceren. Hierna zijn er verschillende machineconcepten gemaakt om de productiestilstanden te verminderen en de omsteltijden te reduceren. Deze verbeteringsprojecten waren zowel productie als kwaliteit gerelateerd.

Abstract in English

Caradon Stelrad (Nuth, the Netherlands), is a manufacturer of heating-radiators. Due to the increase in sales of ECO-radiators, the production needs a review of the internal logistics of radiator parts. They also want to reduce the line downtime, changeover times and the amount of rejected products.

For the production of these ECO-radiators there is a lack of space by the manual input in the line of semi-finished parts, the USF-rods. This is between two high-speed production lines. These rods exist in a large number of variations and take up a lot of storage space. Last-minute changes in the schedule or rejection during the process causes line stops and errors in the line feeding on a regular basis.

This master thesis aims to study the feasibility for the building of a machine to create these semi-finished products in-house. After a thorough study of the structure of the semi-finished goods, different machine concepts are drawn and presented to potential machine-constructors to make a cost estimation. After that a cost-benefit analysis was made.

In addition, a technical audit was made of the production to reduce downtime and changeover times. After this, there are several machine concepts made in order to reduce the production downtime and to reduce the changeover times. These improvements are both production and quality related.

1 Inleiding

1.1 Situering

Mijn masterproef vindt plaats bij de engineering afdeling van Caradon Stelrad te Nuth(NL). Stelrad is een fabrikant van verwarmingstechnieken voor renovatie en nieuwbouw. In de vestiging van Nuth worden jaarlijks 1 à 1,2 miljoen radiatoren geproduceerd.

De productie van radiatoren begint met rollen plaatstaal waarvan panelen worden gestanst. Vervolgens worden de panelen per twee met behulp van weerstandslas aan elkaar gepuntlast. Hierna wordt handmatig de convectormat in de conveyor geplaatst, die vervolgens aan het paneel gehecht wordt. Daarna worden de panelen rondom gerolnaadlast. Vervolgens worden op dit paneel de nodige connectoren en verbindingen gemonteerd door middel van projectielas. Deze connecties zijn nodig om een vloeistofstroom te genereren; de stroom varieert afhankelijk van het geproduceerde model. Zo heeft een ECO-radiator twee specifieke connectoren nodig verbonden door een buis. Deze buis met aan beide uiteinden een connector wordt een USF-stang genoemd. Dit zal verder worden besproken in 4.1.

Een ECO-radiator heeft een hoger rendement wat een jaarlijkse besparing tot 10,5% aan energieverbruik oplevert [1]. Deze besparing realiseert men door bij het open zetten van de radiator eerst het voorste paneel te verwarmen, waardoor er sneller stralingswarmte in de kamer komt. Het reeds afgekoelde water van het eerste paneel verwarmt dan het achterste paneel. Het achterste paneel straalt dus in mindere mate, maar die straling zou anders toch vooral verloren gaan door de muren. Door de mindere straling zorgt het achterste paneel voor de convectie en de voorste voor de straling.

1.2 Probleemstellingen

Een USF-stang bestaat uit een buis waarop connectoren zijn gelast op de twee uiteinden. Momenteel worden deze stangen afgelast aangekocht. Echter, de lengte van de USF-stangen varieert door het grote verschil in leverbare lengtes van radiatoren. (400 tot 3000mm). Deze variantie zorgt momenteel voor een logistiek probleem aan de invoerbuffers van de twee high speed lijnen. Op die lijnen worden de radiatoren momenteel geproduceerd. Aan de invoerbuffers staan de verschillende maten van stangen gestockeerd en worden ze handmatig op de invoerbuffer geplaatst. Vervolgens worden ze door de pick and place machine van de buffer op de high speed lijn geplaatst. Het stockeren aan de lijn geeft een wanordelijk zicht, wat vaak voor vergissingen zorgt. Door deze vergissingen liggen de lijnen geregeld stil, hierdoor gaat er per shift al snel een tiental minuten productietijd verloren. Verder zijn de teststoppen in de testunit aan vervanging toe. Bij de teststoppen die momenteel gebruikt worden is de testzekerheid van de geproduceerde radiatoren niet meer gegarandeerd. Ook zijn de omsteltijden voor de lijnen te groot, waardoor er tijdens het ombouwen van radiatorhoogte veel tijd verloren gaat naar het verwisselen van drukbalken.

1.3 Doelstelling

De USF-stangen moeten in-house geproduceerd worden om dit logistiek probleem tussen de high-speed-lijnen op te lossen. Er is een concept voor een machine bedacht waarbij de stangen worden gemaakt op maat voor de gemaakte modellen van beide high speed lijnen. Hierbij moet de machine en de bedieningen binnen de bedrijfstandaard van Stelrad passen.

Een buis wordt in standaard lengte of op rol ingekocht om vervolgens op maat te snijden [2]. Daarna moet op beide uiteinden van de buis een connector worden gelast. De stangen moeten

geproduceerd worden met een maximale tolerantie van +/-1mm. Stuiklassen in een mogelijke lasmethode. De haalbaarheid voor het gebruik van deze methode moet worden getest. De lasnaad tussen een connector en een buis moet bovendien een druk van minimaal 15 bar kunnen weerstaan.

De aanvoer van de connector moet via een eigen ontwerp of met behulp van een 'bin picking'-robot gebeuren [3].

Beide lijnen kunnen al dan niet gelijktijdig draaien en beide kunnen een verschillende maat van USF-stang nodig hebben. De machine zal beide lijnen gelijktijdig moeten kunnen bevoorraden. Dit houdt in dat er in het uiterste geval iedere 19,5 seconde twee stangen gemaakt moeten worden. Dit zal verder besproken worden in 5.3.

Om de testzekerheid van de testunits te verhogen moet er een nieuw ontwerp komen voor de teststoppen. Om de omsteltijden op de high speed lijnen te reduceren zijn er aanpassingen aan de lijn nodig. Door verschillende SMED-methodes te ontwerpen en te implementeren worden deze omsteltijden sterk gereduceerd. Deze verbeteringsprojecten worden besproken in hoofdstuk 6.

1.4 Materiaal en methode

Het volledige productieproces werd in kaart gebracht om verschillende machine-concepten te ontwerpen. Hierna zijn er verschillende concepten uitgewerkt. Vervolgens moest er voor ieder concept een kosten-batenanalyse worden gemaakt om de rendabiliteit van het project te staven. Door de in-line fabricage van de stangen, zal de lijnstilstand verminderen. Ook zal de kost door de afkeur van geroeste delen door langere stockagetijd worden geëlimineerd. De gegenereerde besparing op stockkosten en de verminderde stilstand van de productielijnen, bepalen samen de economische haalbaarheid van dit project. Een concept scope, die het eisenpakket beschrijft, is opgesteld zodat de potentiële machinebouwers de verdere ontwikkeling van de machine kunnen aanvatten.

Voor het verdere optimaliseren van de productielijnen zijn er verscheidende ontwerpen gemaakt om lijnstilstand en ombouwtijd te vermindering en aan kwaliteitsverbetering en kwaliteitsborging te doen.

Voor het ontwerpen van de concepten werd er gebruik gemaakt van een 3D- en elektrisch tekenpakket, Autodesk AutoCAD & Inventor, Eplan.

2 Bedrijfsinformatie: Caradon Stelrad BV

2.1 Geschiedenis

Caradon Stelrad is onderdeel van de *Ideal Stelrad Group*, met zijn hoofdzetel in Mexborough (UK).

De productie gebeurt zowel in Nuth (NL), Corlu (TUR) als in Mexborough (UK). De research and development afdeling is in Herentals (BE). Hier is Stelrad bezig met innovatie van de producten. Jaarlijks worden er in Nuth 1 à 1,2 miljoen radiatoren geproduceerd. Er werken op dit moment gemiddeld 165 medewerkers.

De fabriek in Nuth is sinds 1939 onder de naam "*N.V. Nederlandse gasaccumulator maatschappij A.G.A.*" begonnen met de productie van acetylene gas en het maken van verwarmingsradiatoren. In de loop der jaren zijn er ook kookapparaten op petroleum en elektrische verwarmingstoestellen geproduceerd. Intussen is de productie enkel naar radiatoren geëvolueerd, dit ook onder een andere naam "*Stelrad Nuth B.V.*"

2.2 Kwaliteit:

Jaarlijks wordt het kwaliteitsmanagementsysteem volgens de ISO 9001:2008 norm en ISO 50001:2011 energie management systeem geauditeerd door TUV Süd. Dit met het doel om de kwaliteit, veiligheid en het milieubewust fabriceren te garanderen.

