

Woord vooraf

Geachte lezer,

deze thesis is het eindpunt van onze vierjarige opleiding tot industrieel ingenieur. Hierin wordt de analyse van het ontstaan van luchtinsluitingen en de reductie ervan tijdens het extusieproces van aluminiumprofielen beschreven. Deze opdracht liep van september 2015 t.e.m. mei 2016 en ging door bij het bedrijf E-MAX PROFILES te Dilsen-Stokkem.

Wij willen hiervoor graag de heren Frans Van Looy, onze externe promotor, en Jack Martens bedanken om ons de kans te geven het bedrijf te leren kennen, de nodige ervaring op te doen en ons met raad en daad bij te staan. In de tweede plaats, maar niet minder belangrijk, willen we dr. ing. Karel Kellens, onze interne promotor, bedanken voor zijn goede raad en opmerkingen. Verder ook nog veel dank aan de werknemers van E-MAX voor hun hulp en uitleg.

Hiernaast ook nog een speciaal dankwoord aan ing. Koen Libens voor zijn hulp bij het klaarmaken en bekijken van de microstructuur van monsters en ing. Adèle Peeters voor haar hulp bij het bereiden van chemicaliën en dhr. Eric Dirkx voor het helpen met het voorbereiden van de monsters van de profielen. Wij willen ook nog dhr. Carlos Kampen bedanken voor het helpen bij het begrijpen van de microstructuren.

Tot slot nog een dankwoord naar familie en vrienden voor hulp en steun tijdens de uitvoering van deze thesis.

Inhoudsopgave

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. Probleemstelling	16
1.3. Doelstellingen	17
1.4. Materiaal en methode	18
2. Inleiding tot aluminium extrusiewereld	19
2.1. Het aluminium	19
2.2. Voorbehandeling van het aluminium	20
2.3. De extrusiepersinstallatie	20
2.4. Het eigenlijke profiel	27
3. Literatuurstudie	29
3.1. Oorzaken blaren	29
3.2. Matrijzen	38
3.3. Ledigingsdiagramma's / aluminiumstroom in billet	41
3.4. Microstructuur	44
4. Observatie extrusiepers	47
4.1. Verloop	47
4.2. Bijgehouden parameters	47
4.3. Taperheating	58
4.4. Test met vreemd materiaal	59
4.5. Middle blaren linken aan dubbele blokken	59

5. Identificatie van oorzaken van luchtinsluitingen.....	61
5.1. Inleiding	61
5.2. Microstructuur	61
5.3. Waterstofgas	63
5.4. Oorzaken van front-end blaren.....	64
5.5. Oorzaken van middle blaren.....	66
5.6. Oorzaken van back-end blaren	67
6. Identificatie van potentiële oplossingen ter vermindering van blaarvorming.....	77
6.1. Dubbele blok	77
6.2. Invoer berekeningen	78
6.3. Persen met maximale bloklengte.....	80
6.4. Persen met bloklengte met maximale winst	82
6.5. Persen met optimale bloklengte	84
6.6. Schrootreductie.....	86
7. Besluit	89
Literatuurlijst	91
Bijlagen.....	93

Lijst van tabellen

Tabel 1: Afstand stilstandsmarkering tot lasovergang voor verschillende profielen	54
Tabel 2: Taperheating orders pers 1	59
Tabel 3: Afstand middle blaren bij dubbele blokken pers 2.....	60
Tabel 4: Invoer kostenanalyse voor pers 2.....	79
Tabel 5: Onkostenverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij maximale bloklengte .	81
Tabel 6: Schrootpercentageverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij maximale bloklengte.....	82
Tabel 7: Onkostenverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij bloklengte met maximale winst	83
Tabel 8: Schrootpercentageverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij bloklengte met maximale winst	84
Tabel 9: Optimale bloklengtes	85
Tabel 10: Voorgestelde profiellengtes met profielgewicht van 6 kg/m en profiellengte van 2000 mm	86
Tabel 11: Bepaling reductie schrootpercentage pers 2.....	88

Lijst van figuren

Figuur 1.1: Structuur Vaessen Industries [4].....	15
Figuur 1.2: Closed loop-principe.....	16
Figuur 1.3: Profiel met blaarvorming.....	16
Figuur 2.1: Directe extrusie [9].....	21
Figuur 2.2: Indirecte extrusie [9].....	21
Figuur 2.3: Onderdelen extrusiepers	21
Figuur 2.4: Ligging billet in container	22
Figuur 2.5: Doorsnede persschijf	23
Figuur 2.6: Onderdelen matrijspakket [10]	24
Figuur 2.7: Verwijderen van de persrest met schaarmes.....	25
Figuur 2.8: Bovenaanzicht met aanduiding van persrichting.....	25
Figuur 2.9: Stilstandsmarkering	26
Figuur 2.10: Stilstandsmarkering en lasovergang	26
Figuur 3.1: Benoeming plaats blaren t.o.v. stilstandsmarkering	30
Figuur 3.2: Afscharen van een goede persrest (links) en een te dikke persrest (rechts).....	31
Figuur 3.3: Te dunne persrest [16]	32
Figuur 3.4: Zones billet	32
Figuur 3.5: Billet process efficiency [17].....	33
Figuur 3.6: Positieve taper heating [12]	34
Figuur 3.7: Zijaanzicht billet warme schaar	34
Figuur 3.8: Stuiken van een dubbele blok.....	35
Figuur 3.9: Aansluiting tussen billet 1 en billet 2 (geëts) [20].....	35
Figuur 3.10: Persen van gebogen billet	37
Figuur 3.11: 6-gats vlakmatrijs (links) & Configuratie voor vlakmatrijzen (rechts) [23].....	39
Figuur 3.12: 4-gats pocket matrijs & Configuratie voor pocket matrijzen [23].....	39
Figuur 3.13: Configuratie voor pancake hollow matrijzen [23].....	40
Figuur 3.14: Materiaalstroom in hollow matrijs [24]	40
Figuur 3.15: Experimentele vloeipatronen [25]	41
Figuur 3.16: Theoretisch vervormingspatroon van directe extrusie [24]	41
Figuur 3.17: Instroom van billethuid in het profiel [24] (extrusierichting van boven naar onder)	42
Figuur 3.18: Manuele constructie ledigingsdiagram [27]	42
Figuur 3.19: FEM-constructie ledigingsdiagram [27].....	43
Figuur 3.20: Ledigingsdiagram voor ideale extrusie door solid matrijzen [27].....	43
Figuur 3.21: Ledigingsdiagram voor ideale extrusie door hollow matrijzen [27].....	44
Figuur 4.1: Dubbele blok B cyclus.....	48
Figuur 4.2: Aanduiding plaats front, middle en back blaren op profiel	50
Figuur 4.3: Aanduiding afstand defect tot stilstandsmarkering.....	50
Figuur 4.4: Aanduiding afstand stilstandsmarkering tot lasovergang	51
Figuur 4.5: Bepalen van afstand stilstand tot lasovergang bij profiel 9282	51
Figuur 4.6: Lasovergang profiel 9282	52
Figuur 4.7: Aluminium in de matrijs [24]	52
Figuur 4.8: Doorsnede bevel ring.....	53
Figuur 4.9: Parameters berekening inhoud afgeknotte kegel [30].....	53
Figuur 4.10: Aanduiding plaats front-end, middle en back-end blaren.....	55
Figuur 4.11: Afstand defect tot lasovergang	56
Figuur 4.12: Foto persrest met blaren.....	57
Figuur 4.13: Slechte matrijssnede na afscharen persrest.....	58

Figuur 5.1: Doorsnede blaar1	61
Figuur 5.2: Blaar 1 (250 μm)	62
Figuur 5.3: Microstructuur	63
Figuur 5.4: Leegtrekken van de matrijs.....	64
Figuur 5.5: Leegtrekken van de matrijs bovenkant	65
Figuur 5.6: Contactoppervlak billet en aluminium in matrijs	65
Figuur 5.7: Op lengte brengen van de billet.....	66
Figuur 5.8: Binnenbus van de container.....	67
Figuur 5.9: E-MAX % blaren t.o.v. gezaagde kg 's pers 2 2015	68
Figuur 5.10: Uitlijnen van de persschijf	69
Figuur 5.11: Profiel 9282 contour insleep.....	69
Figuur 5.12: Hollowprofiel back-end blaar	70
Figuur 5.13: Lasovergang samengestelde beelden.....	70
Figuur 5.14: Lasovergang profiel 9282	71
Figuur 5.15: Lasovergang ovaal detail	71
Figuur 5.16: Samengestelde beelden back-end blaar	72
Figuur 5.17: Doorsnede persrest	73
Figuur 5.18: Dubbele blok.....	74
Figuur 5.19: Temperatuurverloop van A-cylus en B-cylus	75
Figuur 6.1: Overgebleven stamlengtes	84
Figuur 1: Blaar 1 linkerhoek (250 μm)	127
Figuur 2: Blaar 1 (1000 μm)	127
Figuur 3: Blaar 2 (250 μm)	128
Figuur 4: Blaar 2 (1000 μm)	128
Figuur 5: Blaar profiel 9282 samenstelling microscoopfoto's.....	129

Verklarende woordenlijst

Back-end: plaats op het profiel. Dit is de laatste 15% van de lengte van een profiel voor de lasovergang met het volgend profiel.

CAD/CAM: computer aided design / computer aided machining.

CNC: computer numerical control. Computergestuurde aansturing van de positie van de assen van een (verspanings)machine.

Die: Engels voor matrijs.

EDM: electronic discharge machining. Verspanen waarbij materiaal afgenomen wordt door vonkerosie.

Extrusieratio: de extrusieratio is de verhouding tussen de oppervlakte van de doorsnede van de billet en de oppervlakte van de doorsnede van het profiel. Een grote extrusieratio betekent dat het billetmateriaal zeer fel vervormd wordt (zowel uitrekken als afschuiving).

Extrusierichting: dit is de richting waarmee het profiel uit de pers zal vloeien dus in deze richting zal het profiel in lengte toenemen. De extrusierichting wordt typisch aangeduid met een pijl.

Front-end: plaats op het profiel. Dit is de eerste 15% van de lengte van een profiel na de lasovergang met het vorige profiel.

Ideale bloklengte: bloklengte waarbij een volledige stam (7000mm) opgeperst wordt zonder dat er overschot is aan aluminium. Indien de bloklengte bijvoorbeeld 1000mm is, kunnen er 7 billets of blokken uit één stam gehaald worden zonder dat er stukken van de stam overblijven.

Inverse segregatiezone [1]: dit is één van de buitenste zone's van de billet. Deze zone ligt tussen de billetkern en de randzone. In de inverse segregatiezone bevinden zich meer legeringselementen dan in de rest van de billet. Dit komt omdat tijdens het gieten van de billet de buitenrand eerder stolt en het midden vloeibaar blijft. Dit materiaal in het midden van de billet heeft een hogere concentratie aan legeringselementen. Door de druk van het aluminium dat erboven op gegoten wordt dringt dit vloeibaar materiaal in de holtes van het reeds gestolde materiaal.

Lasovergang: de overgang tussen twee billets dat door het parabolisch vloeipatroon uitgesmeerd wordt over de lengte van het profiel.

Middle: plaats op het profiel. Dit bevindt zich tussen het front-end gedeelte en het back-end gedeelte en bestrijkt 60% van het profiel

Nital: oplossing bestaande uit alcohol en salpeterzuur, gebruikt om de microstructuur van koolstofstaal zichtbaar te maken.

Persrest: laatste stuk van de billet dat niet mee opgeperst wordt. Dit wordt verwijderd omdat dit door het vloeipatroon van de billet de oxidehuid, randzone en inverse segregatiezone bevat.

Stilstandsmarkering: afdruk van de matrijs op het profiel als deze gedurende een bepaalde tijd stilstaat in de matrijs. Dit is een visuele markering die te herkennen is aan een lijn op het oppervlak van een profiel, loodrecht op de extrusierichting.

Abstract

E-MAX PROFILES in Dilsen-Stokkem stelt vast dat er zich geregeld luchtinsluitingen voordoen bij het extruderen van aluminium profielen. Luchtinsluitingen kunnen zich tot blaren vormen op het oppervlak van het profiel. Blaren dienen vermeden te worden omwille van esthetische en mechanische redenen. Het doel van deze masterproef is, ten eerste, de oorzaken van deze luchtinsluitingen identificeren en, ten tweede, potentiële oplossingen uitwerken zodat het schroot door blaren daalt met minstens 50%.

Zoals beschreven in de literatuur blijkt uit de observatie en analyse van meer dan 50 verschillende profielsoorten, geproduceerd op beide persinstallaties, dat de blaren onregelmatig voorkomen. De mogelijke oorzaken zijn te vinden in een te dunne persrest, het ontluchten, de billeshuid, de toegepaste procesparameters... .

Aangezien blaarvorming duidelijk meerdere oorzaken heeft, kan er enkel vooruitgang geboekt worden door verschillende oorzaken tegelijk aan te pakken: de uitlijning van de installatie, insleep van de billeshuid, persen van dubbele blokken Na analyse van enkele potentiële oplossingen blijkt dat het wel of niet persen van een dubbele blok het meeste potentieel heeft. Doorslaggevende parameters hierbij zijn het profielgewicht en de profiellengte. De voorgestelde oplossing zorgt voor een daling van het schroot door blaren van maximum 48%.

Abstract in English

E-MAX PROFILES, located in Dilsen-Stokkem, regularly notices air entrapments during the extrusion process of aluminium profiles. These air entrapments may form blisters on the surface of the profiles. Blisters are to be avoided because of aesthetic and mechanical reasons. This thesis has two aims, firstly, identifying the causes of air entrapments in extruded profiles and, secondly, developing potential solutions so scrap caused by blisters decreases by at least 50%.

From the observation and the analysis of over 50 different profiles, which are produced on both presses, can be concluded that blisters occur irregularly over the whole length of the profiles. This is confirmed by the literature. Potential causes can be found in an inadequate butt thickness, burp cycle, billet skin inflow, wrongly applied processing parameters... .

Since it is clear that blistering has many causes, the only way to make progress is by dealing various causes at the same time: press alignment, billet skin inflow, extrusion of two-piece billets... . After analyzing a number of potential solutions, it seems that the option of extruding two-piece billets or not extruding two-piece billets has the most potential. The decisive parameters here are the profile weight per meter and the profile length. This proposed solution ensures a theoretical decrease of the scrap caused by blisters of maximum 48%.

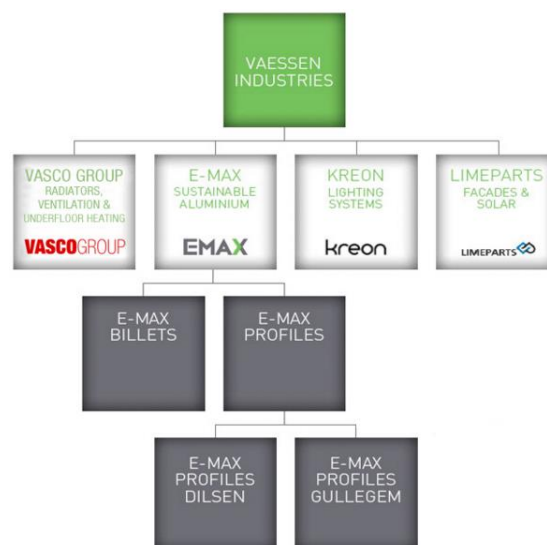
1. Inleiding

1.1. Situering

Deze masterproef vindt plaats bij het bedrijf E-MAX PROFILES te Dilsen-Stokkem. De belangrijkste activiteit van dit bedrijf is het warm extruderen van aluminiumprofielen.

E-MAX PROFILES maakt aluminium profielen die bestemd zijn voor verschillende toepassingsgebieden zoals raamprofielen, buisprofielen en alle mogelijke complexe vormen. Aangezien deze profielen gebruikt kunnen worden voor ramen, veranda's, auto's, tenten en andere toepassingen heeft E-MAX PROFILES een hele reeks klanten uit verschillende sectoren.

Sinds het ontstaan van E-MAX [2] in 1996 is het klantenbestand enkel uitgebreid, waardoor er in het jaar 2000 een tweede extrusiepers aangekocht werd. Eén jaar later werd E-MAX PROFILES overgenomen door Vaessen Industries [3]. Vaessen Industries kent zijn oorsprong in 1975, toen richtte Jos Vaessen Vasco op. Bij Vasco maakte en maakt men nog steeds hoogwaardige decoratieve radiatoren die voor een groot succes zorgde op de internationale markt. Het grote succes van Vasco leidde tot een overname door Masco. Enkele jaren na de overname werden E-MAX, KREON en LIMEPARTS toegevoegd aan het portfolio. In 2008 neemt Jos Vaessen The Heating Company over van Masco wat leidt tot Vaessen Industries zoals het vandaag de dag bestaat, zie Figuur 1.1. Als gevolg van de overname door Vaessen Industries is een gieterij (E-MAX BILLETS) te Kerkrade toegevoegd aan de E-MAX groep om zo zeker te zijn van de levering van grondstoffen. Vandaag de dag is E-MAX PROFILES een onderdeel van E-MAX SUSTAINABLE ALUMINIUM wat onder Vaessen Industries valt (zie Figuur 1.1).



Figuur 1.1: Structuur Vaessen Industries [4]

Een van de grote troeven van E-MAX is hun 'closed loop-principe' (zie Figuur 1.2 [5]): het recycleren van het schroot afkomstig van de productie van profielen en het recycleren van de profielen zelf aan het einde van hun levensduur. E-MAX zet hier op in omdat het produceren van primair aluminium (door elektrolyse uit bauxiet) zeer veel energie kost en bijzonder milieuvriendelijk is. Het is echter wel mogelijk om profielen te laten maken van primair aluminium, mocht de klant dit wensen.



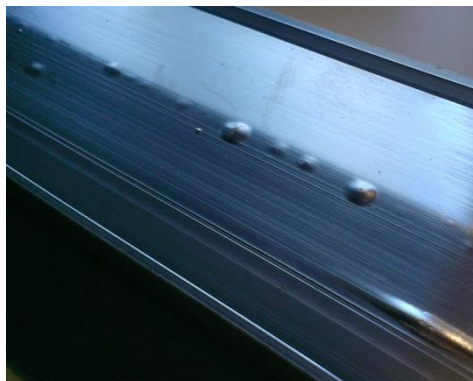
Figuur 1.2: Closed loop-principe

1.2. Probleemstelling

Extrusie is een oud proces waarbij in de loop der jaren al heel wat productieproblemen zijn opgelost. Vroeger kampden de producten met maat- en vormafwijkingen en een slechte oppervlaktekwaliteit, dit komt vooral omdat men vroeger de matrijzen met de hand maakte (vijlen) terwijl men nu vooral met draadvonken werkt wat voor een betere afwerkingsgraad zorgt van de matrijs. Maar deze problemen zijn opgelost door verbeterde matrijstechnologie en oppervlaktekwaliteit van het nog te extruderen aluminium. Zo worden er meetbare eisen opgelegd zodat de profielen voldoen aan de verwachtingen van de klant. Toch blijft het extrusieproces problemen vertonen. Een probleem dat nu meer aandacht krijgt is het fenomeen van luchtinsluitingen in geëxtrudeerde aluminiumprofielen. Binnen E-MAX is men er tot op de dag van vandaag echter nog niet in geslaagd een éénduidige oplossing te vinden voor luchtinsluitingen.

1.2.1. Wat?

Het probleem van luchtinsluitingen is dat er tijdens het extruderen luchtbelletjes kunnen ontstaan op het oppervlak van de profielen. In de extrusiewereld wordt dit fenomeen blaas- of blaasvorming (zie Figuur 1.3) genoemd. Anderzijds is het ook mogelijk dat luchtinsluitingen zich dieper in het profiel bevinden, waardoor er geen blaren op het oppervlak zichtbaar zijn. Bij dunwandige profielen gaat een luchtinsluiting zich altijd manifesteren als een blaas die met het blote oog zichtbaar is. Bij dikwandige profielen zal een luchtinsluiting niet altijd zichtbaar zijn aan de buitenwand van het profiel, deze kunnen gedetecteerd worden met röntgenstralen (gaat men vooral doen in de automobielsector) en anders kunnen deze gevonden worden door een monster uit het profiel te nemen en dit te belasten tot het breekt en dan naar de breuklijnen te kijken (drukproef). Een profiel met waargenomen luchtinsluitingen zal nooit aan de klant geleverd worden.



Figuur 1.3: Profiel met blaasvorming

1.2.2. Voor wie?

Blaarvorming is zowel voor E-MAX als voor de klanten een probleem. Door blaarvorming kan het product niet langer verkocht worden aan een klant vanwege esthetische redenen, slechtere mechanische eigenschappen en verminderde lektheid.

Voor bepaalde industrietakken zoals de automobielenindustrie zijn inwendige luchtsluitingen in het profiel ook een probleem, ongeacht dat deze zeer klein en nauwelijks op te sporen zijn. Deze onzichtbare luchtsluitingen maken dat het materiaal zwakker is en sneller zal gaan breken op deze plaatsen.

1.2.3. Waarom?

Profielen met luchtsluitingen brengen extra kosten met zich mee: in het ergste geval worden profielen met luchtsluitingen door de klant ontdekt, wat nefast is voor de klanttevredenheid en daarenboven moeten deze profielen teruggehaald worden bij de klant. Indien de defecten bij E-MAX zelf ontdekt worden, worden de defecte profielen rechtstreeks op een vrachtwagen geladen en getransporteerd naar de gieterij. De controle op blaren gebeurt voor het grootste deel visueel. Een alternatief hierop is ultrasone controle, maar dit is duur en tijdrovend en wordt enkel toegepast bij profielen voor de automobielenindustrie.

1.2.4. Oorzaken?

Tijdens het extruderen kan er lucht opgesloten geraken in de installatie. Dit komt omdat het nog te extruderen aluminium (de billet) in een verwarmde gesloten ruimte (de container) wordt geplaatst waar ook lucht aanwezig is. De aanwezigheid van lucht is er doordat de containerdiameter iets groter is dan de billetdiameter. Tijdens het extruderen dringt deze lucht door de hoge temperatuur en druk in het profiel, waardoor er in het profiel luchtsluitingen ontstaan. De installatie wordt bij het persen wel ontvlucht, maar dit lukt niet altijd.

1.2.5. Gevolgen?

Door blaarvorming zijn in de eerste helft van 2015 in Dilsen-Stokkem alleen al 318 ton (ruim 2% van de totale productie) aan profielen afgekeurd. Men heeft een slecht profiel gemaakt terwijl men ook een goed profiel kon maken dat wel verkocht kon worden. In praktijk perst men meer profielen dan nodig, omdat men ervan uitgaat dat er enkele defecte profielen bij zitten. Dit kost extra aan arbeidsuren en machine-uren. En als laatste moet men dit slecht profiel opnieuw verwerken tot basismateriaal. Hiervoor transporteert men het profiel naar de gieterij in Kerkrade, waar het omgesmolten wordt. Dit brengt extra transport- en energiekosten met zich mee. Samengevat wil dit zeggen dat men per defect profiel voor hetzelfde geld 2 goede profielen had kunnen maken.

1.3. Doelstellingen

Deze masterproef heeft twee doelstellingen.

De eerste doelstelling is te onderzoeken hoe luchtsluitingen in aluminium extrusieprofielen ontstaan. De belangrijkste factoren die verantwoordelijk zijn voor luchtsluitingen dienen bepaald te worden.

De tweede doelstelling is potentiële oplossingen te identificeren om de vorming van luchtsluitingen in profielen te onderdrukken of te vermijden. E-MAX wil dat deze oplossingen het schroot ten gevolge van luchtsluitingen met 50% doen dalen. Schroot ten gevolge van luchtsluitingen omvat hier enkel schroot door blaren, want inwendige luchtsluitingen worden niet altijd waargenomen en worden niet mee opgenomen in het gegevens van E-MAX. Het identificeren van potentiële oplossingen omvat het

adviseren van ingrepen aan de installatie die een vermindering brengen in de hoeveelheid schroot door blaren.

1.4. Materiaal en methode

Om de doelstellingen te realiseren, is het belangrijk het extrusieproces zo goed mogelijk te bestuderen zowel theoretisch (literatuurstudie) als praktisch (bestuderen van de installatie): temperaturen, gebruikte aluminiumlegeringen, persdrukken, ontluchting, extrusiesnelheden... . Deze parameters worden waargenomen aan de hand van visuele controle en via de aanwezige monitors. De ingestelde parameters worden opgeslagen in Optalex zodat het proces reproduceerbaar is.

Er zal gekeken worden naar de plaats, de grootte en vorm van de blaren, het al dan niet ontlichten, de oventemperatuur, enz. Door zoveel mogelijk procesparameters bij te houden en te rangschikken, proberen we patronen te herkennen in blaarvorming. Deze regelmatigigheden kunnen dan worden teruggekoppeld naar de mogelijke oorzaken van het ontstaan van de luchtinsluitingen.

Na iedere observatieperiode aan de installatie (gemiddeld 1 dag per week) worden de bevindingen en/of vragen neergeschreven en meegedeeld aan onze interne promotor, omdat deze persoon meer ervaring met het extrusieproces heeft. Tijdens de observatieperiode wordt er informatie uitgewisseld met de persoperatoren, aangezien deze personen meer ervaring hebben en een beter overzicht hebben over het probleem.

Indien deze manier van werken voldoende resultaat geeft, kunnen we gericht testen naar oorzaken van luchtinsluitingen. Op deze manier kunnen we er zeker van zijn dat onze veronderstellingen ook juist blijken te zijn. Het is belangrijk om niet te blijven kijken naar de installatie, maar om voldoende conclusies te trekken om zo tot een oplossing te komen.

Voor de tweede doelstelling is het belangrijk te kijken naar oplossingen van andere studies of producenten van onderdelen van extrusie-installaties. Maar aan de andere kant moet er ook gekeken worden naar oplossingen die bestaan in gelijkaardige sectoren zoals kunststofextrusie, koudextrusie, walsen Ook wordt er gekeken welke proceseigenschappen aangepast kunnen worden om blaarvorming te verminderen. Deze invloedrijke proceseigenschappen worden bepaald aan de hand van een literatuurstudie en op basis van de eigen database die opgesteld wordt aan de hand van de gegevens afkomstig van de observaties.

2. Inleiding tot aluminium extrusiewereld

2.1. Het aluminium

Het extrusieproces begint met het verkrijgen van het basismateriaal aluminium. Het basismateriaal kan men maken door elektrolyse van bauxiet, men verkrijgt dan primair aluminium, of door oud aluminium te recycleren, ook wel secundair aluminium genoemd. Dit secundair aluminium is afkomstig van afval uit productiebedrijven (*new scrap*) of van *end-of-life* afval (*old scrap*). Het aluminium wordt gegoten in langwerpige cilinders met typisch een lengte van 7m. De diameter is afhankelijk van de grootte van de extrusiepers. Deze aluminium cilinders worden gevormd in een gieterij en worden ook wel stammen (Eng.: 'logs') genoemd.

Elke stam heeft een gewenste samenstelling van legeringselementen. Deze legeringselementen geven extra eigenschappen aan het latere profiel. Aluminium staat erom bekend dat het een licht metaal is met goede mechanische eigenschappen. Door legeringselementen toe te voegen aan aluminium, verbetert men de fysische en chemische eigenschappen van aluminium. Er zijn 7 legeringsseries [6] van aluminium:

- 1xxx series: Bijna zuiver (>99%) aluminium.
Goede corrosie-eigenschappen, zeer goede afwerking mogelijk, goede warmtegeleiding en elektrische geleiding, zeer goed verwerkbaar
Lage sterkte, moeilijk bewerkbaar
- 2xxx series: Koper als hoofdlegeringselement.
Hoge sterkte, goed bewerkbaar
Lage corrosieweerstand
- 3xxx series: Mangaan als hoofdlegeringselement.
Hoge corrosieweerstand, goed verwerkbaar
Lage tot gemiddelde sterkte, moeilijk bewerkbaar
- 4xxx series: Silicium als hoofdlegeringselement.
Niet geschikt voor extrusie.
- 5xxx series: Magnesium als hoofdlegeringselement.
Zeer goede corrosieweerstand in zeewater, zeer goed lasbaar
Lage sterkte
- 6xxx series: Magnesium en silicium als hoofdlegeringselement.
Goede sterkte, makkelijk extrudeerbaar, goede corrosieweerstand, makkelijk bewerkbaar, makkelijk lasbaar, makkelijk omvormbaar
- 7xxx series: Zink als hoofdelement, in combinatie met magnesium en koper.
Zeer hoge sterkte, makkelijk bewerkbaar
Lage corrosieweerstand

De 1xxx, 3xxx en 5xxx reeksen zijn niet geschikt voor warmtebehandelingen. De 2xxx, 6xxx en 7xxx reeksen bekomen hun beste eigenschappen bij een gecontroleerde warmtebehandeling. De aluminium 6xxx reeks is gekend als goed extrudeerbaar. Deze legeringen kunnen goed tegen de extrusietemperaturen en hebben een medium tot hoge treksterkte. Nog een groot voordeel is dat zij zeer goed tegen corrosie kunnen, waardoor ze in veel toepassingsgebieden gebruikt kunnen worden. Deze legeringsreeks bestaat voor namelijk uit: Al, Mg en Si. Zo zorgen Si en Mg ervoor dat het profiel een warmtebehandeling kan krijgen en dat de algemene prestatie van het profiel beter is. Dit houdt in:

betere corrosiebestendigheid, verhoogde sterkte of verbeterde vervormbaarheid. De grote voordelen van aluminiumlegeringen zijn [7]:

- Zeer licht (lage dichtheid),
- Hoge sterkte (vergelijkbaar met die van staal),
- Zeer goede lage-temperatuur prestatie,
- Corrosiebestendigheid (aluminium roest niet zoals staal),
- Gemakkelijk om te verwerken (goed lasbaar ...).

E-MAX PROFILES gebruikt hoofdzakelijk 4 verschillende legeringsreeksen: 6005, 6060, 6061 en 6063. De exacte samenstelling [8] van deze legeringen is terug te vinden in Bijlage 1: Aluminium legeringen 6000 reeks op pagina 94.

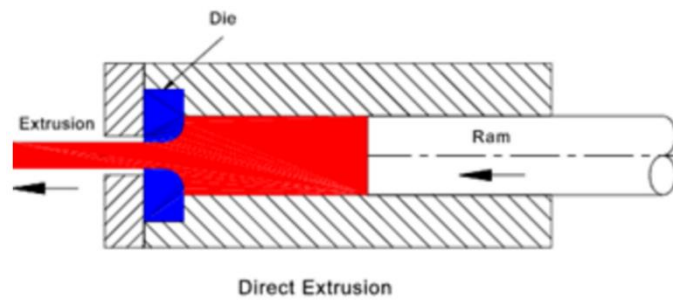
2.2. Voorbehandeling van het aluminium

De aluminium stammen worden op een transportband geplaatst, deze transportband brengt de aluminium stammen in een oven waar het aluminium een gewenste temperatuur¹ krijgt. De oven bestaat uit een reeks branders die het mogelijk maken om de aluminium stammen een gewenste homogene temperatuur te geven. Het aluminium wordt voorverwarmd zodat er tijdens het persen minder vermogen in het aluminium gestoken moet worden om het door de matrijs te laten vloeien en om matrijsbreuk te voorkomen. Zodra de aluminium stam zijn gewenste temperatuur bereikt heeft, wordt die via een transportband naar een installatie gebracht die de aluminium stam op de juiste lengte brengt. Dit gebeurt met een zaag of een schaar. Het afgezaagde of afgeschaarde stuk van de stam wordt de billet of blok genoemd. De juiste lengte van de billet wordt bepaald door de dwarsoppervlakte van het profiel en de gewenste lengte van het profiel. De rest van de aluminium stam wordt terug in de oven geplaatst. De billet wordt via een tweede transportband klaargelegd langs de pers in de *loader*. Deze loader dient om de billet in de pers te plaatsen of m.a.w. om de pers te laden. Tijdens de verplaatsing van de billet van de oven naar de loader wordt er op de achterzijde van de billet een smeermiddel aangebracht. Dit smeermiddel moet ervoor zorgen dat het aluminium tijdens het persen niet aan de persschijf (zie Figuur 2.3) blijft kleven op het einde van een perscyclus. Deze smering brengt men aan op het cirkeloppervlak van de billet waarop de kracht wordt uitgeoefend om het aluminium door de matrijsopening te duwen.

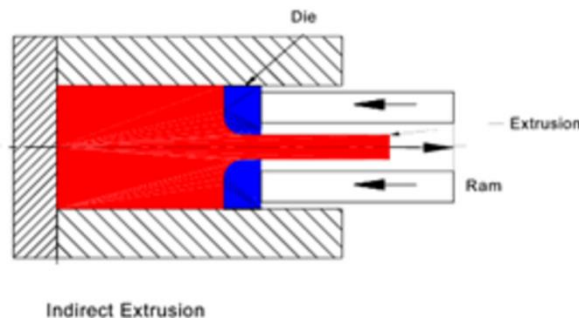
2.3. De extrusiepersinstallatie

De eigenlijke extrusiepers kan globaal gezien op twee verschillende manieren uitgevoerd worden: directe extrusie (Eng.: '*direct extrusion*'), zoals geïllustreerd op Figuur 2.1 en indirecte extrusie (Eng.: '*indirect extrusion*') zoals toegepast op Figuur 2.2. Bij directe extrusie is de bewegingsrichting van het krachtvoerende element (Eng.: '*ram*') gelijk aan de bewegingsrichting van het profiel. Bij indirecte extrusie bewegen ram en profiel in tegengestelde richting. Bij indirecte extrusie is er een kleinere kracht nodig om het aluminium door de matrijs te duwen dan bij directe extrusie. Dit komt doordat er minder wrijving optreedt wegens de relatieve beweging van het aluminium t.o.v. de installatie. Indirecte extrusie brengt ook enkele nadelen met zich mee, onzuiverheden aan het manteloppervlak van de billet zullen hun invloed hebben op het profiel waardoor een profiel bij indirecte extrusie sneller afgekeurd zal worden dan bij directe extrusie. Nog een nadeel bij indirecte extrusie is dat de dwarsdoorsnede van het profiel beperkt is door de grootte van het krachtvoerende element.

¹ Deze temperatuur ligt ongeveer rond de 470°C



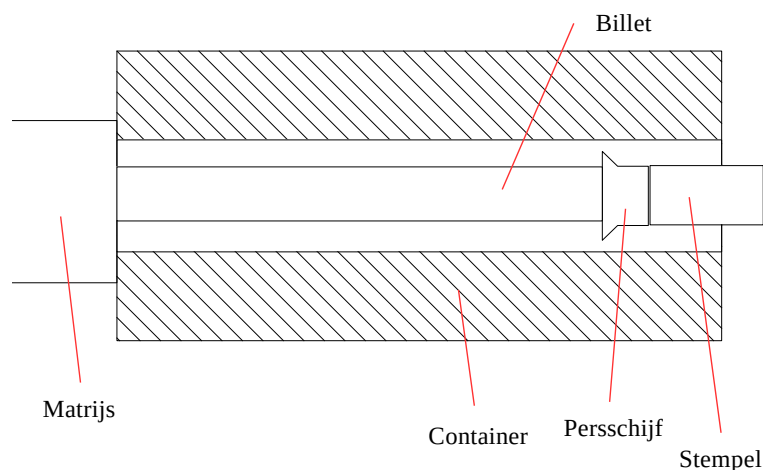
Figuur 2.1: Directe extrusie [9]



Figuur 2.2: Indirecte extrusie [9]

Bij E-MAX PROFILES maakt men gebruik van directe extrusie waardoor er verder geen rekening wordt gehouden met luchtinsluitingen bij indirecte extrusie.

De extrusiepers, zoals voorgesteld in Figuur 2.3 bestaat uit verschillende onderdelen: matrijs, container, persschijf (Eng.: ‘dummyblock’) en stempel. De billet wordt in de installatie geplaatst en zal het latere profiel worden. Via de matrijs wordt de vorm van het profiel bepaald, de container zorgt ervoor dat de billet tijdens het extruderen in een gesloten volume blijft. De persschijf en de stempel brengen de benodigde perskracht over op de billet.