Al de geproduceerde producten zijn EN 442 gecertificeerd. Deze norm definieert de procedures voor het bepalen van de standaard thermische vermogens van verwarmingstoestellen gevoed door water of stoom onder de 120°C, dit met een externe warmte bron. In de norm staan de toegelaten testmethodes beschreven en worden toegelaten toleranties weergegeven waaraan de verwarmingstoestellen moeten voldoen.

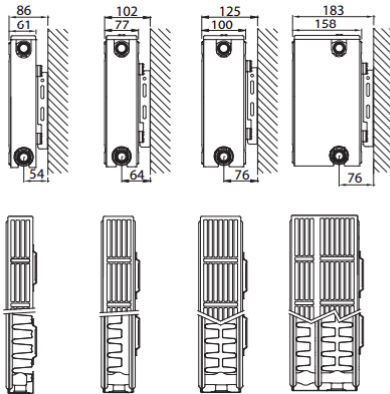
Stelrad is lid van MARC '*The Manufacture Association of Radiators and Convectors*' [5]. Deze organisatie vertegenwoordigt en ondersteunt verwarmings-fabrikanten in heel Europa.

3 Productie

In Nuth worden enkel de paneelradiatoren geproduceerd. De designbuisradiatoren worden elders geproduceerd. In de fabriek worden verschillende modellen van paneelradiatoren geproduceerd.

3.1 Opbouw radiator

Het aantal lamellen en vinnen kan variëren afhankelijk van het te leveren thermische vermogen. De modellen hebben een type-nummer dat is opgebouwd uit een eerste getal dat slaat op het aantal panelen en een tweede getal dat slaat op het aantal lamellen, zoals weergegeven in Figuur 1. Zo zijn 10; 11; 21; 22; 33 de meest gangbare types.



Figuur 1: Algemene opbouw types radiator [1] (links naar rechts) types: 11; 21; 22 ;33

3.2 Modellen radiatoren

3.2.1 Reguliere-radiatoren

De productie van de reguliere paneelradiatoren, zoals weergegeven op Figuur 2, gebeurt in bouw hoogtes 300, 400, 500, 600, 700, 900 en 950 mm met lengtes van 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000 mm.



Figuur 2: Reguliere-radiator

3.2.2 ECO-radiatoren

Deze horizontale radiatoren, zoals te zien op Figuur 3, zijn verkrijgbaar in dezelfde afmetingen als de reguliere radiatoren en hebben een hoger thermisch rendement. Dit doordat ze een gedwongen opwaartse waterstroom door de eerste rib hebben, zodat deze eerst het voorste paneel zal verwarmen en de stralingswarmte sneller in een koude te verwarmen ruimte zal stralen. En de achterplaat zal minder warm zijn, waardoor deze minder stralingsverlies zal hebben naar de muur waartegen de radiator gemonteerd is. ECO-radiatoren hebben een minderverbruik tot 10,5%.



Figuur 3: ECO-radiator

3.2.3 Novello-radiatoren

Deze horizontale radiatoren, zoals te zien in Figuur 4, worden geproduceerd met een voorgemonteerd vooringesteld regelbaar thermostatisch ventiel om een optimaal rendement te realiseren. De opbouw is gelijkaardig aan een reguliere radiator. Het verschil zit er in dat de aansluitbuis voor het thermostatisch ventiel verwerkt zit in de radiator, zodat deze na afwerking niet meer zichtbaar is. De radiator is volledig bekleed met zijpanelen en sierroosters rondom. De aansluitingen zitten naadloos verwerkt in de sierroosters.



Figuur 4: Novello-radiator

3.2.4 Vertex-radiatoren

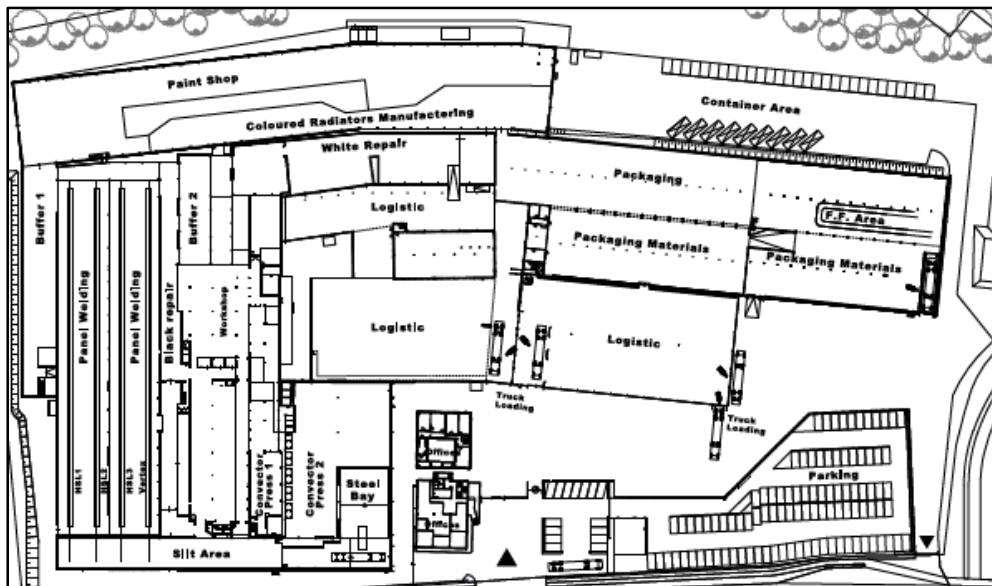
Dit is het verticale model, zoals te zien in Figuur 5. Dit type radiator heeft een bouwhoogte van 1600; 1800; 2000 of 2200mm en is verkrijgbaar in variabele breedtes van 300 tot 600mm. Ze hebben de zelfde typenummering als de reguliere modellen.



Figuur 5: Vertex-radiator

3.3 Productieproces

De algemene opbouw van de productie is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Site overview

3.3.1 De laslijnen

De productie van een radiator begint steeds met staalplaat die ingekocht wordt op zogenaamde “moeder coils”. Deze wordt opgedeeld in de “Slit Area” in nieuwe coils, “dochter coils” genoemd. Dit gebeurt de dag voordat ze nodig zijn in de radiatoren productie. De afmetingen van deze rollen worden bepaald door de planning, zodat de productielijnen in hun ingestelde bouwhoogte kunnen draaien. Als een van deze voorgefabriceerde rollen nodig is in de productie, wordt deze in één van de drie highspeed “Panel Welding” lijnen gevoerd en aan een voorgaande rol gelast.

Hierna wordt de plaat in vorm gestanst om een radiatorpaneel te vormen. Een paneel bestaat uit twee platen die gespiegeld van elkaar gelijktijdig worden gestanst. Na dit stansen worden er aansluitopeningen geponst en wordt er een ring in de opening tussen de twee platen gemonteerd. Die ring zal voor een gedwongen waterstroming zorgen. Vervolgens worden de twee platen aan elkaar gepuntlast en de convectovin wordt aan het paneel gehecht. Om het geheel dicht te maken wordt tot slot het paneel rondom gerolnaadlast. Vervolgens worden de panelen in lengte richting getrimd en de hoeken radiaal geknipt.

Hierna worden de model-specifieke aansluitingen gelast. Deze hebben al dan niet een verbinding met een stang. Deze connectoren tussen de verscheidende panelen zorgen voor de specifieke watercirculatie eigen aan het model radiator.

Daarna wordt de volledig radiator samengesteld. Hier worden de stromingsconnectoren en aansluitnippels tussen twee of meer panelen geweerstandlast. Dit gebeurt in de projectielasmachine. Op de volledig samengestelde radiator worden dan nog enkel de ophangbeugels gelast afhankelijk van het te leveren land.

Als laatste stap wordt de radiator nog getest op dichtheid. Voor de lekkagetest wordt de radiator ondergedompeld in een water-oplossing met een roestwerend product. Hier wordt er perslucht tot 10 bar op de aansluitingen geplaatst. Als er een lek in een radiator zit wordt die radiator afgevoerd om in de werkplaats te worden hersteld. Als de radiator goedgekeurd is, worden er stoppen in de

aansluitnippels geschroefd. Deze stoppen vermijden het insijpelen van 'KTL-lak' in de radiator. Tenslotte worden de radiatoren automatisch op bokken geplaatst om daarna naar de buffer te gaan in afwachting van het poederlakken.

3.3.2 De lakstraat

In de lakstraat "Paint Shop" worden de radiatoren opgehangen aan haken die worden bevestigd aan tijdelijke stoppen die in de radiatornippels werden gedraaid. Om de lak aan te kunnen brengen, wordt de radiator geprepareerd. Dit door eerst te spoelen en vervolgens te ontvetten. Dit proces moet enkele keren herhaald worden. Na het prepareren wordt er een KTL-coating '*Kathodische Tauch Lackierung*' (elektrostatische dompellak) aangebracht. Dit is een bad waar de radiator ondergedompeld door gaat. Door een statische lading op de radiator aan te brengen hechten de lakdeeltjes zich op het metaal. De radiatoren worden daarna gebakken op 140°C, om dan door te gaan naar het effectieve poederlakken.

Voor een standaard afwerking (wit RAL 9016) gebeurt het poederlakken door een robot. Voor specifieke kleuren wordt de poederlak met de hand aangebracht. Tenslotte wordt de lak afgebakken op 180°C.

3.3.3 Het inpakken

Na het lakken zijn de radiatoren klaar voor de laatste productiestap; de afwerking, "Packaging". Hier worden de juiste afwerkingsroosters en sierlijsten bevestigd, de aansluitingen en ventielen worden ingeschroefd. De ophangbeugels en bevestigingen worden bijgevoegd.

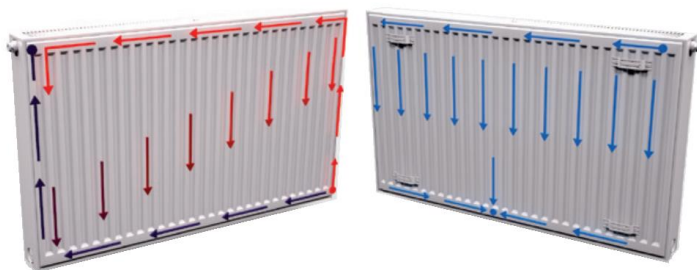
Alle verschillende types, modellen, montagemogelijkheden en soorten afwerkingen maken dat het mogelijk is om ongeveer 21000 variaties in het eindproduct te hebben.

Uiteindelijk wordt na de eindmontage de afgewerkte radiator verpakt in een beschermende karton en krimpfolie. Hierna zijn de radiatoren klaar om via de logistieke magazijnen naar de klant te gaan.

4 ECO-radiator

Een ECO-radiator heeft een hoger rendement met een energiebesparing tot 10,5%. Een ECO-radiator heeft steeds een ingebouwd vooringesteld thermostaatventiel. Dit zal tot een beter rendement leiden. Verdere besparing gebeurt doordat de radiatorpanelen egaal opwarmen. Dit gebeurt door een stromingsonderbreking aan de invoer van een paneel. Hierdoor zal het paneel een meer gespreid waterstromingspatroon hebben. De stromingsonderbreking gebeurt door het monteren van een zogenaamde ECO-ring. Het waterstromingspatroon is te zien in Figuur 7.

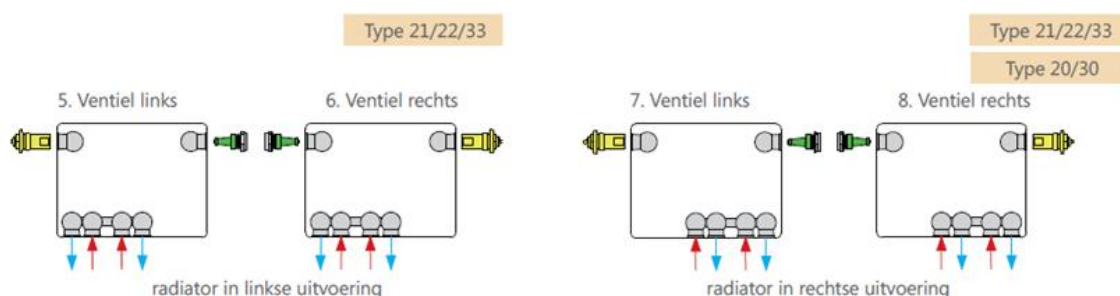
De grootste rendementswinst bij een ECO-radiator bestaat er in de stralingsvolgorde van de panelen te veranderen. Dit wordt gerealiseerd door het gebruik van een USF-stang. Hierbij verwarmt het instromende warm water van de radiator eerst het voorste paneel, waardoor er sneller stralingswarmte in de kamer komt. Hierna gaat het reeds afgekoelde water het achterste paneel verwarmen. Het achterste paneel zal in mindere mate gaan stralen, deze straling zou anders vooral verloren gaan door de muur waartegen de radiator bevestigd is. Door deze mindere straling zorgt het achterste paneel door zijn lager temperatuur vooral voor de convectie.



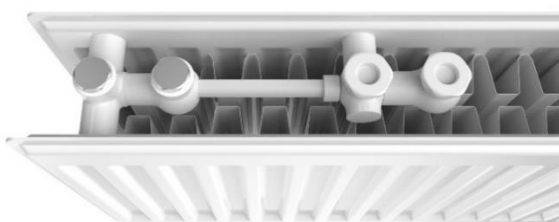
Figuur 7: Waterstromingspatroon [1] (links het voorpaneel en rechts het achterpaneel)

4.1 USF-stang

De afkorting USF staat voor 'Universal Serial Feeding'. Zo is in Figuur 8 te zien dat de radiatoren zowel aan de zijkant als in het midden kunnen worden aangesloten. De USF-connector zit tussen de twee panelen aan de onderzijde van een ECO-radiator zoals te zien is op Figuur 9. Verder zorgt de USF-stang er ook voor dat het instromende water altijd eerst het voorste paneel opwarmt.



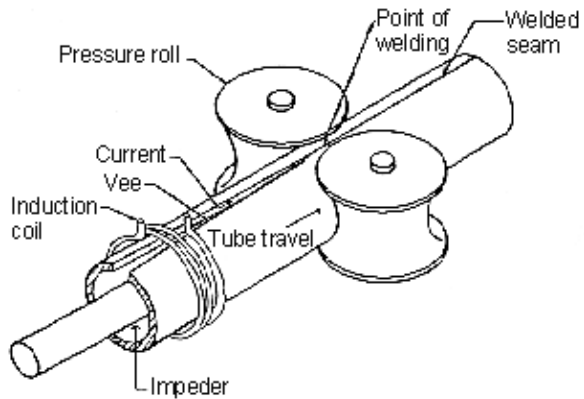
Figuur 8: Aansluitmogelijkheden ECO-radiatoren [1]



Figuur 9: USF-connector in ECO-radiator type 22

4.1.1 Eigenschappen

Een USF-stang bestaat uit een 12,0x1,2mm (fe360 uni 7947) buis op lengte. Dit type buis wordt gemaakt door het rollen van staalplaat tot een buis. Dan wordt de naad van de plaat met behulp van hoogfrequent-inductielassen dicht gelast. Zoals in de afgebeelde productiemethode in Figuur 10 te zien is.



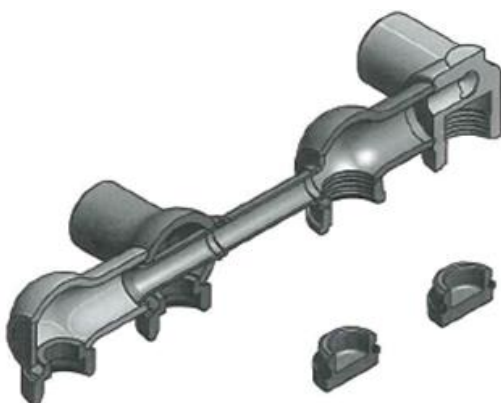
Figuur 10: Buisproductie methode[4]

Op de buis wordt op beide uiteinden een connector gestuiklast. In de nieuwe machine moeten de buizen in standaardlengtes worden aangevoerd en op lengte gemaakt. Om te kunnen stuiklassen moet er op beide uiteinden van de buis uitstulpingen worden gevormd, zoals te zien in Figuur 11.



Figuur 11: Connector en gevormde buis

Het samenstellen van de USF-stang gebeurt zoals in Figuur 12 is afgebeeld. De technische tekeningen van de stangen zijn terug te vinden in Bijlage A.