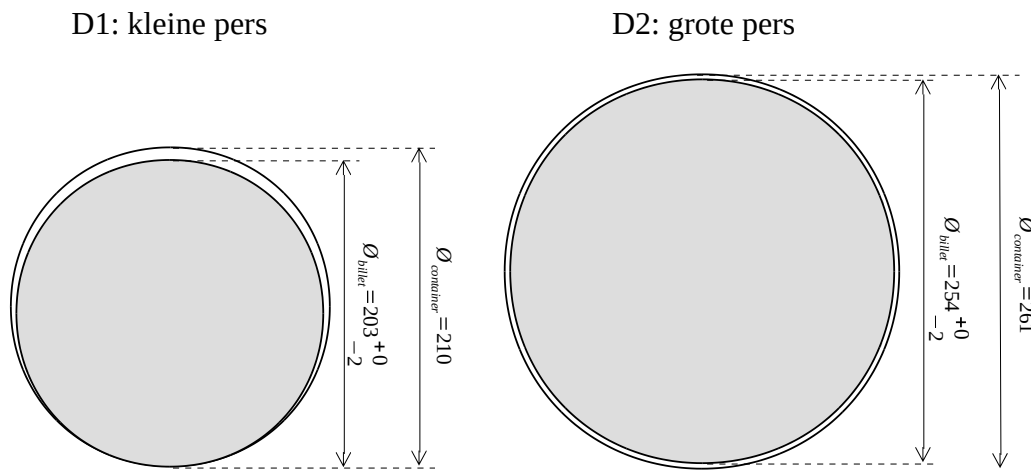


Figuur 2.3: Onderdelen extrusiepers

Bij directe extrusie wordt de billet via de loader in de pers geplaatst, dit kan op twee manieren gebeuren: via een *frontloader* of via een *backloader*. Bij de frontloader wordt de billet tussen de container en de matrijs geplaatst, bij de backloader wordt de billet tussen de container en de persschijf geplaatst. Een frontloader neemt minder plaats in dan een backloader en bij een frontloader is de lichtspleet tussen de billet en de container beter verdeeld. Het voordeel van de lichtspleet is er doordat de billet iets kleiner is dan de container en omdat bij een frontloader de billet geklemd wordt

tussen de persschijf en de matrijs. Tijdens deze klemming valt de centerlijn van de billet samen met de centerlijn van de container. Dit centrisch houden kan niet gebeuren bij een backloader. Hier wordt de billet tussen de container en de persschijf gebracht. De persschijf duwt de billet van de backloader in de container. Dit zorgt ervoor dat de billet op de bodem van de container ligt, waardoor de luchtspleet aan de bovenkant het grootst is.

Bij E-MAX PROFILES in Dilsen-Stokkem zijn er twee persinstallaties aanwezig. Eén persinstallatie werkt via een frontloader (pers D2) en één via een backloader (pers D1). De ligging van de billet in de container en de bijhorende afmetingen worden voor beide persen weergegeven in Figuur 2.4.



Figuur 2.4: Ligging billet in container

De container heeft twee functies:

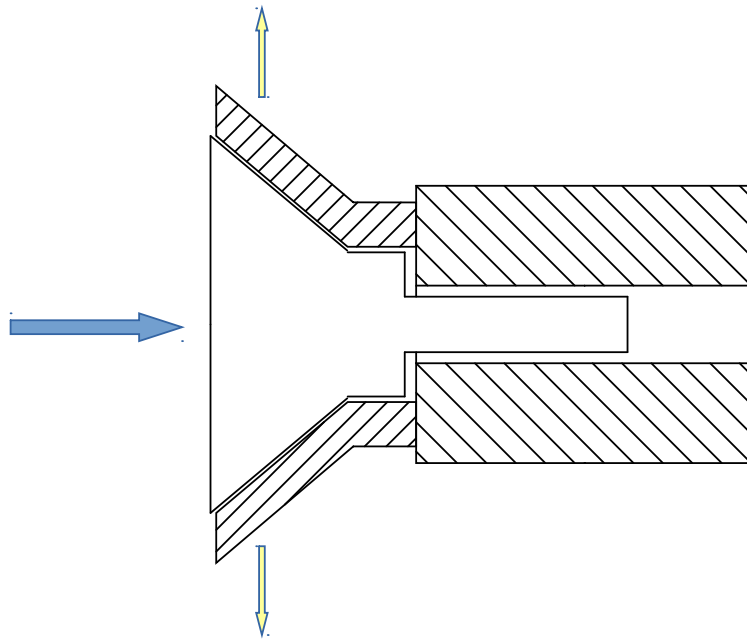
1. ervoor zorgen dat de billet niet in de breedte uitzet bij het persen;
2. de gewenste billettertemperatuur te houden.

In de container is een verwarmingselement en een koeling aanwezig zodat de containertemperatuur geregeld kan worden.

De stempel en de persschijf zorgen voor de krachtoverbrenging van de hydraulische cilinders op de billet waardoor de billet zal vervormen en door de matrijsopening zal vloeien.

Zoals te zien in Figuur 2.5 heeft de persschijf een speciale constructie bestaande uit een gedeelte dat kan uitzetten, ook wel de schelp genoemd, en een vast gedeelte. De persschijf zorgt voor de krachtoverbrenging op de billet en gaat met zijn cilindrische voorkant tegen het cilindrisch oppervlak van de billet duwen. De billet moet enkel door de matrijs vloeien en niet tussen de container en de persschijf. Hiervoor moet de persschijf nauw aansluiten met het binnenoppervlak van de container. Dit is mogelijk door een speciale constructie voorzien in de persschijf, waardoor als de persschijf onder druk komt te staan deze gaat uitzetten tot tegen de binnenwand van de container.

Figuur 2.5 toont een persschijf met het vaste gedeelte (gearceerd onder een hoek van $+45^\circ$) en in het midden het gedeelte dat ingedrukt wordt indien er druk op de dummyblok komt waardoor het gearceerde gedeelte gaat uitzetten.



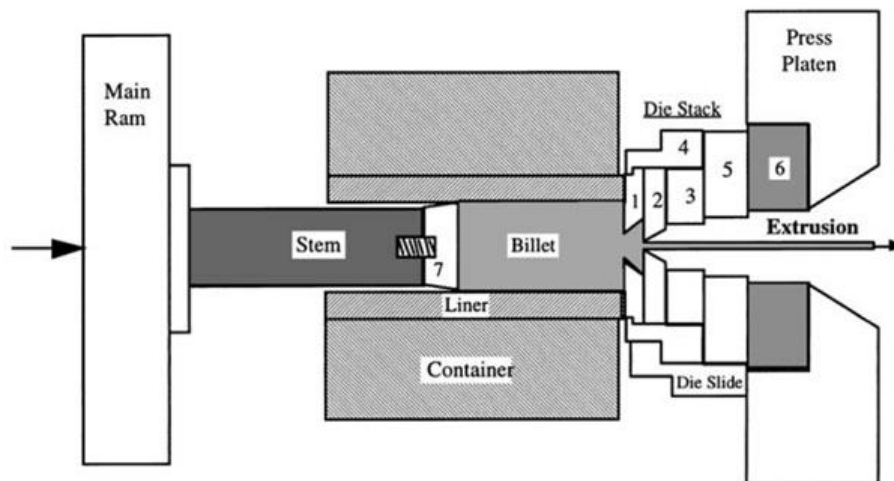
Figuur 2.5: Doorsnede persschijf

De persschijf wordt met een grote kracht tegen het aluminium geduwd waardoor het aluminium kan gaan kleven tegen de persschijf. Het achterblijvende aluminium heeft een aantal grote nadelen op de goede werking van de installatie:

- De persschijf gaat sneller slijten.
- De persschijf is niet meer centrisch uitgelijnd met de container, waardoor de uitzetting van de persschijf de opening aan de achterkant van de container niet meer volledig afsluit bij het persen. Bovendien gebeurt de krachtoverbrenging niet meer centrisch, waardoor er met een hogere kracht geperst moet worden.

Om deze problemen te voorkomen of te verminderen wordt er een smeermiddel aangebracht tussen de billet en de persschijf. Dit smeermiddel wordt aangebracht op de achterzijde van het aluminium blok voordat deze in de container wordt geplaatst. Het smeermiddel dat gebruikt wordt bij E-MAX PROFILES is boornitride, een wit poeder dat bestand is tegen de toegepaste procestemperaturen en procesdrukken.

Het matrijspakket bestaat uit meerdere delen: backer, de matrijs zelf en bevelring. Deze onderdelen zijn aangeduid in Figuur 2.6. Matrijzen worden nog uitgebreid beschreven in sectie 3.2 Matrijzen op pagina 38.



Figuur 2.6: Onderdelen matrijspakket [10]

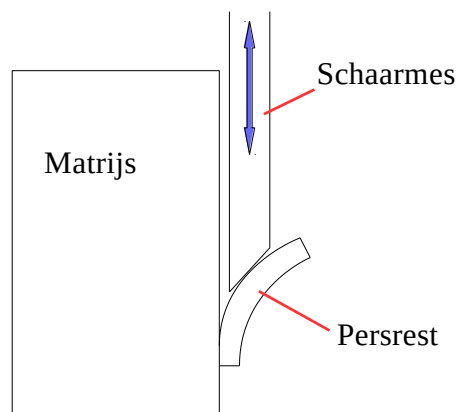
Eenmaal de billet in de container aanwezig is, gaat er via de persschijf (onderdeel 7 op Figuur 2.6) een kracht uitgeoefend worden op de billet. De billet gaat korter worden en uitzetten in de breedte tot tegen de containerwand. De container duwt tegen de matrijs, waardoor er een afdichting gevormd wordt tussen container en matrijs. De persschijf zet uit en sluit de container af. Door de hoge druk begint het aluminium door de matrijsopening te stromen. Nu is de container een volledig afgesloten ruimte. Deze gesloten ruimte zorgt ervoor dat de lucht, die onder andere afkomstig is van de spleet tussen billet en container, niet weg kan uit de installatie. Om deze lucht te verwijderen, gaat men werken met een tussendruk, op deze druk gaan alle voorgaande stappen ook gebeuren waardoor een gesloten ruimte ontstaat. De lucht bevindt zich dan op een druk in de gesloten ruimte en door de persschijf en de container over een korte afstand naar achteren te bewegen gaan er twee openingen ontstaan waar de lucht naar buiten gaat gedreven worden. De eerste luchtspleet ontstaat tussen de matrijs en de container, dit is het ontlichten van de container aan de voorkant. De tweede luchtspleet ontstaat tussen de container en de persschijf omdat de druk tijdelijk weg genomen wordt en de persschijf terug gaat inkrimpen, dit noemt men het ontlichten van de container aan de achterkant. Het is belangrijk om deze luchtspleet niet over een te lange tijd open te laten staan omdat er dan lucht terug in de installatie kan kruipen, maar ook niet te kort omdat dan niet alle lucht uit de container kan ontsnappen. Dit proces noemt men de stuikcyclus van de billet.

Na het stuiken kan het eigenlijke persen van het profiel beginnen, de gesloten ruimte in de container gaat terug gevormd worden (met minder lucht aanwezig als voorheen). Men gaat de druk hoger leggen dan de tussendruk, waardoor het aluminium met een bepaalde snelheid door de matrijs gaat vloeien, deze snelheid noemt men de perssnelheid van het profiel. De druk wordt geleidelijk aan opgebouwd waardoor het profiel over een bepaalde afstand nog niet de gewenste afmetingen heeft. Deze afstand wordt van het profiel verwijderd via een zaag die kort na de matrijs komt. Nadat deze afstand afgezaagd is, wordt het uiteinde van het profiel opgespannen in een puller, deze puller gaat ervoor zorgen dat het profiel telkens loodrecht uit de matrijs wordt geduwd. De inklemming van het profiel in de puller zorgt ervoor dat het profiel opgespannen wordt tussen de matrijs en de puller, zo gaat het profiel niet kromtrekken bij het afkoelen.

De puller mag niet te hard trekken aan het profiel, anders gaat het profiel insnoeren en loskomen van het nog te extruderen aluminium dat zich nog in de container bevindt. De puller mag het aluminium niet door de matrijs trekken want anders gaan de gewenste afmetingen van het profiel niet gehaald worden. Enkel de persschijf zorgt ervoor dat het aluminium door de matrijs wordt geduwd. De lengte van het profiel gaat steeds toenemen en om het profiel opgespannen te houden tussen de matrijs en de

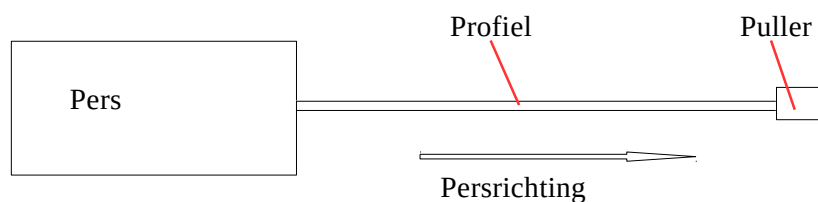
puller, gaat de puller meebewegen met het profiel terwijl het de spanning die ontstaat door te trekken blijft onderhouden.

Het persen gebeurt in een continue beweging tot het aluminium in de container bijna op is. In tussentijd wordt de volgende billet reeds klaargelegd aan de container zoals eerder beschreven. Men spreekt dan van de oude billet (billet die grotendeels geëxtrudeerd is) en de nieuwe billet (billet die klaar ligt om geëxtrudeerd te worden). Aluminium heeft de eigenschap om een oxidehuid te vormen aan het oppervlak, deze oxidehuid bevindt zich op het oppervlak van de billet en wordt niet speciaal verwijderd voordat men begint te extruderen. Dit betekent dat normaal de oxidehuid mee geëxtrudeerd zou worden in het profiel, maar om dit te voorkomen perst men de billet niet helemaal op. Door het vloeipatroon van aluminium tijdens het extruderen, gaat de oxidehuid volledig in dit niet te persen stuk billet zitten. Dit niet te persen stuk van de billet moet telkens verwijderd worden, dit gebeurt via het schaarmes (Figuur 2.7) dat langs het oppervlak van de matrijs snijdt, men spreekt hier over de persrest (Eng.: *butt*) van de billet. Deze persrest wordt gezien als afval dat gebruikt kan worden om secundair aluminium van te maken waaruit de oxides verwijderd worden. Het is ook mogelijk om meerdere profielen uit één billet te halen door de billet langer te nemen. Deze profielen vormen één lang profiel voordat deze op lengte gezaagd worden, dit wordt de uitloop genoemd.



Figuur 2.7: Verwijderen van de persrest met schaarmes

Het aluminium gaat loodrecht vloeien door de matrijsopening en gaat zo in lengte toenemen. De extrusierichting wordt gezien als de aangroeiende richting van het profiel tijdens het extruderen en wordt vaak voorgesteld als een pijl (Figuur 2.8).



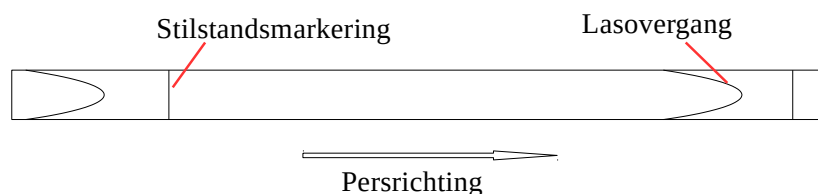
Figuur 2.8: Bovenaanzicht met aanduiding van persrichting

Het laden van de persinstallatie, het verwijderen van de persrest en het stuiken zorgen ervoor dat er niet continu geperst kan worden. Een belangrijk gevolg hiervan is dat er een markering achterblijft op het profiel door deze niet-continuïteit, dit noemt men ook de stilstandsmarkering. Zoals te zien in Figuur 12 bevindt deze stilstandsmarkering zich tussen het geëxtrudeerde profiel en het nog te extruderen profiel. Het gaat hier om een visuele afdrak die achtergelaten wordt op het profiel en die loodrecht staat op de extrusierichting van het profiel. Deze markering is afkomstig van de delen van de matrijs die het profiel raken tijdens het extruderen.



Figuur 2.9: Stilstandsmarkering

Het stoppen met extruderen tijdens het laden van een nieuwe billet is een semi-continu proces. Het aluminium wordt met een stempel door de matrijs geduwd, maar er zal altijd aluminium in de matrijs blijven zitten. De volgende billet wordt tegen het achterblijvende aluminium in de matrijs geduwd en er wordt verder geperst. Dit brengt wel met zich mee dat er een lasovergang (Eng.: ‘*transverse weld*’ of ‘*charge weld*’) [11] is tussen de oude billet en de nieuwe billet. Doordat het aluminium in het midden van de billet sneller stroomt dan aan de randen heeft deze lasovergang een parabolisch verloop. Let wel op dat deze lasovergang niet hetzelfde is als de stilstandsmarkering. De stilstandsmarkering is een afdruk van de matrijs op het oppervlak van het profiel en is met het blote oog zichtbaar, terwijl de lasovergang niet zo gemakkelijk waarneembaar is (Figuur 2.10).



Figuur 2.10: Stilstandsmarkering en lasovergang

De aluminium stammen, de container en ook de pers hebben een temperatuur die hoger is dan de omgevingstemperatuur, men spreekt dan ook van het warmextruderen. Het warmextruderen heeft het grote voordeel dat er met een kleinere kracht geperst kan worden. Het geëxtrudeerde profiel heeft na het extruderen een temperatuur die hoger is als de omgevingstemperatuur en dient nog afgekoeld te worden. Het profiel krijgt een eerste koeling doordat het profiel in contact wordt gebracht met koudere lucht. De uitloop van de oude billet en de uitloop van de nieuwe billet zijn met elkaar verbonden via de lasovergang die reeds eerder besproken is. Dit zorgt ervoor dat er uit de installatie vele meters profiel komen. Om het ingepalmde oppervlak van de installatie te beperken wordt het profiel op een tussenlengte gezaagd, zodat verschillende lengtes langs elkaar kunnen geplaatst worden in de breedterichting. Zolang het profiel warmer is dan de omgevingstemperatuur zal het aluminium krimpen door zijn afkoeling. Het krimpen van het profiel kan ervoor zorgen dat het profiel krom gaat trekken en/of dat het profiel zijn gewenste afmetingen lokaal gaat verliezen. Om het kromtrekken door het koelen van het profiel ongedaan te maken gaat met het profiel in zijn lengterichting stretchen. Tijdens het stretchen van het profiel wordt het profiel opgespannen tussen twee klemmen die een spanning aanbrengen zodat het profiel terug rechtgetrokken wordt.