Figuur 12: Doorsnede connector (Bijlage A)

De stangen kunnen zowel voor een linkse als rechtse aansluiting, type 21 of 22 worden gebruikt. Hiervoor is er aan de ene zijde dus een linkse of rechtse connector type 21 of 22 nodig. Terwijl aan de andere zijde er een universele connector type 21 of 22 is.

4.1.2 Toleranties USF-stangen

De gangbare lengtematen van de stangen zijn voor radiatoren met lengtes van: 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200, 2400, 2600, 2800 en 3000 mm. Deze in zowel linkse als rechtse aansluiting.

De effectieve buizen hebben afmetingen van 205mm tot en met 1505mm. Ze moeten geproduceerd worden binnen een tolerantie van +/- 1mm.

4.1.3 USF-vert

USF-vert-stangen zijn stangen voor het maken van ECO-radiatoren in type 10 en 11. De stangen zijn te zien in Figuur 13. Deze stang vormt dezelfde onder-aansluitingen als de andere USF-stang. Het verschil zit in een verticale buis die de onder-aansluiting verbindt met de nippel voor het thermostaatventiel boven aan de radiator. In een ECO-radiator met meerdere panelen vindt deze verbinding plaats doorheen de panelen.

Momenteel worden de USF-vert-stangen handmatig gelast in de werkplaats van de technische dienst. Wanneer beide high speed lijnen geen ECO-radiatoren type 10 of 11 maken, kan de stangenlasmachine ingezet worden voor het produceren van deze USF-vert-stangen die dan vervolgens in kisten verzameld worden.



Figuur 13: USF-Vert-stangen samenstelling

5 De USF-stangenlasmachine

5.1 Initieel project opzet

Sinds 2014 bouwt Stelrad ECO-radiatoren, momenteel 220 duizend per jaar. Sinds de introductie in de markt is de vraag naar dit type radiator sterk toenemend. Door deze stijgende verkoop, is er binnen de productie nood aan een herziening van de interne logistiek van de radiatoronderdelen.

Voor de productie van deze ECO-radiatoren kampt men met een plaatsgebrek tussen twee high-speed productielijnen. Dit is waar de manuele invoer van halffabricaten, de USF-stangen, gebeurt. Deze stangen bestaan in een groot aantal variaties en nemen veel stockageruimte in. De stangen worden momenteel aangevoerd op karren of in bakken uit het magazijn. Last-minute wijzigingen in de planning of afkeur tijdens het proces, zorgen voor regelmatige lijnstilstanden en vergissingen in de line-feeding. Ook zijn er bepaalde maten die minder frequent gebruikt worden. Deze varianten van USF-stangen nemen veel stockageruimte in en gaan daardoor corroderen, waardoor ze onbruikbaar worden.

Hierbij is er ook de vraag om de rendabiliteit en haalbaarheid te onderzoeken, om een machine te laten bouwen die de USF-stangen realtime en in-line samenstelt en invoert in de twee productielijnen. Hierdoor worden de stockage- en corrosieproblemen, alsmede de kans op foute invoer, tot nul herleid. De momenteel ingekochte USF-stangen, bestaan uit een voorgevormde buis (van verschillende lengtes) met op beide uiteinde een gelaste connector (van verschillende types).

Na een bezoek aan de toeleveranciers en na een grondige studie van de opbouw van de halffabricaten, zijn er verschillende machineconcepten opgesteld. Na overleg met het technisch management zijn de best haalbare concepten geselecteerd en aan potentiële machinebouwers voorgesteld. Deze hebben op hun beurt een kostenraming opgesteld. Daarna is een kostenbatenanalyse gemaakt. Aan de hand van deze analyse wordt het hele project al dan niet vrijgegeven.

In dit hoofdstuk wordt de haalbaarheid voor het bouwen van een machine om deze halffabricaten in-house samen te stellen bekeken.

5.2 Cyclustijd bepaling

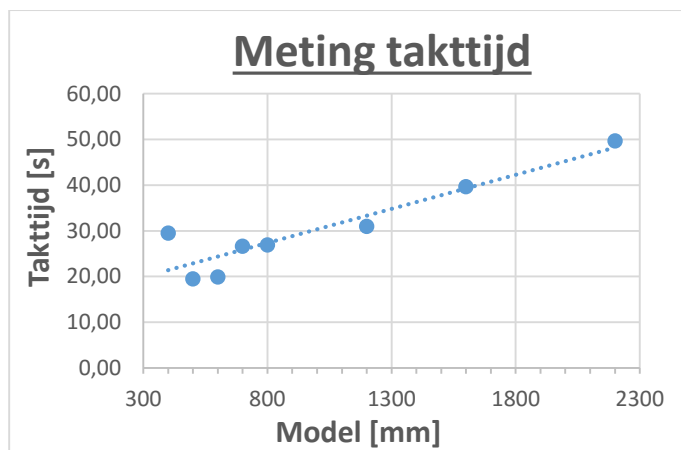
Het bepalen van de invoerfrequentie is noodzakelijk om de specificaties te kennen voor de bouw van een machine. Na het timen van de invoer van de USF-stangen bij worstcase model; type (21), en na het uitfilteren van storings, is de taktijd de bepalende factor voor de machine.

Hieronder zijn de verwerkte taktijden van de radiatoren type 21 te zien in Tabel 1, en Figuur 14

Tabel 1: Taktijd

Resultaten taktijd	
Model [mm]	Taktijd [s]
400	29,49
500	19,50
600	19,86
700	26,64
800	26,90
1200	30,91
1600	39,64
2200	49,66

De verwachting was dat de kleinste maat de kritische invoerfrequentie zou zijn. Uit de verwerkte meetresultaten kan er echter worden besloten dat dit niet zo is. De kleinste maat van radiator blijkt namelijk storingsgevoeliger te zijn.



Figuur 14: Grafiek meting taktijd

Hieruit komt de belangrijkste eis voor de machine, dat er worst-case iedere 19,5 seconden twee stangen moeten worden gemaakt door de stangenlasmachine. Dit aangezien we met één machine twee lijnen willen voorzien.

5.3 Connectoraanvoer

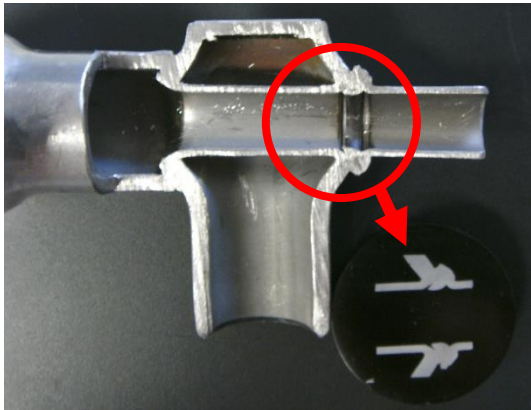
De input van de connectoren kan met drie bakken gebeuren, aangezien er om tussen type 21 of 22 te wisselen toch een ombouw nodig is. Het is mogelijk om met behulp van een 'bin pick' robot met 3D-visie de connectoren aan te voeren en te positioneren.

5.4 Lasproces

Bij de aanvang van het project was er geen duidelijkheid welke lastechniek er gebruikt wordt door de fabrikant. Het was duidelijk dat de lassen aan minimaal 15 bar druk moeten kunnen weerstaan. Om te zien welke lasmethode er gebruikt wordt, is er een materiaalstudie nodig. Op het eerste zicht gaat het om een wrijvings- of stuiklas.

5.4.1 Lasonderzoek

Om een lasstudie te kunnen doen is er een dwarsdoornede gemaakt. Hierna is er een stuk uitgesneden en inbed in bakeliet. Vervolgens fijn geschuurd met korrel 2500, en vervolgens met diamantpasta gepolijst. Om de metaalstructuur bloot te leggen is de doorsnede daarna geëtsd met salpeterzuur, zoals te zien in Figuur 15.



Figuur 15: Dwarsdoorsnede gelaste rechtse connector type 22

Tenslotte is de doorsnede onder de microscoop gelegd. Uit deze doorsnede kunnen we afleiden dat het om een stuiklas gaat. Stuiklassen is een projectielastechniek, ook wel weerstandlasproces genoemd. Dit is af te leiden uit de materiaalstructuur zoals te zien is in Figuur 16. In dit soort lasproces worden, door het verwarmen met een elektrische stroom, twee voorwerpen met elkaar verbonden door deze samen te drukken en in elkaar te laten smelten.



Figuur 16: Doorsnede microscoop: lens x30

5.4.2 Lastechniek projectielassen

Het lasproces is gebeurd zonder toevoeging van extra materiaal. In Figuur 17 zijn alle lasprocessen en hun mogelijke methodes weergegeven. In dit geval is de lasbron een driefase gelijkrichting die geconverteerd wordt naar een inverted DC spanning van duizend Hertz. Deze techniek is ideaal voor toepassingen zoals het projectielassen.

Schematic Diagram	Spot Welding	Projection Welding	Seam Welding	Flash Butt / Butt Welding
Single Phase AC				
Capacitor Discharge DC			—	—
Three Phase Rectified DC				
Three Phase Inverter DC				

Figuur 17: Lasmethodes [5]

Het grote voordeel van de weerstandlastechniek is dat er geen beschermend gas nodig is. Dit is aangezien er geen ruimte tussen de te lassen delen aanwezig is, waardoor er geen zuurstof of vervuilingen aanwezig zullen zijn. Tevens is er geen materiaal toevoeging en ook geen nabewerking meer nodig, wat het proces ook vereenvoudigt.

De weerstand die nodig is voor het lassen, bevindt zich optimaal en vooral in de verbinding tussen het contact oppervlak van de te lassen onderdelen. Er zal een grote stroom lopen in dit contactoppervlak, waardoor dit een temperatuursverhoging met zich mee brengt. Het metaalcontactvlak zal zacht worden en smelten. De te lassen voorwerpen zullen zich in de projectie met elkaar binden, vandaar de benaming projectielas.

De ontstane warmte:

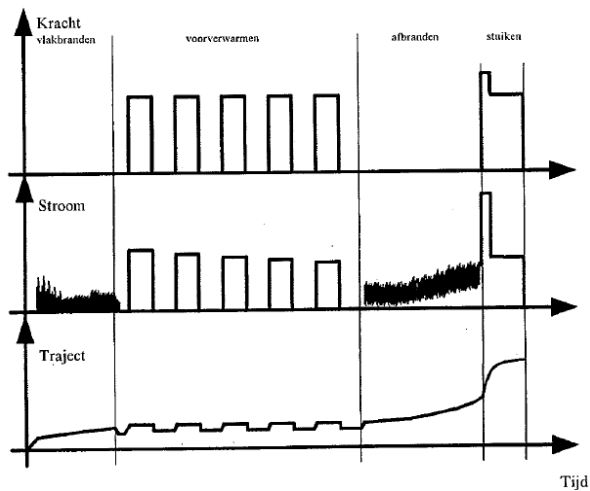
$$Q = I^2 R t$$

- Q: ontwikkelde warmte in Joule,
- I: lasstroom in Ampere,
- R: Weerstand in Ohm,
- T: tijd van het lasprocede seconden.

De aangelegde spanning zal relatief laag zijn.

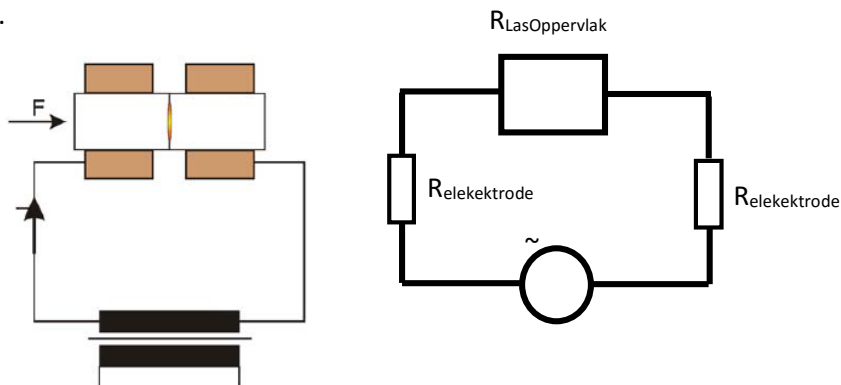
Door een druk op de onderdelen te plaatsen, zullen de metalen sneller gaan binden. De aangelegde druk is enkel om de metalen in elkaar te laten vloeien en niet om de materialen in elkaar te drukken, anders wordt dit zoals in het vakjargon een "plaklas" genoemd.

Voor het instellen van de parameters is het dus belangrijk dat de stroom voldoende groot is tijdens het lassen. De lasperiode moet lang genoeg zijn en de druk mag niet te hoog zijn. Dit lasproces is te zien in Figuur 18. Voor dit soort lastoepassing is de procestijd een drietal seconden, met een werkdruk van 5 bar. De stroominstelling is afhankelijk van de zuiverheid van het contactoppervlak en de grootte van de soortelijke elektrische weerstand van het materiaal.



Figuur 18: Lasproces [7]

De laselektroden zijn meestal van koper en worden vaak watergekoeld, dit om de soortelijke weerstand van de elektroden te kunnen verwaarlozen, zoals te zien in Lasproces weerstanden Figuur 19.



Figuur 19: Lasproces weerstanden

De laselektroden moeten wel specifiek voor de toepassing worden ontworpen, zodat ze een goede connectie met de te lassen onderdelen vormen; zoals te zien in onderstaande Figuur 20.

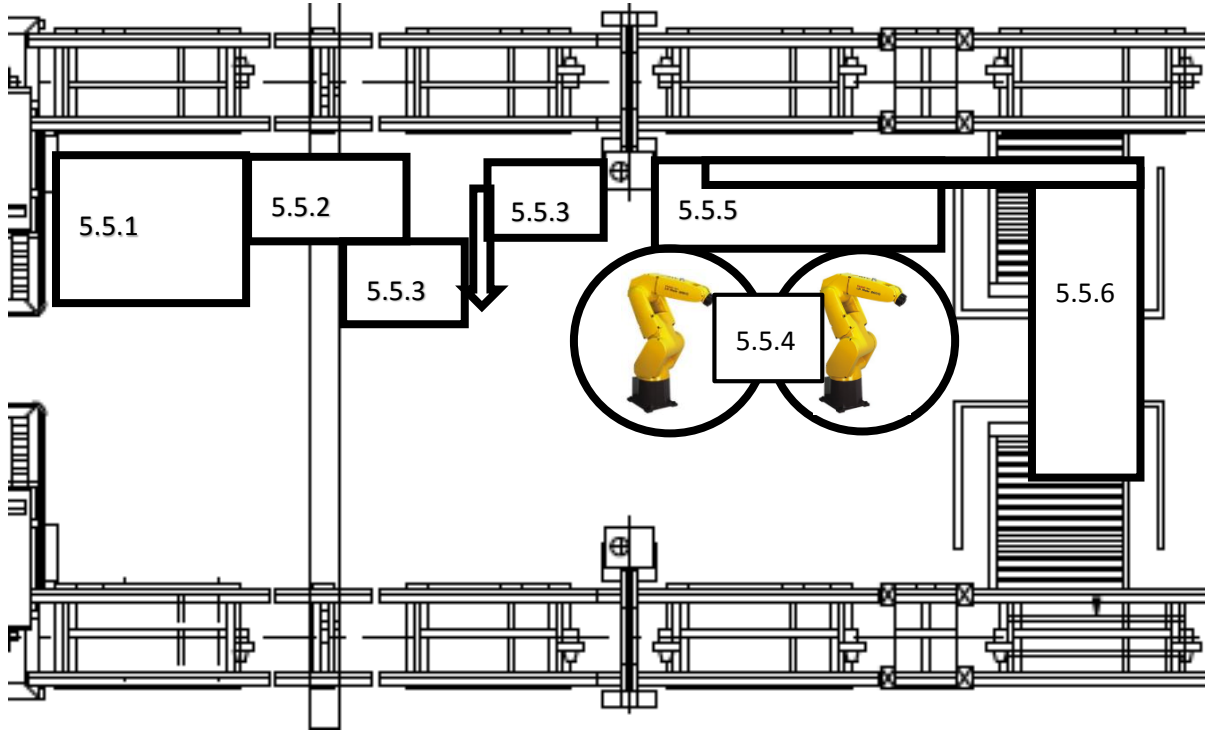


Figuur 20: Specifieke las-elektrode connector

Tenslotte gaan we gedurende het lasproces de stromen en drukken controleren. Dit wordt gedaan door gebruik te maken van een lasbeveiliging die de stroom en druk constant monitort. De stromen en drukken mogen een maximale afwijking van vijf procent hebben.