Nadat het profiel gestretcht is geweest kan het op lengte gezaagd worden zoals de klant het wenst. Het op lengte zagen van het profiel gebeurt op een zaagtafel die geplaatst is op de transportband. Op de zaagtafel worden ook bepaalde stukken weggezaagd zoals de stilstandsmarkering en de lasovergang. Eenmaal de profielen op de gewenste lengte van de klant zijn gebracht, worden deze naar een oven getransporteerd. In de oven krijgen de profielen een verouderingsbehandeling: het profiel wordt naar 190°C gebracht en wordt daar enkele uren op gehouden waarna het uit de oven gehaald wordt en het aan de lucht gekoeld wordt. Deze behandeling zorgt voor betere mechanische eigenschappen van het profiel.

Na het verouderingsproces dient het profiel enkel nog geïnspecteerd te worden en klaargemaakt voor transport naar de klant. Deze laatste stappen gebeuren bij de inpakunit, hier worden de profielen visueel gecontroleerd op defecten, ingepakt en klaargelegd voor transport.

2.4. Het eigenlijke profiel

Aluminiumprofielen worden geapprecieerd voor hun corrosieweerstand, lichtheid, grote sterkte en veelzijdigheid. De materiaaleigenschappen kunnen nog verbeterd worden door het profiel een nabehandeling te geven.

Na het extrusieproces bekomt men een halffabricaat en is het profiel klaar voor verdere verwerking tot eindfabricaat, maar als de klant dit wenst kan het profiel nog een nabehandeling krijgen. Het profiel kan geanodiseerd worden zodat het profiel een beter uitzicht krijgt: betere corrosiebestendigheid, vuilafstotend oppervlak maar vooral een decoratief oppervlak (het profiel blijft zijn uitzicht behouden). Anodiseren is de meest voorkomende nabehandeling maar ook andere nabehandelingen zijn mogelijk zoals het aanbrengen van een coating, aanbrengen van een gekleurde laag, polijsten ...

Een order wordt gezien als één klant en één profiel, een klant kan dus meerdere orders hebben. Per order worden er telkens monsters genomen waar mechanische en visuele testen op gedaan worden om te controleren of het profiel voldoet aan de eisen.

Een profiel wordt getypeerd via twee hoofdeigenschappen, deze zijn de profiellengte en het profielgewicht. De profiellengte is de gewenste lengte van de klant. Het profielgewicht is het gewicht van het profiel uitgedrukt per meter lengte. Het profielgewicht is dus sterk afhankelijk van de dwarsdoorsnede van het profiel.

Er zijn twee globale groepen van profielen: de holprofielen (Eng.: *'hollow'*) en de volprofielen (Eng.: *'solid'*). Holprofielen hebben één of meerdere holtes in de dwarsdoorsnede van het profiel. Volprofielen hebben geen holtes in de dwarsdoorsnede van het profiel. In sectie 3.2 Matrijzen op pagina 38 worden matrijzen voor het vervaardigen van holle en volle profielen uitgebreid besproken.

3. Literatuurstudie

Omdat blaren het gevolg van luchtinsluitingen zijn, worden in de literatuurstudie eerst de oorzaken van luchtinsluitingen behandeld. Vervolgens wordt een sectie gewijd aan matrijzen, dit is namelijk nodig om de sectie van ledigingsdiagrammen te begrijpen die daarop volgt. In deze sectie wordt beschreven hoe het aluminium in de billet vervormt. Met die kennis is het mogelijk om de plaats van een blaar op een profiel terug te rekenen naar de overeenkomstige plaats op de billet. En als laatste wordt vermeld hoe microstructuren van aluminium zichtbaar gemaakt kunnen worden. Dit is nodig om meer te weten te komen over het ontstaan van blaren.

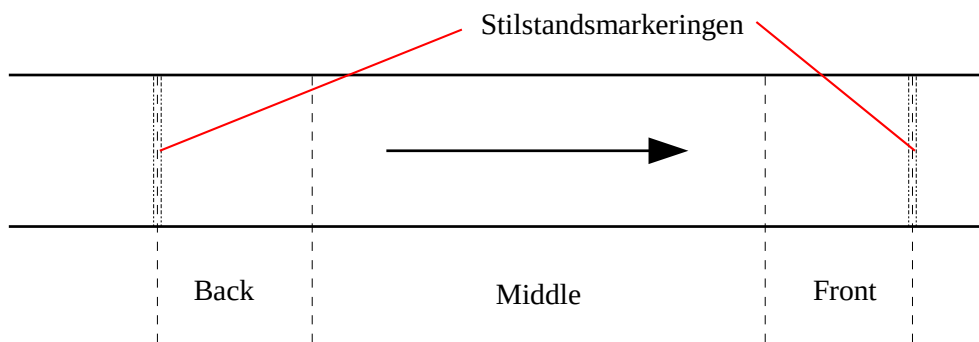
3.1. Oorzaken blaren

De aangeboden literatuur over luchtinsluitingen en blaren is eerder beperkt. Zo worden in dit deel van het hoofdstuk eerst enkele definities van blaren/luchtinsluitingen gegeven. Hierna wordt een indeling gemaakt van de mogelijke oorzaken geordend naar de plaats van voorkomen van de blaren op het profiel.

Volgens Saha [12] is een blaar een blaasvormige holte op het geëxtrudeerd oppervlak, deze blaas is het gevolg van het uitzetten van ingesloten gas tussen de korrelgrenzen. Er moet wel bij vermeld worden dat Saha vermoedde dat dit om H_2 -gas ging. H_2 -gas wordt enkel bij bepaalde legeringen gevormd en deze legeringen worden niet bij E-MAX geperst. Volgens Ramanan [13] zijn blaren het gevolg van lucht die opgesloten geraakt ergens in het extrusieproces.

Blaren kunnen voorkomen in alle vormen en formaten [14]: kleine blaren ($> 1\text{mm}$), grote blaren (cm's), gaten of putjes in het profiel door opengesprongen blaren, uitgesmeerde blaren. Meestal verschijnen blaren onmiddellijk na het verlaten van de matrijs. Maar het is echter ook mogelijk dat blaren pas verschijnen tijdens de warmtebehandeling [15]. Omdat luchtinsluitingen of blaren heel veel mogelijke oorzaken hebben, is het zeer moeilijk om de hoofdoorzaken te vinden. In hetgeen volgt is getracht alle mogelijke oorzaken van blaarvorming op te lijsten.

Blaren kunnen voorkomen langs alle oppervlakken van het profiel. Er is getracht verschillende oorzaken te linken naar de plaats van de blaren over de lengte van het profiel. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen oorzaken van front blaren, middle blaren en back blaren. Waar op het profiel deze blaren liggen, wordt geïllustreerd in Figuur 3.1. Hierop staat een ganse profiellengte getekend tussen de twee stilstandsmarkeringen in, de extrusierichting wordt aangeduid door de pijl. De plaats van de blaren is telkens gerefereerd naar de stilstandsmarkeringen op het profiel en wordt ingedeeld in front, middle en back, zoals aangegeven op Figuur 3.1. Hier wordt nog dieper op ingegaan in hoofdstuk 4 Observatie extrusiepers sectie 4.2 10 Plaats defect (t.o.v. stilstandsmarkering) op pagina 49.



Figuur 3.1: Benoeming plaats blaren t.o.v. stilstandsmarkering

Bij het opstellen van onderstaande lijst is vertrokken van een eerdere studie over blaren op aluminiumprofielen van Nicole Mantegari [16] voor E-MAX PROFILES, van een paper van Tony Da Silva [14], van een bundeling van papers van de Aluminum Extruders Council [13] en op basis van de vakkundige kennis van Frans Van Looy en collega's bij E-MAX .

3.1.1. Oorzaken front blaren

Front blaren komen voor op het geëxtrudeerde profiel op de eerste meters (ongeveer 15% van de totale profiellengte) na de eerste stilstandsmarkering.

a Geen of onvoldoende ontluchting aan de voorkant van de container

Dit betekent dat de container bij de ontluchtingcyclus niet of niet ver genoeg achteruit gaat en dus niet of niet lang genoeg loskomt van de matrijs. De matrijs kan lichtjes kantelen, dus indien de container niet ver genoeg achteruit gaat, beweegt de matrijs mee en blijft de matrijs tegen de container gedrukt. Hierdoor kan de lucht die zich tussen de matrijs en de billet bevindt, bijvoorbeeld door vervormingen aan de billet door de warme schaar of oneffenheden op de matrijssnede, niet weg.

b Leegtrekken van matrijs door afscharen persrest

Bij het afscharen van de persrest wil men een zo vlak mogelijk schaarvlak overhouden. Indien het afscharen slecht verloopt, kunnen er defecten optreden in het schaarvlak, zoals het ontstaan van holtes door het leegtrekken van de matrijs, bevuiling van het schaarvlak door smeermiddel en het verhogen van de ruwheid van de snede. Tegen de holtes die hierdoor ontstaan aan de achterzijde van de oude billet, wordt een nieuwe billet aangeduwd en de lucht in de holtes wordt mee in het profiel geperst. Hieronder is er een opsomming gemaakt van alle mogelijke oorzaken die ervoor zorgen dat het snedeoppervlak defecten gaat vertonen..

- **Versleten schaarblad**

Indien de schaar niet scherp genoeg meer is, zal de schaar het aluminium eerder gaan lostrekken van elkaar dan wegsnijden. Hierdoor vergroot de kans op het leegtrekken van de matrijs.

- **Vuil schaarblad**

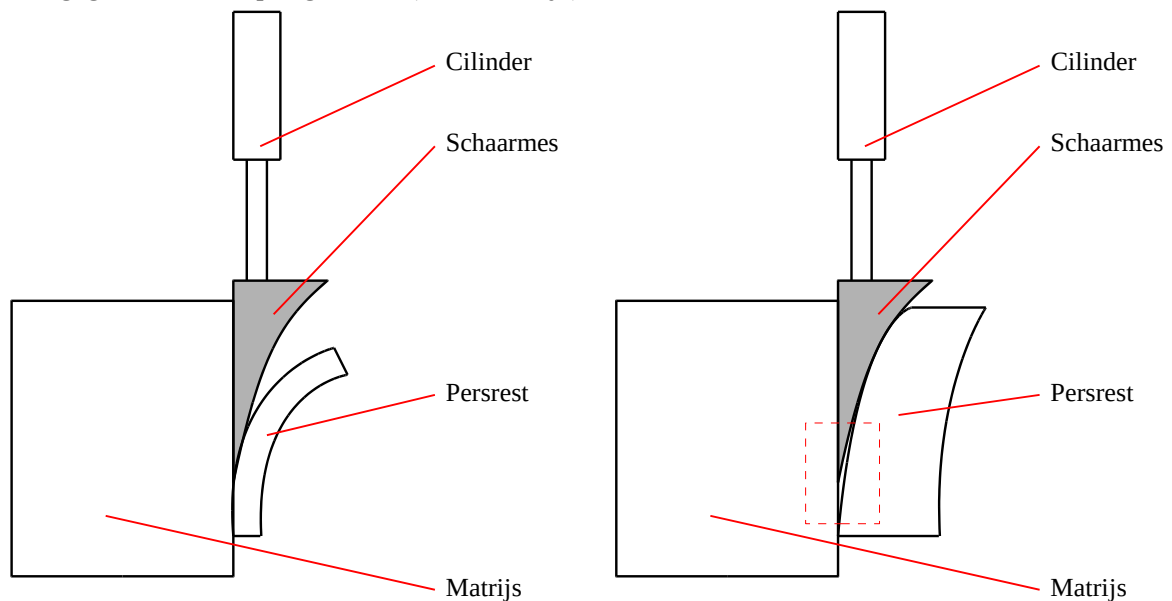
Het schaarblad oefent een grote druk uit op de deels geëxtrudeerde billet waardoor het aluminium gemakkelijk aan het stalen schaarblad kan blijven kleven. Aluminium heeft namelijk sterke adhesieve eigenschappen naar staal toe. Om ervoor te zorgen dat de persrest niet blijft plakken aan het schaarblad moet dit gesmeerd worden. Het kan zijn dat dit smeermiddel of de hydraulische olie van de schaarcilinder op het geschaarde oppervlak van het aluminium van de matrijs blijft zitten. Men spreekt dan van een bevuilde snede. Deze verontreinigingen worden dan mee geëxtrudeerd.

- **Te grote opening tussen schaarblad en matrijs**

Nog een reden die ervoor zorgt dat er aluminium uit de matrijs getrokken wordt, is een te grote afstand ($< 0,5 - 1,0$ mm in warme toestand) tussen schaarblad en matrijs. Hierdoor kan er makkelijker aluminium aan het schaarblad kleven, waardoor er groeven uit de matrijssnede getrokken worden. Het midden van de schaar is hier het gevoeligst voor, want in het midden moet de schaar door het meeste aluminium snijden. Doordat het matrijzenpakket uit drie delen bestaat die elk een tolerantie hebben, is het moeilijk om deze afstand juist te regelen

- **Te dikke persrest**

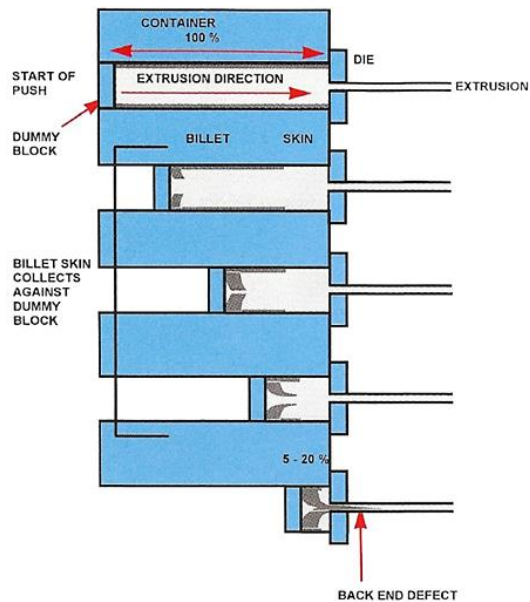
Indien de persrest te dik is, loopt men meer kans om aluminium uit de matrijs te trekken. Voor een mooie snede moet de schaar de persrest krom plooiën, zoals links op Figuur 3.2 te zien is. Dit krom plooiën gebeurt niet of nauwelijks bij een te dikke persrest. Indien de persrest te dik is, zal de schaar eerst snijden, daarna begint het scheuren doordat de persrest niet krom plooit. Dit is weergegeven rechts op Figuur 3.2 (rode kadertje).



Figuur 3.2: Afscharen van een goede persrest (links) en een te dikke persrest (rechts)

c Te dunne persrest

Indien de dikte van de persrest te klein is, zal er materiaal uit de oxidehuid, randzone en inverse segregatiezone alsook andere onzuiverheden op het manteloppervlak van de billet mee het profiel instromen, zoals geïllustreerd in Figuur 3.3. De blaren die hierdoor ontstaan, bevinden zich op het achterste stuk billet, wat zal leiden tot twee categorieën blaren: back en front blaren bij twee opeenvolgende profielen. Een gedeelte van dit stuk billet wordt mee geperst en geeft back blaren. Een ander gedeelte zal in de matrijs zitten bij het wisselen van de volgende billet. Dit gedeelte geeft front blaren die zich voordoen vanaf de stilstandsmarkering.

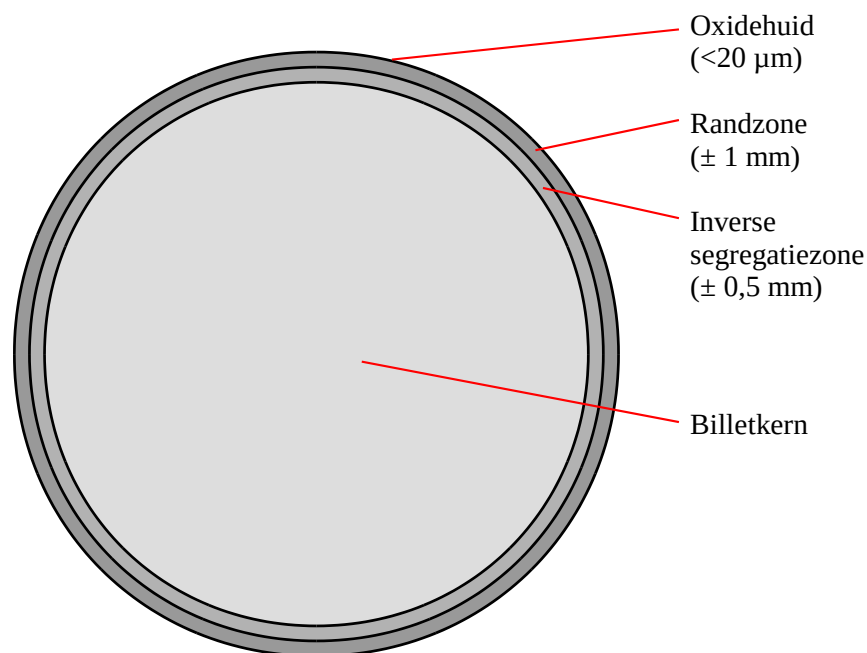


Figuur 3.3: Te dunne persrest [16]

Het instromen van materiaal uit de oxidehuid, randzone en inverse segregatiezone wordt insleep genoemd. Deze 3 zones samen worden de billeshuid genoemd. Deze zones zijn in Figuur 3.4 weergegeven.

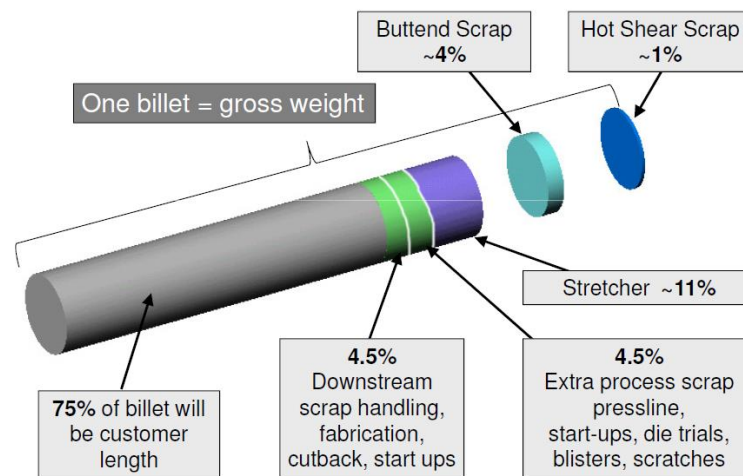
- Oxidehuid: dunne, niet poreuze laag van Al_2O_3 .
- Randzone: deze zone heeft een grovere korrel dan de billetkern.
- Inverse segregatiezone: dit is een verrijkte zone, hier bevinden zich meer legeringselementen.
- Billetkern: dit is het nuttige aluminium dat men in het profiel wil krijgen.

De diktes van elke laag gelden voor de gerecycleerde billets die bij E-MAX BILLETTS te Kerkrade gegoten worden. De rand- en inverse segregatiezone van primair aluminium zijn doorgaans dunner.



Figuur 3.4: Zones billet

Zoals weergegeven in Figuur 3.5 is de persrestdikte ongeveer 4% van de billetlengte. De persrestdikte is zeer sterk afhankelijk van de benodigde profielkwaliteit en van de giettechniek van de billet. Bij hoge kwaliteitsprofielen mag er zich absoluut geen insleep in het profiel bevinden. De hechting tussen billeshuid en kernmateriaal is zwak en kan bij belasting plots lossen.



Figuur 3.5: Billet process efficiency [17]

Volgens Peris [18] vormen blaren zich op de scheiding tussen oxidehuid en aluminium, ofwel op de insleep. Dit komt omdat dit de zwakste plaats in het materiaal is.

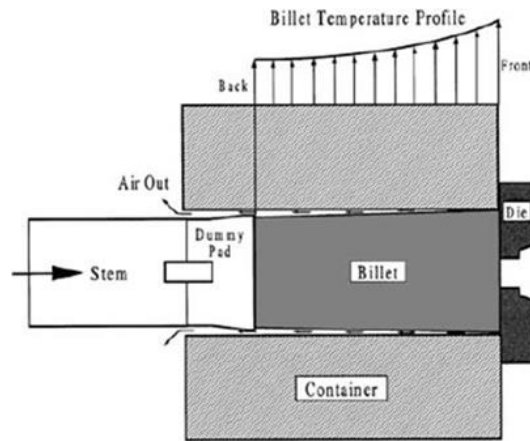
Volgens Valberg [19] kan insleep voorkomen worden door de billeshuid te verwijderen van de billet. De persrest afscharen zou niet meer nodig zijn. Dit alles kan ook een serieuze reductie geven voor het schrootpercentage door blaren. Een probleem hierbij is dat de billetdiameter kleiner is geworden en er nu een veel grotere speling tussen container en billet is, dit zou problemen kunnen geven bij het stuiken en ontluichten. Bovendien is het zeer prijzig om de billeshuid weg te nemen van de billet.

d Te hoge stuikdruk

Bij te hoge stuikdruk zal de billet al een beetje door de matrijs vloeien en wordt er geëxtrudeerd. Doordat de voorkant van de container op dat moment nog niet ontluicht is, kan het zijn dat er lucht in de matrijs wordt ingesloten. De ideale stuikdruk is lager dan de druk die nodig is om de billet door de matrijs te duwen. Algemeen geldt dat bij het begin van het persen van een billet 2/3 van alle druk nodig is om de weerstand tussen billeshuidoppervlak en containeroppervlak te overwinnen. Het resterende 1/3 van de druk is nodig om de billet door de matrijs te duwen. Naarmate de billet opgeperst wordt, vermindert de weerstand tussen billeshuidoppervlak en containeroppervlak, waardoor de benodigde druk daalt. Bij het begin van de stuikcyclus is de billet nog niet uitgezet (gestuikt) en is er dus nauwelijks weerstand tussen billet- en containeroppervlak. Hierdoor moet de stuikdruk lager blijven dan 1/3 van de totale druk, anders zou de billet al door de matrijs gaan stromen.

e Taperheating

Door een positief temperatuurprofiel, d.w.z. warmer aan de matrijskant en kouder aan de persschijfkant, mee te geven aan de te persen billet, kan men sneller persen. Het gedeelte van de billet aan de matrijskant heeft dan al een hogere temperatuur, waardoor het persen vlotter gaat. De achterkant van de billet warmt extra op door wrijving tijdens het persen. De temperatuur van de doorstroom door de billet tijdens het persen is dus nagenoeg constant, daarom wordt dit isothermisch persen genoemd. Maar door de hogere temperatuur vooraan de billet zal deze tijdens het stuiken niet eerst in het midden uitzetten, maar aan de matrijskant, zoals afgebeeld in Figuur 3.6. Hierdoor zal de ontluichting van voor in de container niet meer voldoende functioneren, met front blaren tot gevolg.

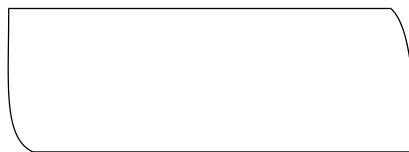


Figuur 3.6: Positieve taper heating [12]

Da Silva zegt dat blaren door taper heating gemakkelijk voorkomen kunnen worden door de juiste stuikdruk in te stellen.

f Slechte snede warme schaar

Indien de billets op lengte gebracht worden door een schaar vindt er vervorming plaats. Deze vervorming vindt plaats aan de achterkant van de eerste billet en aan de voorkant van de tweede billet. Elke billet gaat dus aan de voor- en achterkant een kromming krijgen zoals te zien is op Figuur 3.7. Hierdoor zal er ook lucht opgesloten geraken in de container, zowel voor als achter. Wat de kans op front en back blaren verhoogt.



Figuur 3.7: Zijaanzicht billet warme schaar

3.1.2. Oorzaken middle blaren

Middle blaren komen voor over het midden van het geëxtrudeerde profiel. Ook de oorzaken die blaren veroorzaken over de ganse lengte van het profiel zijn bij middle blaren gerekend.

a Verontreinigd bilietoppervlak

Met verontreiniging bedoelt men vetten en oliën die op het bilietoppervlak kunnen druipen tijdens het in de pers laden van de billet, maar ook andere vuiligheden die op het bilietoppervlak zijn gekomen tijdens het transport of merktekens. De blaren die hier mogelijk het gevolg van zijn, kunnen zich over de ganse lengte van het geëxtrudeerde profiel voordoen.

b Dubbele blok

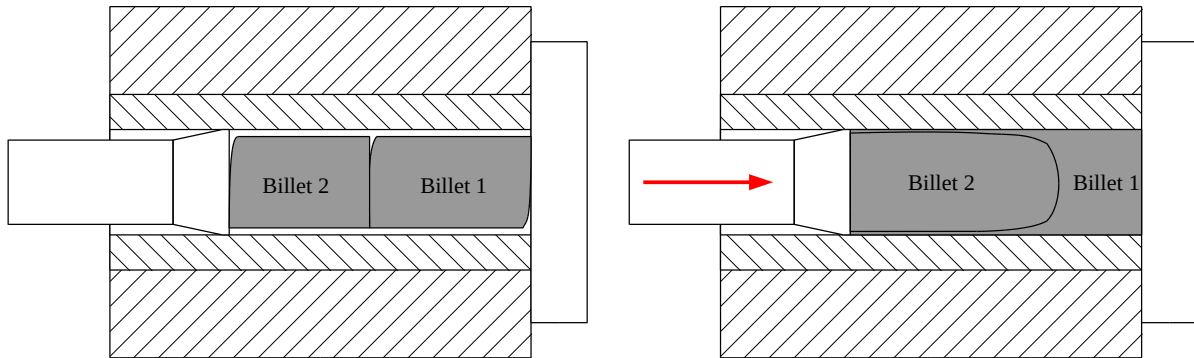
Dubbele blokken zijn een grote oorzaak van middle blaren. Hier zijn volgende redenen voor:

- **Slechte aansluiting tussen twee billets:**

Indien de billets op lengte gebracht worden door een warme schaar, dan is de aansluiting tussen de twee billets van de dubbele blok bijzonder slecht. In de aansluiting raakt tijdens het ontlichten lucht opgesloten die mee het profiel in vloeit. Hoewel de aansluiting tussen twee billets, die op lengte gebracht zijn door een warme zaag, veel beter is dan bij een schaar, kunnen er zich ook hier gelijkaardige problemen voordoen.

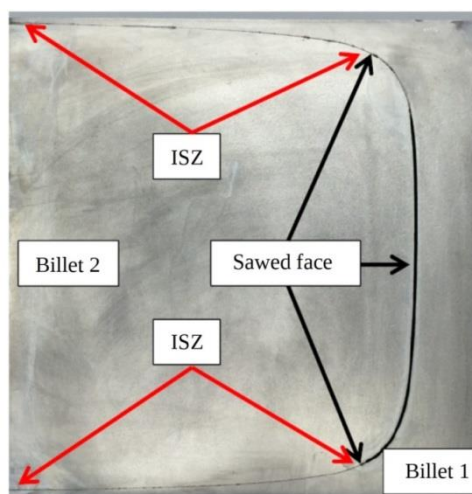
- **In elkaar vloeien van de twee billets:**

Bij het stuiken van een dubbele blok, bestaande uit billet 1 en billet 2, welke op gelijke temperatuur zijn, zal het volgende gebeuren [20]: Billet 1 stuikt en vloeit rond billet 2, terwijl billet 2 in billet 1 vloeit. Dit is te zien rechts op Figuur 3.8.



Figuur 3.8: Stuiken van een dubbele blok

Na het stuiken, lijkt het alsof de twee billets versmolten zijn tot één billet. Billet 2 bevindt zich volledig in billet 1. Na doorzagen en etsen is de overgang tussen billet 1 en billet 2 nog steeds te zien, zoals weergegeven in Figuur 3.9. De zwarte pijlen op Figuur 3.9 duiden de gezaagde kant van de billet aan, de diameter van deze kant is iets kleiner geworden door het naar achter vloeien van billet 1. De rode pijlen duiden de billeshuid aan, waaronder de inverse segregatiezone (ISZ). Doordat billet 1 rond billet 2 vloeit, zal de billeshuid van billet 2 meer naar het centrum van de container vloeien en dus weg van de containerwand. Dit verhoogt de kans op instroom van billeshuid in het profiel aanzienlijk, want de billeshuid van billet 2 zal nu niet meer blijven ‘kleven’ aan de containerwand. De neus van billet 2 (sawed face) is weinig vervormd en dus zwak gebonden op billet 1, dit is te zien aan de duidelijke scheiding op Figuur 3.9 tussen de drie zwarte pijlen in. De wanden van billet 2 (tussen de rode pijlen) zijn veel feller vervormd en sluiten ook beter aan op billet 1. Dit komt doordat de billeshuid veel feller uit elkaar gewreven wordt, zodat het mogelijk wordt dat kernmateriaal van billet 1 aan billet 2 kan binden. Er wordt dan ook beweerd dat de binding van de neus van billet 2 op billet 1 de hoofdveroorzaker is van blaren. Dit verklaart ook waarom er ook blaren voorkomen bij gezaagde dubbele blokken en niet enkel bij geschaarde dubbele blokken, want bij geschaarde dubbele blokken is de aansluiting tussen beide billets ongeveer perfect en kan er bijna geen lucht opgesloten geraken in de container.



Figuur 3.9: Aansluiting tussen billet 1 en billet 2 (geëtst) [20]

c Temperatuurverschil tussen billet en containerwand

Indien de container warmer is dan de billet, zal de billeshuid als eerste opwarmen door dit temperatuurverschil. Dit zorgt ervoor dat de billeshuid makkelijker door de matrijs zal vloeien [21]. Ook als de containerwand even warm als de billet is, gebeurt dit, weliswaar in mindere mate. Door de containertemperatuur [22] lager te houden dan de billettertemperatuur ($\pm 30^{\circ}\text{C}$ verschil) werkt men de invloed van billeshuid in het profiel en dus ook blaarvorming tegen.

d Kwaliteit billetmateriaal

De kwaliteit van de billet heeft een grote invloed op blaarvorming en kan blaren veroorzaken op eender welke plaats op het profiel. Er zijn drie factoren waar men op moet letten: H_2 -gehalte, inwendige holtes in de billet en een grote inverse segregatiezone.

- H_2 kan in het aluminium terechtkomen tijdens het gietproces. In een vochtige omgeving zal het aluminium met het zuurstofatoom van een watermolecule reageren tot aluminiumoxide. Er blijft een H_2 -molecule over die in de billet dringt. Vanaf een bepaalde concentratie H_2 -moleculen zullen deze, onder hoge temperatuur, hevig gaan expanderen met kans tot blaarvorming tot gevolg.
- Inwendige holtes in de billet zijn het gevolg van een slechte giettechniek en kunnen aanleiding geven tot blaarvorming.
- De grootte van de inverse segregatiezone is afhankelijk van het gietproces. Deze zone bevat meer verontreinigingen en insluitingen dan de rest van de billet. Een combinatie van H_2 en insluitingen kan resulteren in blaren op het profieloppervlak.

e Speling tussen billet en containerwand

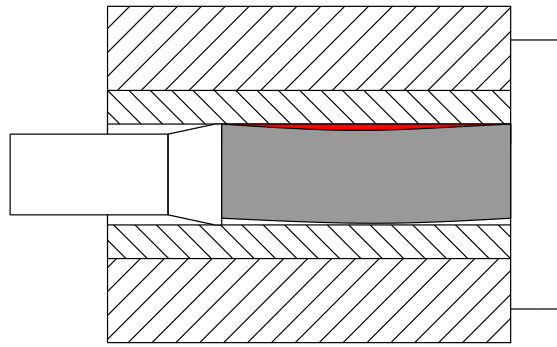
Bij kleine billetdiameters is er relatief gezien een groter verschil tussen billetdiameter en containerdiameter dan bij grotere billetdiameters. Dit wil zeggen dat er relatief ook meer lucht in de container zit, wat blaren op elk punt van het profiel tot gevolg kan hebben. Bij E-MAX heeft pers 1 een containerdiameter van 210 mm, de billets hebben een diameter van 203 mm (8 inch), dit geeft een speling van 3,33%. Pers 2 heeft een containerdiameter van 261 mm, de billets hebben een diameter van 254 mm (10 inch), wat een speling geeft van 2,68%.

f Te lage stuikdruk

Indien de stuikdruk te laag is, zal de billet niet volledig tot tegen de containerwand uitzetten. Dit zorgt ervoor dat er na het ontluichten nog steeds lucht in de container zit. Voor de juiste stuikdruk, zie oorzaken front blaren punt d.

g Gebogen billets

Door fouten in de gieterij is het mogelijk dat de billets vormafwijkend zijn. Indien de billet zo fel gebogen is dat deze niet meer in de container past, zal de billet niet geperst worden. Maar indien de billet nog net wel in de container past, zal er tijdens het stuiken een hoeveelheid lucht opgesloten geraken. Dit wordt geïllustreerd door de rode oppervlakte op Figuur 3.10.



Figuur 3.10: Persen van gebogen billet

h Buikig worden van de container

De containerbus is gemaakt van warmarbeidstaal, dit is staal dat op hoge temperatuur zijn sterkte behoudt. Maar toch is de temperatuur in de container tegen de ontlatinggrens van het warmarbeidstaal aan, waardoor deze na verloop van tijd boller (of buikig) wordt. Omdat aluminium een zeer grote adhesie naar staal toe heeft, zal op de plekken waar de container buikig is aluminium komen te zitten. Dit laagje wordt steeds dikker en soms zal de persschijf stukken van deze laag af trekken. Hierdoor ontstaan luchtkanaaltjes in de container, de lucht die hier gaat zitten kan niet verwijderd worden bij het ontluchten en verhoogt dus de kans op blaren. Bij E-MAX wordt de binnenbus van de container 2 keer per jaar vervangen.

i Uitlijning van de pers

De container en de persschijf moeten perfect uitgelijnd zijn, d.w.z. dat de centerlijn van de persschijf moet samenvallen met de centerlijn van de container en met de centerlijn van de cassette waarin de matrijs zit. Indien deze onderdelen niet goed uitgelijnd zijn, zal materiaal dat tegen de containerwand kleeft (voornamelijk billeshuid) mee in het profiel vloeien en zo blaren veroorzaken. Een ander gevolg van slechte uitlijning is dat er groeven in de container getrokken worden. Hierdoor kunnen container en persschijf beschadigd geraken. Bovendien is de luchtspleet bij slechte uitlijning niet overal even groot, waardoor het ontluchten door de persschijf niet optimaal verloopt. Doordat de persschijf lichtjes los gemonteerd is op de ram, kan de persschijf zich in de mate van het mogelijke zelf centreren. De speling tussen persschijf en container bij E-MAX is 1,15 mm voor pers D1 en 1,5 mm voor pers D2.

3.1.3. Oorzaken back blaren

Back blaren komen voor op het geëxtrudeerde profiel op de laatste meters (ongeveer 15% van de totale profiellengte) voor de tweede stilstandsmarkering.

a Overmatig gebruik van smeermiddelen op de persschijf

De meeste smeermiddelen zijn koolwaterstof gebaseerd en verdampen wanneer deze in contact komen met de warme billet. Het is dus mogelijk dat deze dampen in de container opgesloten geraken en zich tot back blaren op het profiel manifesteren. Smeermiddelen zijn echter noodzakelijk, want zij zorgen ervoor dat de persrest niet aan de persschijf blijft kleven.

b Verontreinigde persschijf

Indien aluminium aan de persschijf blijft kleven, kan het zijn dat de persschijf niet meer functioneert naar behoren. Dit vergroot de kans op lucht vanachter in de container en dus ook de kans op back blaren.

c Foute persrest dikte

Zie oorzaak nummer c bij oorzaken van front blaren op pagina 31.

d Slechte bilietoppervlaktekwaliteit

Krassen en ongelijkheden over de ganse lengte van het bilietoppervlak kunnen zorgen voor opgesloten lucht in de container. Deze opgesloten lucht kan naar het oppervlak van het profiel vloeien, waardoor er blaren ontstaan. Dit is enkel een probleem bij profielen waarvan de diameter van de ingeschreven cirkel de bilietdiameter benadert en indien er bilietheid wordt mee geperst. Doordat deze krassen en ongelijkheden zich op de bilietheid bevinden en omdat de bilietheid als laatste door het profiel vloeit, zullen deze krassen en ongelijkheden zich voornamelijk als back blaren manifesteren.

e Slecht functionerende of te grote persschijf

Bij het slecht functioneren van de persschijf of als de persschijf te groot is, zal de lucht tijdens de stuikcyclus niet kunnen ontsnappen via de opening tussen persschijf en container. Dit heeft back blaren als gevolg.

f Slechte snede warme schaar

Zie punt f bij oorzaken front blaren.