5.5 Machineconcept

Het gemaakte machineconcept bestaat uit verschillende machinedelen, zoals te zien is in onderstaande Figuur 21. Dit concept is aan verschillende potentiële machinebouwers voorgesteld, waarna deze op hun beurt een kostenraming hebben opgesteld om deze machine 'turn-key' af te leveren aan Stelrad. Met deze kostenramingen is de projecthaalbaarheid geëvalueerd.



Figuur 21: Machineconcept

5.5.1 Buis-invoer

De buistoevoer kan zowel gebeuren met buis op rol als met buizen van een standaardlengte. Het werken met buis op rol is interessanter aangezien we hierbij minder afval hebben. Het nadeel is echter wel dat de buis gerecht moet worden en dat de rollen met behulp van een takel moeten worden aangevoerd op de snijmachine. De standaardlengtes zijn eenvoudiger hanteerbaar, maar hebben wel tot 20% meer afval.

5.5.2 Snij-unit

Voor het op maat snijden van de buis, kan er geen verspanende bewerking worden gebruikt. Dit kan niet aangezien er in de afgewerkte buis absoluut geen spanen mogen achterblijven. Daarom wordt er voor het conceptontwerp gekozen voor het gebruik van 'chipless cutting'. Bij deze snijtechniek wordt de buis licht ingesneden en vervolgens uit elkaar getrokken. Deze snijtechniek verzekert ons dat er geen spanen in de buis zullen achterblijven.

5.5.3 Buisseind vormen

Om te kunnen stuiklassen moet er op beide uiteinden van de buis een uitstulping worden gevormd. Deze uitstulpingen worden gevormd door deze aan de uiteindes te persen. Aangezien we de beide uiteinden moeten vormen binnen een vrij korte taktijd, hebben we twee units nodig om dit te kunnen realiseren.

5.5.4 Connectoraanvoer

Voor de connectoraanvoer wordt geopteerd om via '3D-binpicking' van Fanuc de connectoren in de las-unit te plaatsen. Iedere 19,5 seconden zijn er vier connectoren nodig; daarom wordt hier ook geopteerd om deze met twee robots aan te voeren.

5.5.5 Lasproces

Het lasproces is een weerstandlasproces, waarvoor er specifieke elektroden nodig zijn om de te lassen onderdelen te klemmen. De lasmachine bestaat uit twee custom-made modules. Elke module zal één connector op de buis lassen.

5.5.6 Transport

De afvoer van de geproduceerde stangen naar de invoerbuffer van de twee high speed lijnen zal gebeuren middels een overhead-conveyor.

5.5.7 Safety

Bij wijzigingen aan de bestaande hardware, is het van groot belang dat de veiligheid gegarandeerd is. Alles dient volgens de moderne richtlijnen van machineveiligheid gemonteerd en aangesloten te worden. Het gehele systeem moet voorzien worden van hekwerken. Het dragen van PBM's is al verplicht binnen Stelrad, en vormt dus geen extra complexiteit.

5.5.8 Lijnintegratie

Er wordt een machine gevraagd die beide lijnen gelijktijdig kan voeden met de juiste maat stangen, dit is planning afhankelijk. De stangen moeten FIFO worden geproduceerd, aangestuurd door de vraag van beide lijnen. Het kan echter zijn dat geen, één of beide lijnen USF-stangen nodig hebben. Op beide lijnen wordt door de operator de productieplanning ingegeven in type- en lengtemaat. In de nabije toekomst wordt de planning automatisch gegenereerd door het ERP-systeem en middels ALC. De aansturing voor de nieuwe machine moet volledig geïntegreerd worden in dit systeem.

5.5.9 Onderhoud

De gehele machine moet transporteerbaar zijn voor verder onderhoud. Voor het onderhoud van de high speed lijnen moet er voldoende ruimte voorzien of vrijgemaakt kunnen worden om delen uit de lijn te kunnen halen. Zo zitten er in de high speed lijnen machines als de side trimmer, de opdeelschaar en de hoekknip-pers die in hun geheel worden uitgenomen voor revisie. Ook moet er een doorgang voor palletwagens worden vrijgehouden.

5.6 Bepaling kosten

Voor het bepalen van de terugverdientijd van de machine, wordt er eerst becijferd in welke mate er bespaard kan worden.

5.6.1 Stockkost

Om de ruimtekosten voor het stockeren van de USF-stangen te bepalen is er eerst onderzocht hoeveel, en voor welk bedrag er in stock staat. Momenteel wordt 345 m² magazijn gebruikt voor de opslag van de stangen. Er is een gemiddelde voorraad van drie tot vier maanden voor de productie van ECO-radiatoren, waarvan de waarde bekend is. De algemene ruimtekosten binnen het bedrijf liggen rond de 20%. Uit deze gegevens kon afgeleid worden, dat de stockage van stangen per jaar gemiddeld 59duizend euro kost.

5.6.2 Corrosie

De leverancier van de USF-stangen geeft slechts 3 maanden garantie tegen roest. Aangezien er bepaalde modellen zijn die slechts in kleine hoeveelheden worden verkocht, zijn er stangen die voor lange tijd opgeslagen liggen. Deze delen gaan dan zodanig roesten dat ze onbruikbaar worden, zoals te zien in Figuur 22. Verroeste delen worden verschroot.



Figuur 22: Gecorrodeerde connector

De fabrikant van de stangen brengt een anticorrosieve olie aan op de stangen. Andere behandelingen zijn niet mogelijk, aangezien de radiatoren voor het lakken anders meer moeten worden gespoeld. Indien er nog olieresten aanwezig zijn tijdens het lakken, krijgen we pinholes in de uiteindelijke laklagen. Het vernietigen van gecorrodeerde stangen kost per jaar gemiddeld 4,7duizend euro.

5.6.3 Lijnstilstand

Bij de ECO-radiatorproductie gebeurt de USF-stang-invoer middels manuele toevoeging op een conveyor. Vanaf deze conveyor wordt de stang door een pick and place robot in de lijn gebracht. Aan de invoer-conveyor zijn er verscheidende oorzaken van lijnstop.

Deze oorzaken zijn bijvoorbeeld:

- Niet tijdig bijvullen van stangen,
- Foutieve volgorde inleg,
- Te weinig onderdelen aan de lijn.

Deze lijnstilstanden zijn een aanzienlijke kost voor het bedrijf. Ze zorgen per shift tot een kwartier lijnstilstand. Al deze oorzaken van lijnstilstanden aan de handmatige stangeninvoer worden in rekening gebracht bij de calculatie van de rendabiliteit van de bouw van een stangenlasmachine.

Per lijn zorgt de foutieve inleg al snel tot een gemiddelde van 16,2duizend euro per jaar; het niet tijdig bijvullen zorgt tot gemiddeld 9,7duizend euro per jaar en het te weinig aanvoeren van onderdelen zorgt tot gemiddeld 22,63duizend euro per jaar. Al deze oorzaken tot lijnstilstanden kosten in totaal 48,5duizend euro per jaar.

5.7 Besluit Kosten-Baten

Na met verschillende machinebouwers te hebben gekeken welke mogelijkheden er zijn voor het bouwen van een lasmachine, met hun visie en ideeën over het concept, zijn er door de geïnteresseerde partijen kostenramingen gemaakt.

De kostenraming van de machinebouwers zat tussen de 0,85 en 1 miljoen euro.

De kostenbesparing op jaarbasis ligt rond de 65 duizend euro per jaar. De volledige berekeningen zijn terug te vinden in bijlage B.

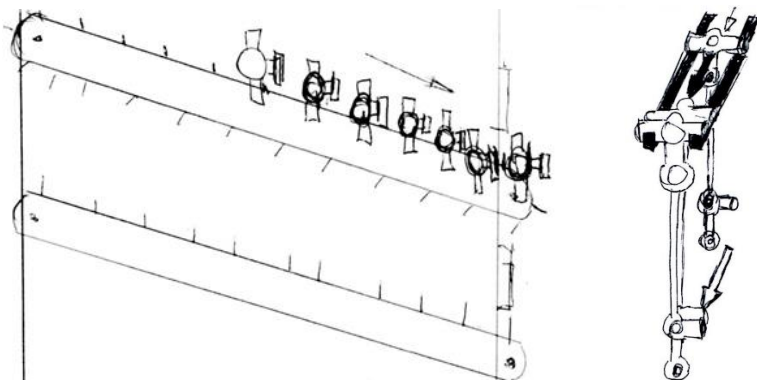
Aangezien dat dit soort projecten binnen de Ideal group, tussen de drie à vier jaar terugbetaald moet zijn, gaat dit project helaas niet worden geïmplementeerd.