3.2. Matrijzen

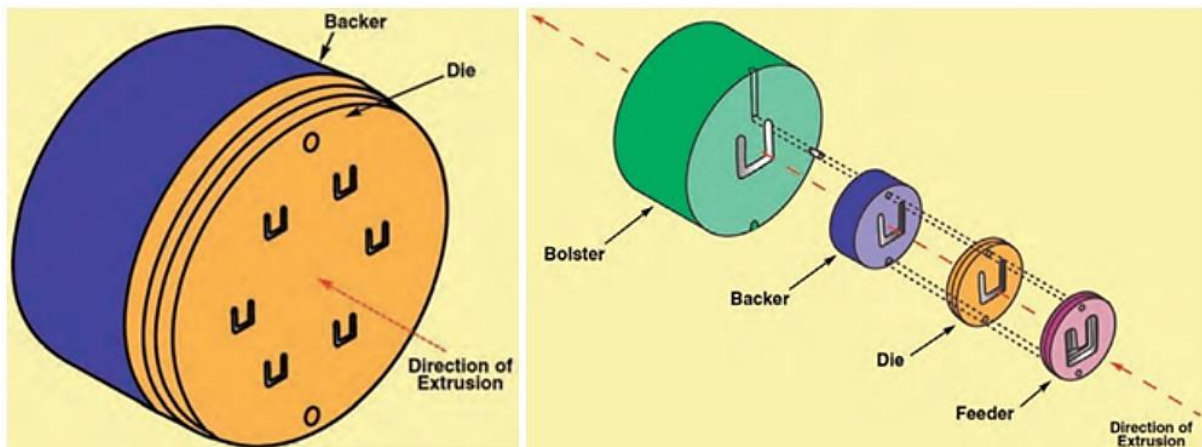
Om luchtinsluitingen op het profiel te kunnen linken naar hun positie op de biliet, is het belangrijk kennis te hebben van bilietstromingen (zie deel van ledigingsdiagrammen) en matrijzen. Bilietstromingen zijn namelijk afhankelijk van de matrijs. Matrijzen zorgen voor de omvorming van biliet naar profiel. In de container begint de biliet die op temperatuur gebracht is onder invloed van de aangelegde druk te vloeien. Bij E-MAX wordt de fabricage van matrijzen uitbesteed. Matrijzen [12] worden eerst ontworpen via een CAD/CAM programma en daarna gefabriceerd door middel van bepaalde verspaningstechnieken (CNC, wire-EDM ...).

Er bestaan 3 soorten matrijzen [23]: matrijzen voor massieve profielen (Eng.: *solid dies*), matrijzen voor bijna holle profielen (Eng.: *semihollow dies*) en matrijzen voor holle profielen (Eng.: *hollow dies*). Omdat dit buiten het bestek van deze thesis ligt, zullen matrijzen voor bijna holle profielen niet beschouwd worden.

3.2.1.1. Solid matrijzen

Dit soort matrijzen wordt gebruikt voor het vervaardigen van profielen zonder holtes. Er zijn 2 mogelijke uitvoeringen van solid matrijzen: vlakmatrijzen (Eng.: *flat-face dies*) en 'pocket' of 'weld-plate' matrijzen.

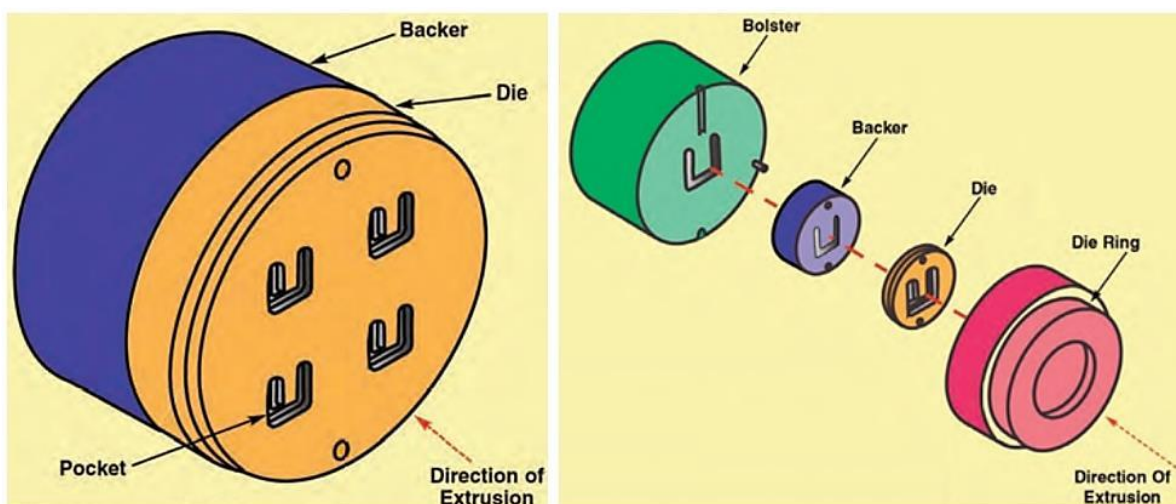
Vlakmatrijzen hebben de vorm van het profiel in de matrijs uitgespaard, zoals te zien is links op Figuur 3.11.



Figuur 3.11: 6-gats vlakmatrijs (links) & Configuratie voor vlakmatrijzen (rechts) [23]

Het nadeel hiervan is dat er geen 2 achtereenvolgende billets aaneengelast kunnen worden. Dit kan opgelost worden door voor de matrijs een *feeder plate* of *weld disc* te zetten. Naast het aan elkaar lassen van opeenvolgende billets heeft de feeder plate ook de functie om de vorm van het profiel al lichtjes voor te vormen en om de aluminiumstroom uit te spreiden zodat ook heel grote profielen (groter dan 90% van de billetediameter) geëxtrudeerd kunnen worden. De standaard samenstelling van een matrijzenpakket voor vlakmatrijzen bij E-MAX is rechts op Figuur 3.11 weergegeven. De vlakmatrijs bevindt zich tussen feeder plate en backer in. Zowel backer als bolster zorgen voor ondersteuning van de matrijs. De backer, matrijs en feeder plate zitten meestal nog in een aparte houder, die dan samen met de bolster in een cassette zit. Deze cassette kan men in en uit de pers schuiven bij matrijswissel. Bij sommige matrijzen wordt voor de feeder plate nog een bevel ring gemonteerd, dit is een licht kegelvormige ring, die het afscharen van de persrest verbetert.

Pocket matrijzen zijn gelijkend op vlakmatrijzen, maar waar vlakmatrijzen vlak zijn, hebben pocket matrijzen een uitsparing rond de profielcontour. Dit is afgebeeld links op Figuur 3.12



Figuur 3.12: 4-gats pocket matrijs & Configuratie voor pocket matrijzen [23]

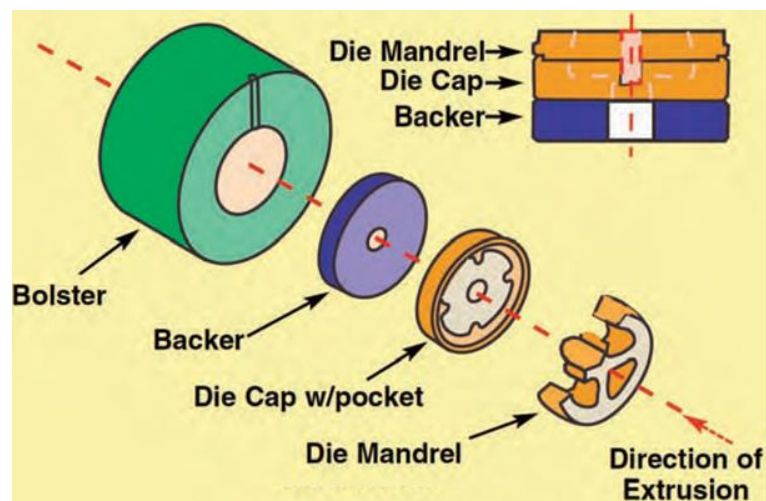
Deze uitsparing help de aluminiumstroom te controleren en zorgt ervoor dat twee opeenvolgende billets aan elkaar gelast kunnen worden (\approx functie feeder plate). Gewoonlijk wordt over de backer en

de matrijs nog een bevel ring (of die ring) geschoven en dit geheel wordt samen met de bolster in de cassette gezet. Dit is te zien rechts op Figuur 3.12.

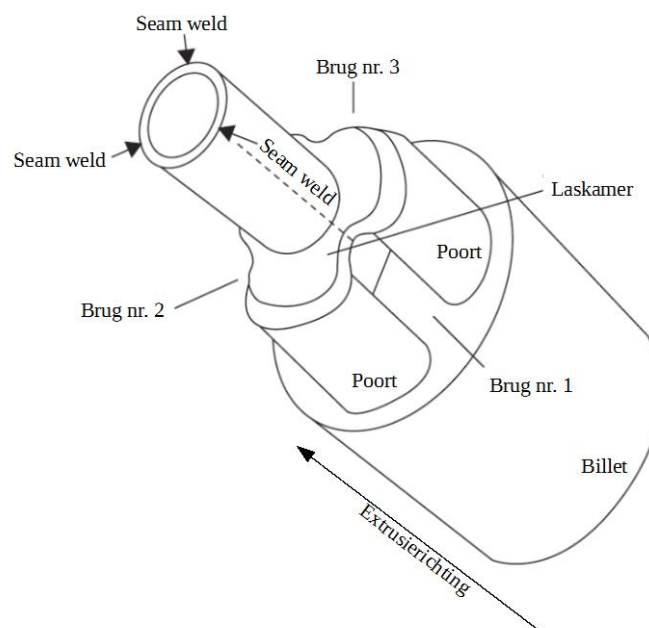
3.2.2. Hollow matrijzen

Dit soort matrijzen wordt gebruikt voor het vervaardigen van profielen met holtes. Er zijn hier ook twee soorten: *pancake hollow* en *porthole hollow*.

Een pancake hollow matrijspakket bestaat uit een backer, een *die cap* en een *die mandrel*. Deze onderdelen worden geplaatst zoals weergegeven op Figuur 3.13. De kern van de mandrel vormt de inwendige delen van het holle profiel. De aluminiumstroom wordt opgedeeld en door elk van de poorten (minimum twee poorten) van de mandrel geleid. De poorten worden van elkaar gescheiden door bruggen die de kern ondersteunen. De aluminiumstromen komen terug samen in de laskamers, waar de aluminiumstromen van 2 aanliggende poorten aan elkaar gelast worden, deze las wordt ook wel *seam weld* genoemd en ligt over de ganse lengte van het profiel. Dit is te zien op Figuur 3.14 als stippellijnen op het buisprofiel. Er is 3 keer een seam weld over de omtrek van het buisprofiel. De die cap geeft de buitenkant van het profiel vorm. De backer zorgt ook hier voor de nodige ondersteuning.



Figuur 3.13: Configuratie voor pancake hollow matrijzen [23]



Figuur 3.14: Materiaalstroom in hollow matrijs [24]

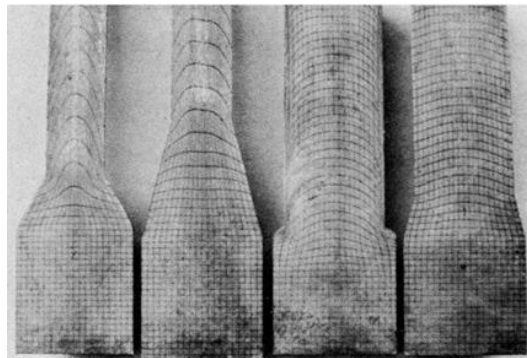
Porthole hollow matrijzen hebben volledig dezelfde opbouw als pancake hollow matrijzen, met uitzondering van de afwezigheid van een backer. De die cap is in dit geval dikker en neemt de functie van de backer over.

3.3. Ledigingsdiagramma's / aluminiumstroom in billet

Het is de bedoeling om, gegeven de plaats van de blaren op het profiel, de plaats van de oorzaak ervan terug te rekenen naar de oorspronkelijke billet. Hiervoor is het belangrijk om te weten hoe het aluminium vloeit van billet naar profiel. Om de stroming van het aluminium in de container en de matrijs beter te begrijpen wordt er gebruik gemaakt van ledigingsdiagramma's (Eng.: *emptying diagrams*). Ledigingsdiagramma's kunnen op twee manieren geconstrueerd worden: manueel of via FEM-techniek.

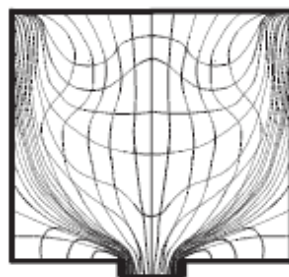
3.3.1. Manuele constructie

Bij de manuele techniek vertrekt men van het vervormingspatroon (Eng.: *deformed pattern*) dat men experimenteel afleidt door vreemde materialen in twee richtingen in de billet te steken. Een voorbeeld hiervan is te zien op Figuur 3.15.



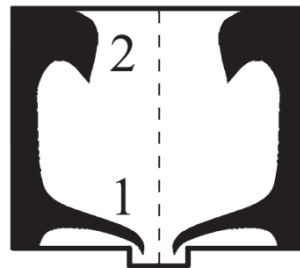
Figuur 3.15: Experimentele vloeipatronen [25]

Het theoretische vervormingspatroon van directe extrusie is weergegeven op Figuur 3.16. Dit houdt in dat er 100% *sticking friction* is tussen billet en containerwand en tussen billet en matrijs. Men spreekt van *sticking friction* [26] indien twee verschillende materialen, die ten opzichte van elkaar bewegen, eerder gaan kleven aan elkaar dan gaan schuiven. Dit is zeker het geval voor aluminium, dat adhesieve eigenschappen heeft naar staal toe. Hierdoor zal het buitenoppervlak (billethuid) van de billet tegen de stalen containerwand blijven kleven. De persschijf zal tijdens het persen deze billethuid afschrapen van de containerwand, waardoor deze billethuid zich opstapelt tegen de persschijf aan en na verloop van tijd in het profiel zal vloeien.



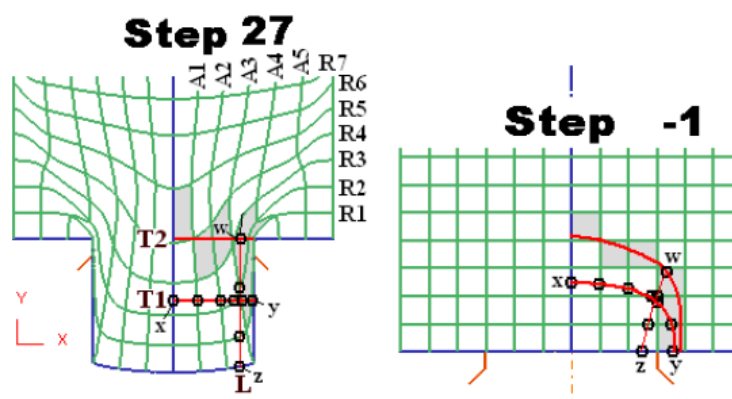
Figuur 3.16: Theoretisch vervormingspatroon van directe extrusie [24]

Figuur 3.17 toont de instroom van billeshuid (zwart gedeelte) bij een vervormingspatroon zoals op Figuur 3.16. Er zijn twee mogelijke manieren hoe billeshuid in het profiel kan komen. Als eerste kan er billeshuid over de dode zone schuiven en zo in het profiel komen, dit is nummer 1 op de figuur. Dit is enkel mogelijk indien de billeshuid dezelfde vloeispanning heeft als de rest van de billet. Indien er geperst wordt met een temperatuurverschil tussen billet (warmer) en container (kouder), is de billeshuid koeler dan de rest van de billet. De vloeispanning van de billeshuid zal dan ook hoger zijn. In dit geval stroomt er geen billeshuid over de dode zone de billet in. Dit is al vermeld in Temperatuurverschil tussen billet en containerwand op pagina 36. Ten tweede kan er billeshuid langs achteren in het profiel instromen, zoals nummer 2 op Figuur 3.17, dit gebeurt als de persrest te dun is.



Figuur 3.17: Instroom van billeshuid in het profiel [24] (extrusierichting van boven naar onder)

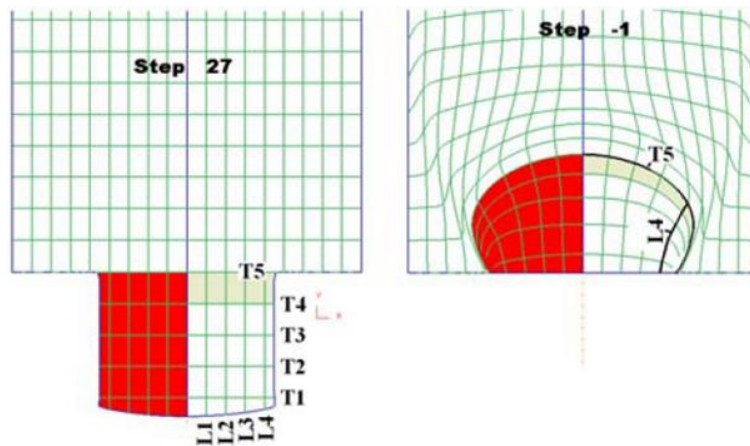
Op de rechtse afbeelding van Figuur 3.18 is de onvervormde billet te zien, hier zijn de indelingen nog vierkant. Links is de vervorming te zien na een korte lengte te extruderen. T1 en T2 in de linkse figuur zijn 2 transversale lijnen en L is een longitudinale lijn. Door de snijpunten van de transversale en longitudinale lijnen met de groene lijnen van het vervormingspatroon terug te rekenen naar de rechtse figuur, kan men nieuwe lijnen construeren. Een ledigingsdiagram bestaat dan uit de rode lijnen die zijn weergegeven in de rechtse figuur, hetzij wel dat er nog extra lijnen zijn toegevoegd om het volledige vloeipatroon van het aluminium in de container en matrijs weer te geven.



Figuur 3.18: Manuele constructie ledigingsdiagram [27]

3.3.2. FEM-constructie

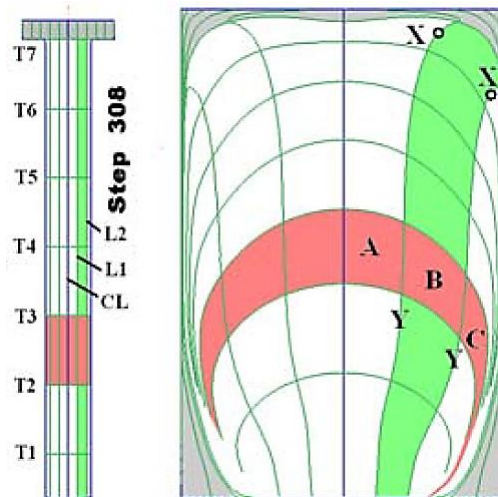
Bij FEM-constructie ziet het ledigingsdiagram eruit zoals op de rechterhelft van Figuur 3.19. De FEM-techniek benadert de experimentele resultaten met voldoende precisie door een wiskundige benadering van het vloeipatroon, typisch verkregen via experimentele waarden. Men neemt nu rechte lijnen voor het reeds geperste stuk billet. Het geperste deel wordt dan virtueel terug aan de billet in geduwd, de lijnen van de vervorming die dan optreedt, worden geconstrueerd.



Figuur 3.19: FEM-constructie ledigingsdiagram [27]

3.3.3. Ledigingsdiagram voor ideale extrusie door solid matrijzen

Figuur 3.20 bestaat uit twee delen en is geconstrueerd met de FEM-techniek: het eerste deel stelt het geëxtrudeerde profiel voor, bestaande uit 7 transversale en 2 longitudinale lijnen. Hierop zijn een rechthoekige rode zone (lateraal) en een rechthoekige groene zone (longitudinaal) aangeduid. De rode halve maan verandert naar een rechthoek in het geëxtrudeerde stuk. Ook is opvallend dat de sikkels van de maan het dichtsbij de matrijs liggen en toch uiteindelijk op dezelfde hoogte liggen als de bovenkant van de maan. Dit bevestigt dat de vloeiselheid in het midden groter is dan aan de rand. Stuk A ligt tegen het midden van de billet en ondervindt voornamelijk vervorming door verlenging. Stuk C daarentegen ligt aan de rand van de billet en ondervindt voornamelijk afschuifvervorming. Alles wat grijs gekleurd is, zou in de persrest moeten uitkomen eenmaal de billet geëxtrudeerd is. Dit houdt in: dode zone, billeshuid en materiaal uit de achterkant van de billet.



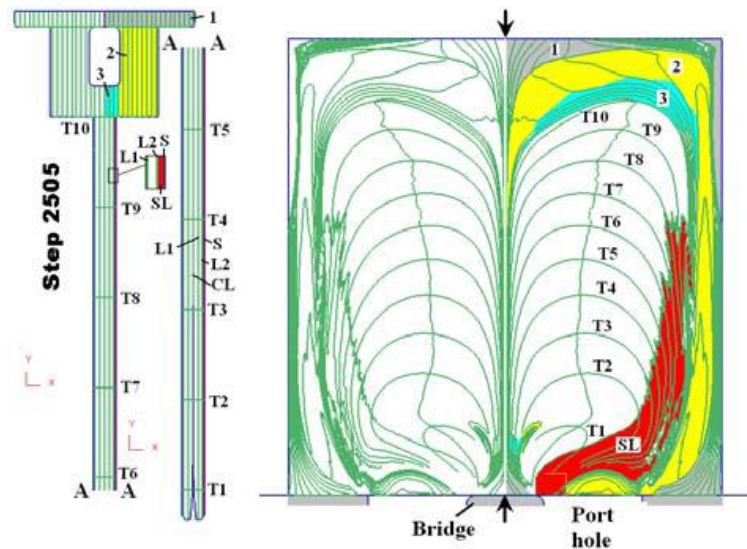
Figuur 3.20: Ledigingsdiagram voor ideale extrusie door solid matrijzen [27]

3.3.4. Ledigingsdiagram voor ideale extrusie door hollow matrijzen

Figuur 3.21 toont het geëxtrudeerd profiel en het bijhorende FEM geconstrueerde ledigingsdiagram voor geïdealiseerde extrusie door hollow matrijzen [27]. Deze simulatie bevat een brug en een laskamer en komt dus goed overeen met een hollow matrijs. Bij dit ledigingsdiagram wordt de aluminiumstroom gesplitst in 2 kleinere stromen door een brug. Deze stroompjes stromen door de poorten en vullen de laskamer. Hier komen de stromen terug samen en worden één stroom door druklassen (Eng.: *pressure welding*). Op het geëxtrudeerde profiel is er tot T3 nog een lasnaad te zien, in praktijk is deze normaal gezien niet zichtbaar aan het oppervlak van het profiel. Bij de simulatie

ging men er van uit dat er nog geen aluminium in de matrijs aanwezig was. De figuur is ingedeeld in een aantal nummers en kleuren:

- Grijs (nr. 1): gedeelte dat in de persrest uitkomt na het extruderen van de billet
- Geel (nr. 2): aluminium dat zich bevindt in de poort na het persen van de billet
- Blauw (nr. 3): aluminium dat zich bevindt in de laskamer na het persen van de billet
- Rood (SL): aluminium dat de rechter buitenkant van het profiel vormt
- Wit: aluminium dat de rest van het profiel vormt
- Smalle witte lijn in het midden op het rechterdeel van de figuur (aangegeven door pijltjes): dit aluminium vormt een dode zone voor de brug. Dit materiaal vloeit niet uit de matrijs en wordt aan het einde van de extrusie ook opgevangen in de persrest.



Figuur 3.21: Ledigingsdiagram voor ideale extrusie door hollow matrijzen [27]

3.4. Microstructuur

Om meer te weten te komen over het ontstaan van blaren moet de microstructuur van blaren bekeken worden. Hieronder staat de te volgen methode uitgeschreven.

a Monster afzonderen van het profiel

Het profiel moet doorgeslepen of doorgezaagd worden ter hoogte van de te bestuderen plaats.

b Schuren van het monster

Het monster kan ingebed worden in bakeliet, dit vergemakkelijkt het vasthouden van het stuk tijdens het schuren. Men kan dan de ganse doorsneeoppervlakte van het profiel ineens schuren. Voor het schuren dient men te beginnen met het ruwste vel schuurpapier en zo stap voor stap fijner gaan, totdat er nog een minimum aan krassen op het doorsneeoppervlak zichtbaar is.

c Polijsten van het monster

Het oppervlak nog gladder maken, gebeurt door te polijsten met diamantpasta. Diamantpasta bestaat uit kleine diamantkorrels die harder zijn dan de te schuren monsters. Omdat deze korrels kleiner zijn dan de korrels van het schuurpapier, wordt dit gebruikt als laatste mechanische bewerking op het monster voordat het een chemische behandeling krijgt.

d Reinigen van het monster

Deze stap is nodig om achtergebleven diamantpasta en schuurkorrels te verwijderen. Het is belangrijk dat dit contactloos gebeurt, dus met water en/of lucht.

e Etsen van het monster

Etsen is noodzakelijk om microstructuren te zien. Het etsmiddel reageert met het materiaal op het oppervlak. De zwakste regio's worden eerst aangevallen door het etsmiddel en regio's met een andere samenstelling kunnen op een andere manier reageren. Volgens Thermo-Clean [28] kan men aluminium het best beitsen met een NaOH-oplossing. De reactie verloopt volgens volgende formule: $2 Al + 2 NaOH + 2 H_2O \rightarrow 2 NaAlO_2 + 3 H_2$. Aluminium (Al) reageert met de base (NaOH) tot natriumaluminaat (NaAlO₂) en waterstofgas (H₂). Tijdens de reactie zal het waterstofgas opstijgen als belletjes uit het beitsmiddel en het natriumaluminaat blijft in de oplossing. De concentratie NaOH in de waterige oplossing ligt best tussen de 1 en de 10 m%. De temperatuur tijdens het beitsen ligt best tussen de 30 en 45 °C. De beitsduur ligt tussen de 1 en de 15 minuten. Het spreekt voor zich dat deze parameters eerder richtwaarden zijn voor een praktische test, er zal dus geëxperimenteerd moeten worden om de beste combinatie van concentratie, temperatuur en duur te vinden.

f Microscopie

Voor deze toepassing zal eerst optische lichtmicroscopie gebruikt worden. Indien dit niet volstaat kan overgestapt worden naar elektronenmicroscopie.

4. Observatie extrusiepers

Om de te kijken welke oorzaken van blaarvorming, beschreven in de literatuurstudie, toe te schrijven zijn aan de persen bij E-MAX, werden de kleine pers (D1) en de grote pers (D2) geobserveerd van november 2015 tot en met maart 2016.

4.1. Verloop

Om niets over het hoofd te zien, zijn zoveel mogelijk parameters bijgehouden, niet enkel de data van billets met blaren, maar ook de data van de eerste billets van een order en dubbele blokken. Deze informatie is afkomstig van hetgeen er op de computerschermen en meters van de persoperator te zien is en wat er met het blote oog aan de profielen en installatie te zien is. De manier van noteren is in de tijd verfijnd geweest. In het begin werden enkele parameters niet genoteerd die na verloop van tijd toch belangrijk voor het onderzoek bleken te zijn.

4.2. Bijgehouden parameters

Hier staan alle parameters beschreven die werden bijgehouden tijdens de observatie. Al deze parameters zijn bijgehouden in tabellen. De volledige tabellen van de observaties voor pers 1 (D1) en pers 2 (D2) zijn terug te vinden in Bijlage 2: Data van observaties. De grote tabel is in stukjes gedeeld om deze op A4 bladzijden te krijgen, deze tabel bevindt zich van pagina 96 t.e.m. pagina 126.

Indien er geen waarde in de tabel is ingevuld is er een '?' of een '/' ingevuld. Een '?' wil zeggen dat de betreffende parameter onbekend is. Een '/' wil zeggen dat de parameter niet van toepassing is. Bijvoorbeeld indien er geen blaren zijn, is de afstand van het defect tot de stilstand niet van toepassing.

De parameters die in de tabel zijn ingevuld worden hieronder uitgelegd.

1 Datum

De datum van observatie is genoteerd om veranderingen te kunnen vergelijken doorheen de tijd.

2 Matrijsnummer

Het matrijsnummer is genoteerd om zo de matrijstekeningen achteraf gemakkelijker op te vragen. Een matrijs krijgt een eigen nummer ter identificatie. Deze nummer bestaat uit 4 of 5 cijfers voor een schuine streep en één of twee cijfers na de schuine streep. Het getal voor de schuine streep is het unieke nummer van de matrijs. Het getal na de schuine streep geeft weer hoe vaak de matrijs al eens opnieuw geproduceerd is.

3 Ordernummer

Een door de klant geplaatste bestelling of order bestaat uit het type profiel (met legering), de gewenste profiellengte en het aantal profielen. Deze drie parameters bepalen hoeveel billets er aan de pers geperst moeten worden en welke matrijs er gebruikt moet worden. Een order aan de pers bestaat dus uit een aantal billets en heeft een nummer. Het ordernummer komt overeen met het ordeningssysteem van E-MAX, indien er extra info nodig is over een bepaald order kan deze info zo teruggevonden worden. Het ordernummer bestaat uit 6 cijfers en is volledig uniek.

4 Legering

De 4 courantste aluminiumlegeringen die men bij E-MAX perst, zijn de volgende: 6005, 6060, 6061 of 6063. Indien de klant dit specifiek wenst, kunnen ook nog andere legeringen geperst worden. De legering is afhankelijk van de matrijs, maar wordt toch ook apart genoteerd. De samenstellingen van deze legeringen zijn terug te vinden in Bijlage 1: Aluminium legeringen 6000 reeks op pagina 94.

5 Aantal gaten

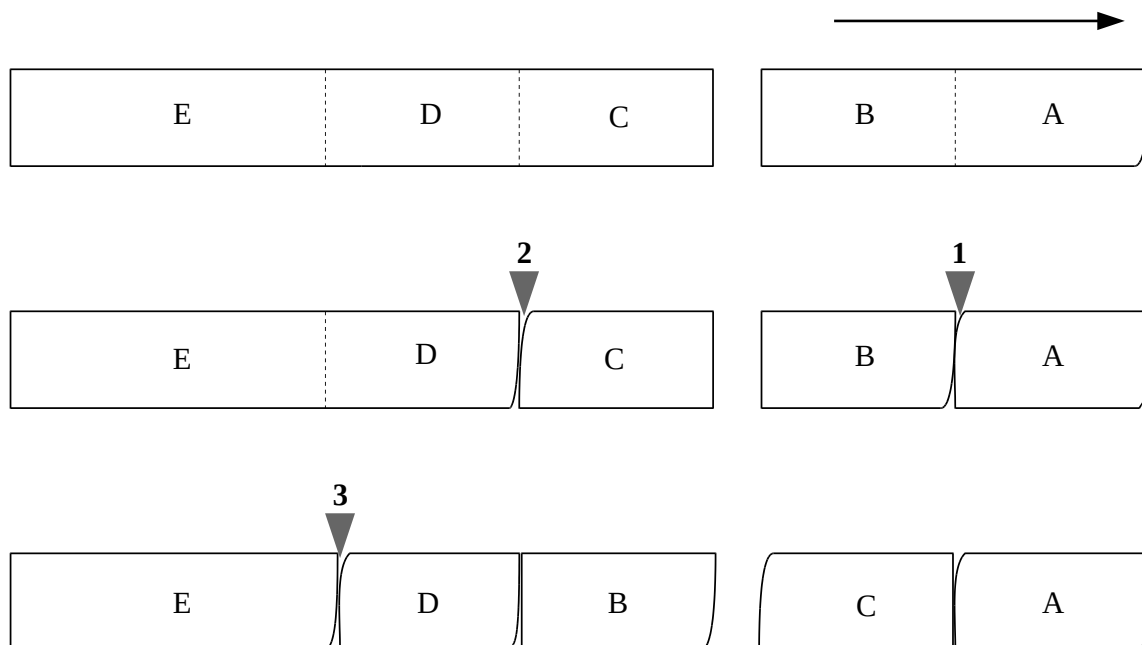
Dit is het aantal profielen dat tegelijkertijd uit de matrijs komt. Ook dit is weer afhankelijk van de matrijs.

6 Bilettnummer

Tijdens het persen, wordt per order iedere billet genummerd om zo een overzicht te kunnen houden over hoeveel billets er al geperst zijn en hoeveel billets er nog geperst moeten worden. Deze nummering wordt tijdens de observatie overgenomen.

7 D.B. cycle of na D.B.

Zoals aangegeven in de literatuurstudie is de dubbele blok een belangrijke oorzaak van blaren, daarom is het noodzakelijk dubbele blokken te noteren. Ook als er geen blaren zijn. Er zijn 2 soorten dubbele blokken: de A cyclus en de B cyclus. Een A cyclus bestaat gewoon uit het laatste stukje stam van de oude stam en het eerste stukje stam van de nieuwe stam. Een B cyclus weergegeven op Figuur 4.1. De pijl staat in de richting van het proces. Het bovenste deel van de figuur toont het stuk AB en het stuk CDE. AB is een overgebleven stuk van de oude stam en langer dan de benodigde billetlengte. CDE is de nieuwe stam. Het is niet mogelijk om van stuk AB nog een billetlengte af te scharen/zagen, want het overblijvende stuk zou te kort zijn. Daarom verdeelt men AB in twee (ongeveer) gelijke delen. Dit is te zien op het middelste stuk van Figuur 4.1. Van de nieuwe stam wordt nu een stuk C afgenomen dat samen met A een billetlengte moet vormen. Op het onderste stuk van de figuur wordt het pas afgenomen stuk C achter stuk A gelegd, men bekomt nu een volwaardige billet. Stuk D wordt van de nieuwe stam afgenomen en achter B gelegd, de lengte BD vormt nu ook een volwaardige billet. BD gaat samen met E terug de oven in, terwijl AC klaargelegd wordt om te persen. Een dubbele blok van stuk A en C wordt aangegeven in Bijlage 2: Data van observaties van pagina 96 t.e.m. pagina 126 door 'B AC' en een dubbele blok van stuk BD wordt aangegeven door 'B BD'.



Figuur 4.1: Dubbele blok B cyclus

Een B cyclus bevat in tegenstelling tot de A cyclus altijd 2 dubbele blokken achter elkaar. De vlakken van een A cyclus dubbele blok die tegen elkaar liggen, zijn de uiterste vlakken van de stammen. Deze vlakken zijn niet vervormd door het op lengte brengen van een billet en zijn mooi vlak. Bij een B cyclus zijn de vlakken die tegen elkaar liggen enkel vlak als de billets op lengte gezaagd worden. Indien ze op lengte geschaard worden is deze aansluiting niet mooi vlak, dit is ook te zien op Figuur 4.1.

Er is na verloop van tijd ook een vermoeden gegroeid dat de billet die na een dubbele blok geperst wordt, vaak blaren heeft. Daarom werd dit ook genoteerd in de tabel. Indien een billet na een dubbele blok komt, wordt dit aangegeven in Bijlage 2: Data van observaties van pagina 96 t.e.m. pagina 126 als 'na D.B.'.

8 Verhouding D.B.

Hier wordt bijgehouden hoe lang beide deelstukken van een dubbele blok zijn. Dit wordt geschat met het blote oog. Het is namelijk gevaarlijk om te meten op de billet, want de loader kan plots bewegen en de billet is meer dan 400°C warm. De notatie is van de vorm x/y (uitgedrukt in procenten), de betekenis van x en y is verschillend voor pers 1 en pers 2. Voor pers 1 (D1) is x de relatieve lengte van het stuk tegen de matrijs en y de relatieve lengte van het stuk tegen de persschijf. Voor pers 2 (D2) is x de relatieve lengte van het stuk tegen de persschijf en y de relatieve lengte van het stuk tegen de matrijs. De som van x en y is altijd gelijk aan 100%.