Mede ook door de onzekerheid van het voortbestaan van het huidige ontwerp van de ECO-radiatoren met linkse aansluiting, die de meeste lijnstilstand veroorzaken, is daardoor de huidige berekening minder relevant.

Daarnaast is er het dilemma: Indien we de machine bouwen voor alle maten, inclusief de weinig voorkomende varianten(die moeilijker te maken zijn), wordt de machine complex en duur. Indien we de weinig voorkomende maten zouden inkopen, wordt de machine goedkoper maar vervalt het concept van in-line flexibel produceren.

5.8 Alternatief

Om de lijnstilstanden alsnog te reduceren, wordt er momenteel een kanban-systeem uitgewerkt om de stangen aan de lijn aan te voeren. Hiermee willen we de lijnstilstand die te wijten is aan het tekort van aangevoerde stangen tot nul gaan reduceren. Het gehele kanban-systeem zal overzichtelijker zijn dan de bakken en karren die momenteel aan de lijn staan. Dit zal ook de kwaliteit ten goede komen. Bij het ontwerp wordt er gelet op ergonomie en veiligheid. Dit om het werkverlet en de ongevallen die te wijten zijn aan de manuele invoer van de USF-stangen te reduceren. Voor het systeem zijn er concepten uitgetekend, waarmee naar leveranciers van kanban-systemen is gegaan. We willen het aanvoeren van de stangen niet gewoon via bakken doen, maar de stangen in een slim systeem plaatsen. Als er een stang uit het systeem wordt gehaald, zal de volgende stang zich naar de positie van de weggenomen stang begeven. Hierdoor is het voor een operator eenvoudiger en ergonomisch aangenamer om de stangen uit te halen. Deze concepten zijn te zien in Figuur 23



Figuur 23: Concept schetsen kanban USF-stangen

6 Productie- en kwaliteitverbeteringprojecten

Door gebruik te maken van verscheidene Lean-manufacturing technieken worden momenteel al de lijnen geoptimaliseerd door de technische dienst. Daarom worden op de high speed lijnen verscheidene verbeteringsprojecten gedaan. Hierbij zijn er verschillende machineconcepten gemaakt om de productiestilstanden te verminderen en de omsteltijden te reduceren.

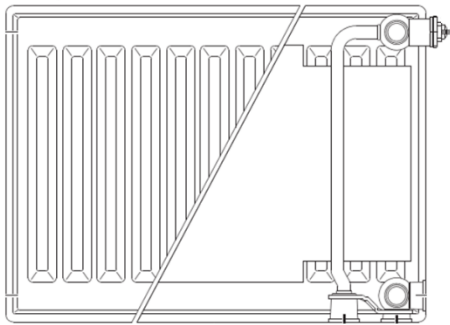
Deze verbeteringsprojecten waren zowel productie als kwaliteit gerelateerd.

6.1 Testunits

Bij de testunits worden de radiatoren getest op dichtheid alvorens ze naar de laklijn gaan. Voor de lekkagetest wordt de radiator in een water-oplossing ondergedompeld. Hier wordt er perslucht van 10 bar op de radiatoraansluitingen geplaatst.

6.1.1 Probleemstelling

Op high speed lijn 3 worden de novello-radiatoren geproduceerd . Dit zijn de radiatoren waarbij de aansluitbuis voor het thermostatisch ventiel verwerkt zit in de radiator, zodat deze na afwerking niet meer zichtbaar is. De buis zit tussen de panelen in de radiator verwerkt, zoals te zien in Figuur 24.



Figuur 24: Novello-radiator

Het probleem is echter dat de ventielaansluitnippel 8 à 9mm uitsteekt ten opzichte van de andere nippels, zoals te zien in Figuur 25. Hierdoor gaan de rubbers van de teststoppen op de testunit sneller slijten. Ook komen de novello-radiatoren vaker scheef in de testunit binnen. Hierdoor sluit de teststop niet aan met de radiatornippel en is de dichtheidstest waardeloos. Door dit probleem gaan vaak lekkende radiatoren toch door.

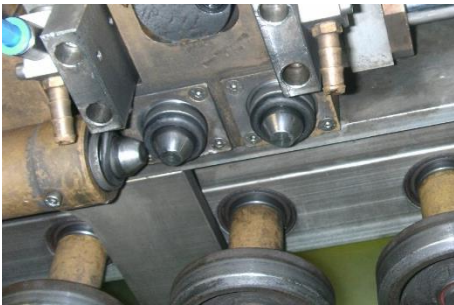


Figuur 25: Uitstekende ventielnippel novello

Ook heeft de novello-radiator een onderaansluiting, zie Figuur 26. Deze aansluiting geeft ook vaker problemen doordat de teststoppen hier niet goed aansluiten. Deze teststoppen zijn te zien in Figuur 27. Het slecht aansluiten komt doordat de radiator scheef is ingelopen. De oorzaak van dit scheeflopen in de testunit is vooral te herleiden tot de uitstekende nippel.



Figuur 26: Novello aansluiting onderzijde



Figuur 27: Teststoppen novello aansluiting onderzijde

6.1.2 Ontwerp nieuwe drukstoppen

Het belangrijkste deel voor de nieuwe teststoppen is het opvangen van maatafwijkingen op de nippels. Dit om het aantal onterecht goedgekeurde toch lekkende radiatoren tegen te gaan. De opdracht bestaat erin om de bestaande teststoppen te gaan herbekijken. Bij de nieuwe teststoppen zullen we geen gebruik meer maken van O-ringen, zoals op de oude teststop uit Figuur 28 te zien is.

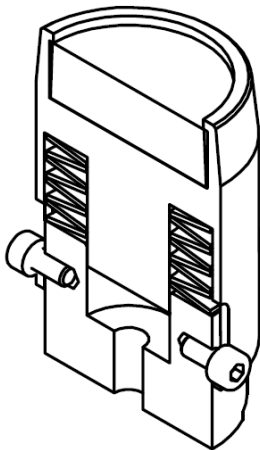


Figuur 28: Oud type drukstop

In het nieuwe ontwerp gaan er rubberen stoppen gebruikt worden om de radiator nippels af te dichten. Deze afdichtstoppen worden nu al gebruikt in de testunits op high speed lijnen 1&2.

Voor het opvangen van de afwijking door het uitsteken van de nippel kan er een actieve compensatie worden gebruikt. Hier zou de afwijking van de nippel met behulp van een pneumatische zuiger of balg kunnen worden opgevangen. Dit zou echter weer een grote aanpassing van de testunit vragen en er zou een redelijk hoge prijs gepaard gaan met deze implementatie. Dit aangezien hier ook een stuurventiel in het systeem moet worden geïnstalleerd.

Daarom zal de afwijking worden opgevangen door gebruik te maken van passieve compensatiemiddelen. Hierbij is er een ontwerp gemaakt waarin met behulp van schotelveren een nippelafwijking tot 10,6mm wordt opgevangen. Het nieuwe ontwerp is te zien in Figuur 29.



Figuur 29: Nieuwe teststop met compensatie

Tevens zijn de tekeningen terug te vinden in Bijlage C.

6.2 SI-puntlasmachine SMED-balk

De SI-puntlasmachine is een machineblok uit high speed lijn 3. Zie Figuur 30. Deze lijn is pas sinds een half jaar operationeel in Nuth. Het is een tweedehands productielijn die momenteel wordt geoptimaliseerd door de technische dienst. Op termijn moet deze lijn zorgen dat de productiedruk op de andere lijnen wordt verminderd. Aangezien de ombouwtijd van deze lijn twee keer zo lang is als de andere lijnen, wordt de hoogteomstelling op deze lijn zoveel mogelijk vermeden.

In het deel van deze high speed lijn, dat momenteel geoptimaliseerd wordt, voert een operator convectormatten in. Daarna worden deze matten gepuntlast op een radiatorpaneel. Men produceert op deze lijn zes verschillende bouwhoogtes.



Figuur 30: SI-puntlasmachine

6.2.1 Probleemstelling

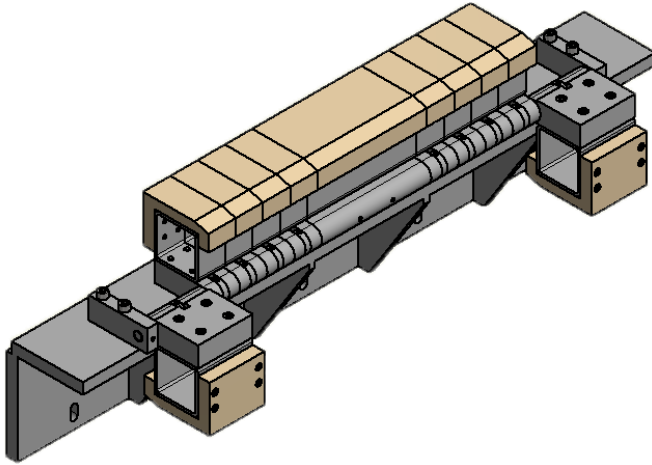
De meerpuntlas heeft momenteel een relatief hoge omsteltijd bij de omstelling van bouwhoogtes. Hier moeten tijdens de ombouw drie drukbalken worden vervangen, door ze los te schroeven en te vervangen door balken voor een andere hoogte. Door het vervangen van de oude drukbalken, zoals in Figuur 31, door een nieuw type drukbalk met SMED-ontwerp zal de ombouwtijd drastisch verlagen.



Figuur 31: Drukbalen meerpuntlas

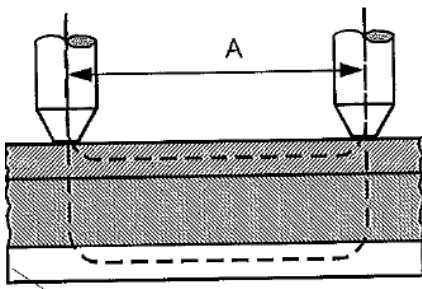
6.2.2 Nieuw design

Het nieuwe ontwerp zorgt er voor dat we met één drukbalk alle hoogtes kunnen fabriceren door de drukbalk opklapbaar te maken, zoals in Figuur 32. Hierdoor zal de omsteltijd gereduceerd worden naar seconden in plaats van minuten; OTED (One-Touch Exchange of Die). De tekeningen zijn terug te vinden in Bijlage D.



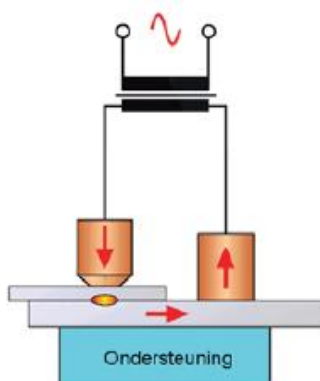
Figuur 32: SI-puntlasmachine SMED-balk

Verder is het bij deze drukbalken belangrijk dat er een niet geleidend materiaal gebruikt wordt voor het drukoppervlak. Anders zou er een las tussen het radiatorpaneel en de drukbalk kunnen ontstaan. De drukbalk gaat anders ook voor extra lekstromen zorgen, zoals te zien in Figuur 33.



Figuur 33: lekstroom foutieve drukbalk [6]

Binnen deze lasmethode is het belangrijk dat het radiatorpaneel de stroom zal geleiden tussen twee laspunten. De convectormat is van dun staal, dus zal de grootste stroom door het radiatorpaneel gaan. Het contactoppervlak van de convector-mat tussen de las-punt en het radiatorpaneel zal opwarmen en zich vasthechten aan het radiatorpaneel, zoals weergegeven in Figuur 34.



Figuur 34: Correct eenzijdig puntlassen [6]

6.2.3 Opbrengsten ombouwtijdreductie

De hoogte-omsteltijden van high speed lijn 3 worden momenteel gereduceerd. Deze ombouw duurt een tweetal uren. Dit gebeurt bij de andere lijnen in ongeveer de helft van de tijd. Doordat dit zolang duurt wordt er momenteel gemiddeld slechts twee keer per week omgebouwd. Dit aangezien er weinig flexibiliteit mogelijk is. De lijnen zullen vaker worden omgebouwd als de omsteltijd gereduceerd wordt. Omdat de drukbalken bij bouwhoogte-ombouw niet telkens meer worden vervangen, gaat de omsteltijd drastisch verminderen.

Door het inbouwen van deze SMED-methodes maken we de productielijn dus veel flexibeler. Door de omsteltijd te halveren zullen we op jaarbasis tot 70duizend euro kunnen besparen. De SMED-druk balk voor de SI-puntlasmachine heeft dus een korte terugverdientijd.

Besluit

Binnen deze masterproef is er onderzocht of het rendabel is om een machine te bouwen voor het real-time, in-house samenstellen van USF-stangen voor de productie van ECO-radiatoren. Na een bezoek aan de toeleveranciers en na een grondige studie van de opbouw van de halffabricaten, is een machineconcept opgesteld. Vervolgens is dit concept aan potentiële machinebouwers voorgesteld. Deze hebben op hun beurt een kostenraming opgesteld. Daarna is er een kosten-batenanalyse gemaakt. Hieruit is besloten om het hele project te weerhouden, dit wegens een te lange terugverdientijd. Daarnaast wordt er momenteel gewerkt aan een kanban-systeem voor de stangenaanvoer, om de lijnstilstanden te elimineren en om de ergonomie en de kwaliteit te verbeteren.

Ook zijn de teststoppen voor de dichtheidscontrole opnieuw ontworpen, dit om afwijkingen in de radiatorrippels op te vangen. Hiervan was de testzekerheid niet meer gegarandeerd. In het nieuwe ontwerp is gebruik gemaakt van een passieve compensatie. Deze passieve compensatie is veel goedkoper in bouw dan actieve compensatie en is tevens ook minder duur in revisie. Na de implementatie van deze nieuwe teststoppen is de testzekerheid en dus ook de kwaliteit van de goedgekeurde radiatoren gegarandeerd.

Tenslotte worden bij de SI-puntlasmachine de drukk balken vervangen door nieuwe balken met SMED-ontwerp. Deze investering is op zeer korte termijn terugverdiend. Tevens zal dit in de toekomst een blijvende omsteltijdsvermindering tot gevolg hebben, alsmede de flexibiliteit van de lijn verhogen. Dit past perfect binnen de "Lean Manufacturingfilosofie" van Stelrad.

Literatuurlijst

- [1] N.V., H. (2015). Technische informatie Henrad premium eco radiator (de juiste warmte). http://www.henrad.eu/henrad_nl/wp-content/uploads/2015/04/HR-ECO-TD-NL-2015.pdf
Geraadpleegd op 24 September 2015
- [2] Xu, W., Li, C., Zhao, D., Li, J., & Qian, Y. (2015). The System Design of Full Servo Planetary Pole Symmetric Pipe Cutting Machine, (Icismme), 302–307 Geraadpleegd op 7 Oktober 2015
- [3] FANUC Benelux BVBA (2015). *Producten/robots*.
<http://www.fanuc.eu/be/en/robots/accessories/vision> Geraadpleegd op 8 Oktober 2015
- [4] ERW-HFW(HIGH-FREQUENCY WELDED) CARBON PIPES PREFERRED, BETTER - HYSB | Steel Pipe Supplier. (n.d.). Retrieved November 30, 2015, from <http://www.hysteelpipe.com/news-blog/erw-hfw-high-frequency-welded-carbon-welded-pipes-preferred-better/> Geraadpleegd op 23 Oktober 2015
- [5] Dahching Electric Industrial Co., L. (n.d.). Lasmethodes. *Address: No.1-57, Gananan Li, Anding Dist., Tainan City, Taiwan*. Retrieved from <http://www.welding-machine-dahching.com/about-welding.htm#> Geraadpleegd op 28 Oktober 2015
- [6] Bodt, H. (Ed.). (209AD). VM127 - Weerstandlassen. Zoetermeer. Retrieved from <https://hbo-kennisbank.nl/record/oai:repository.samenmaken.nl:smpid:38351> Geraadpleegd op 3 November 2015
- [7] Weerstandslastechnieken Schlatter.pdf. (n.d.). H.A. Schlatter AF CH-8952 Schlieren.
Geraadpleegd op 22 Oktober 2015

Bijlagen (Zie Cd-rom)

Bijlage A: Algemene tekening USF-stangen

Bijlage B: Kostprijsberekening USF-stangen

Bijlage C: Teststoppen

Bijlage D: SI-puntlasmachine SMED-balk

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Studie stangenlasmachine & verbeteringsprojecten voor de productie van eco-radiatoren

Richting: **master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering**

Jaar: **2016**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Braekers, Wim

Datum: **19/01/2016**