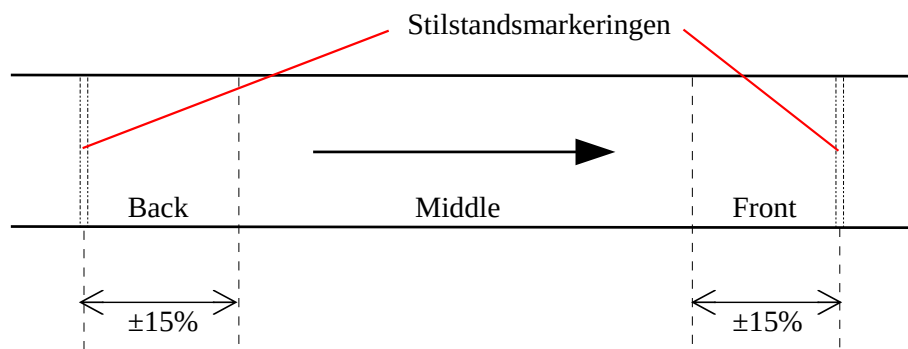
9 Blaren/wit.dr./beide/geen

Deze parameter beschrijft of het profiel blaren vertoont. Er zijn 4 verschillende situaties. Ofwel zijn er enkel blaren. Ofwel zijn er enkel witte driehoekjes. Witte driehoekjes zijn vermoedelijk blaren die uitgesmeerd worden tijdens het extruderen. Ofwel zijn er zowel blaren als witte driehoekjes. Ofwel is er niks.

De aanduiding "blaren / geen" of "geen / blaren" slaat neer op een verandering door de bepaling van de lasovergang. Voor meer uitleg hierover wordt verwezen naar 15 Afstand defect tot lasovergang in dit hoofdstuk op pagina 55.

10 Plaats defect (t.o.v. stilstandsmarkering)

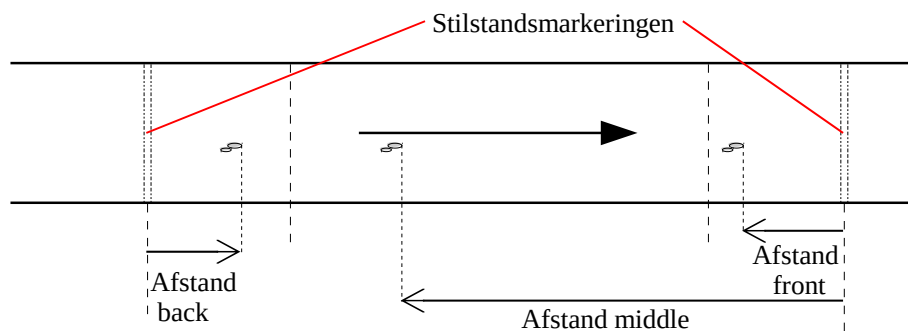
Hier wordt de plaats van de blaren ingedeeld naar hun plaats op het profiel. Naar analogie met de literatuurstudie wordt de plaats van de blaren ingedeeld in front, middle en back. Deze posities zijn gerefereerd naar de stilstandsmarkering, zoals te zien is op Figuur 4.2. De lengte waartoe front blaren behoren, is vastgelegd op 15% van de totale uitloopte, te beginnen vanaf de stilstand, gemeten tegen de extrusierichting in. De extrusierichting is aangeduid op Figuur 4.2 door de pijl van links naar rechts. De lengte waartoe back blaren behoren, is vastgelegd op 15% van de totale uitloopte, te beginnen vanaf de stilstand en met de extrusierichting mee. Omdat het moeilijk is te meten op een bewegend profiel en omdat het weinig zin heeft exacte waarden voor deze afstanden te nemen, is het mogelijk dat bepaalde blaargevallen hiervan afwijken. Middle blaren liggen hier tussenin.



Figuur 4.2: Aanduiding plaats front, middle en back blaren op profiel

11 Afstand defect tot stilstandsmarkering

Hier wordt de plaats van het defect preciezer omschreven, gerefereerd naar de stilstand. Dit is te zien op Figuur 4.3. Voor front en middle blaren zijn deze afstanden gekozen als de afstand tussen het defect en de voorste stilstandsmarkering. Voor back blaren is dit de afstand tussen het defect en de achterste stilstandsmarkering, dit is dan genoteerd als een negatieve afstand.



Figuur 4.3: Aanduiding afstand defect tot stilstandsmarkering

Indien er in deze kolom een ‘/’ tussen de afstanden staat, wil dit zeggen dat er meerdere blaren waren op meerdere plaatsen. Bijvoorbeeld, als er middle en back blaren zijn, verwijst het getal voor de ‘/’ naar de afstand van de middle blaren tot de stilstandsmarkering, het getal erna verwijst naar de afstand van de back blaren tot de stilstandsmarkering.

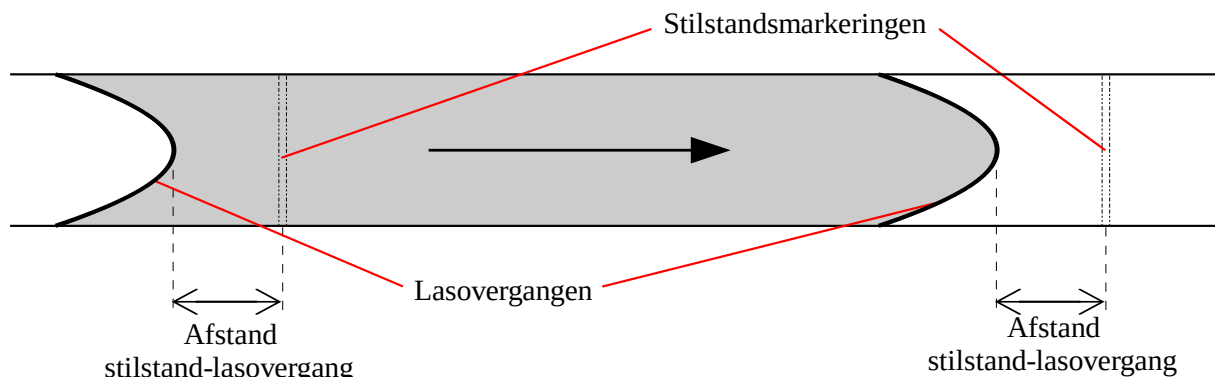
12 Lengte defect

Indien het defect uit verschillende blaren bestaat die gegroepeerd over een bepaalde lengte voorkomen, wordt ook de lengte waarover deze blaren liggen bijgehouden. Indien er op meerdere plaatsen defecten zijn, worden de verschillende afstanden weergegeven met een ‘/’ ertussenin.

13 Afstand stilstand tot lasovergang

De lasovergang (Eng. “*transverse weld*”) [29] bevindt zich in het profiel en is de scheiding tussen het materiaal van de vorige billet en de huidige billet, zoals te zien is op het getekend stuk profiel op Figuur 4.4. De lasovergang bevindt zich tussen het matrijsvlak, na het afscharen van de persrest, en de billet die ertegenaan geperst wordt. Het stuk profiel tussen de stilstandsovergang en de lasovergang bestaat uit het aluminium dat zich nog in de matrijs bevond na het afscharen van de persrest. De lasovergang is een zwakker gedeelte in het profiel. Dit komt omdat bij het laatste stuk van de vorige billet de kans op aanwezigheid van rand- en segregatiezone het grootst is en bij de nieuwe billet is dit niet aanwezig. Door dit grote verschil in samenstelling zal de hechting minder goed zijn. In het profiel neemt de lasovergang door de eigenschappen van aluminiumstroming de vorm van een paraboloïde aan. Het grijze gedeelte in Figuur 4.4 is het materiaal van één billet zonder de afgeschaarde persrest.

De afstand tussen de stilstandsmarkering en de lasovergang wordt gemeten door de top van de lasovergang als referentie te nemen.



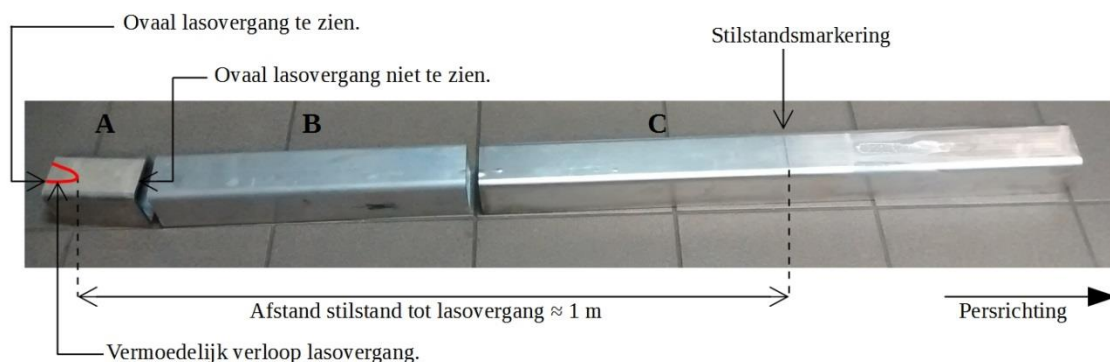
Figuur 4.4: Aanduiding afstand stilstandsmarkering tot lasovergang

De lasovergang is niet zichtbaar met het blote oog. De afstand tussen stilstand en lasovergang bepalen, vraagt dan ook speciale technieken. In deze thesis zijn twee technieken gebruikt: etsen van de doorsnede van het profiel en matrijsinhoud omrekenen naar profiellengte. Beide technieken worden hieronder besproken.

Etsen van de doorsnede

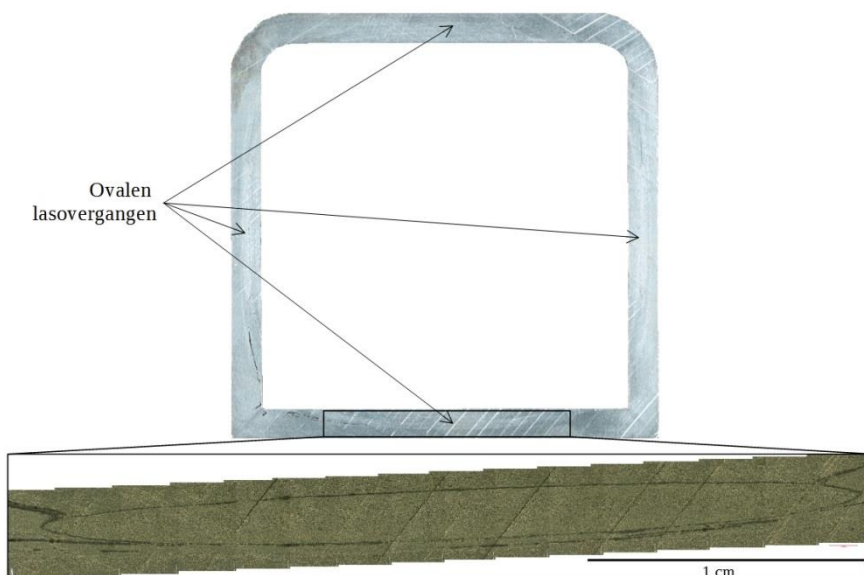
De lasovergang kan zichtbaar gemaakt worden door het profiel op de plaats waar de lasovergang zich bevindt door te zagen en nadien 5 minuten lang te etsen in een 25 m% NaOH-oplossing op een temperatuur tussen 60 en 70°C. Deze oplossing wordt bij E-MAX ook gebruikt om het aluminium uit de matrijzen te reinigen.

Een voorbeeld van bovenstaande techniek is toegepast op profiel 9282 op Figuur 4.5. Dit stuk profiel werd voor het etsen in 3 stukken gezaagd: A, B en C. Na het etsen is de lasovergang zichtbaar op de linkerkant van stuk A op Figuur 4.5. Op de rechterkant van stuk A was er geen lasovergang te zien. Dit betekent dat de top van de lasovergang zich in stuk A bevindt. Door stuk A nog eens door te zagen, kon bepaald worden dat de top van de lasovergang zich op ongeveer 1 meter van de stilstandsmarkering bevindt. De zijde van een tegel is 30cm.



Figuur 4.5: Bepalen van afstand stilstand tot lasovergang bij profiel 9282

Figuur 4.6 laat de linkerkant van stuk A op Figuur 4.5 zien. Op Figuur 4.6 is slechts de uitvergroting van 1 ovaal van de lasovergang te zien. Maar in werkelijkheid zijn dit er 4, die zich telkens in het midden van de 4 profielwanden bevinden.



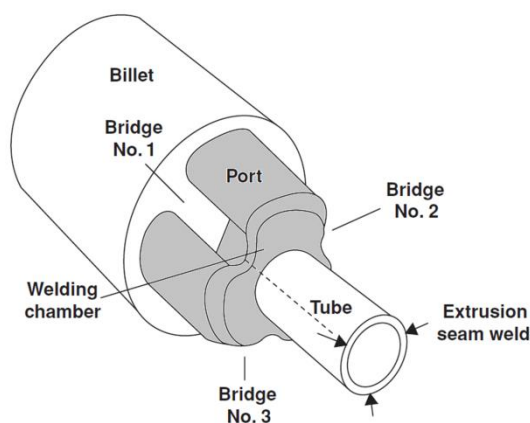
Figuur 4.6: Lasovergang profiel 9282

Matrijsinhoud omrekenen naar profiellengte

Een andere manier om de afstand van de stilstand tot de lasovergang te bepalen is het bepalen van de inhoud van de matrijs en dit herrekenen naar de profiellengte. Want zoals hierboven al vermeld, bestaat het stuk profiel tussen stilstandsmarkering en lasovergang uit het aluminium dat zich in de matrijs bevindt net na het afscharen van de persrest.

Een voorbeeldberekening van de matrijsinhoud voor profiel 9282 (hol profiel) is hieronder weergegeven:

De inhoud van de matrijs kan benaderd worden door de inhoud van de poorten te berekenen. In dit geval wordt de inhoud van de laskamers verwaarloosd, het volume van de laskamers is dan ook veel kleiner dan het volume van de poorten. In Figuur 4.7 zijn de inhouds van de poorten en de laskamers weergegeven (grijs gekleurd) voor de matrijs van een hol profiel.



Figuur 4.7: Aluminium in de matrijs [24]

Inhoud poorten = aantal poorten · oppervlak poort · diepte poort

$$\text{Inhoud poorten}_{\text{matrijs 9282}} = 4 \cdot 3692 \text{ mm}^2 \cdot 110 \text{ mm} = 1\,624\,480 \text{ mm}^3$$

Indien de matrijs geperst wordt met een bevel ring, zoals het geval is voor matrijs 9282, moet ook de inhoud van de bevel ring hierbij opgeteld worden. Een bevel ring kan beschouwd

worden als een afgeknotte kegel [30] en een cilinder. De inhoud van de bevel ring wordt bepaald met behulp van de afmetingen op Figuur 4.8.

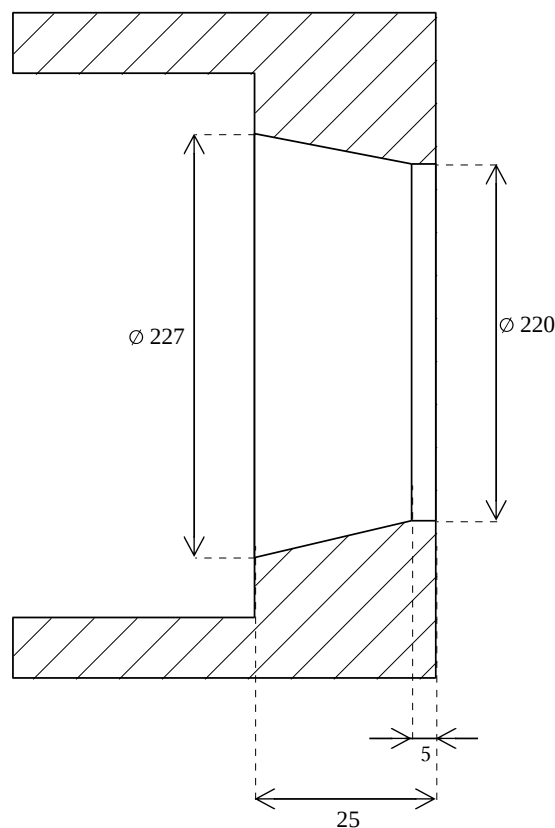
Inhoud bevel ring = Inhoud afgeknotte kegel + Inhoud cilinder

$$\text{Inhoud bevel ring} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) \cdot h_{\text{afgeknotte kegel}} + \pi \cdot r^2 \cdot h_{\text{cilinder}}$$

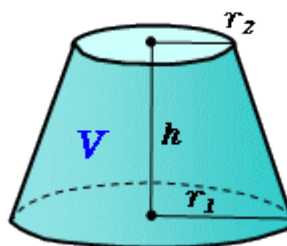
$$\text{Inhoud bevel ring} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot \left(\left(\frac{227}{2} \right)^2 + \frac{227}{2} \cdot \frac{220}{2} + \left(\frac{220}{2} \right)^2 \right) \cdot (25 - 5) + \pi \cdot \left(\frac{220}{2} \right)^2 \cdot 5$$

$$\text{Inhoud bevel ring} = 784\,712 \text{ mm}^3 + 190\,066 \text{ mm}^3$$

$$\text{Inhoud bevel ring} = 974\,778 \text{ mm}^3$$



Figuur 4.8: Doorsnede bevel ring



Figuur 4.9: Parameters berekening inhoud afgeknotte kegel [30]

De totale inhoud is dan $1\,624\,480 \text{ mm}^3 + 974\,778 \text{ mm}^3 = 2\,599\,258 \text{ mm}^3$.

Via de massadichtheid van aluminium kan de massa van het aluminium in de matrijs en bevelring bepaald worden.

$$\text{massa aluminium} = \rho_{\text{aluminium}} \cdot V_{\text{aluminium}}$$

$$\text{massa aluminium} = \frac{2700 \text{ kg}}{10^9 \text{ mm}^3} \cdot 2\,599\,258 \text{ mm}^3 = 7,02 \text{ kg}$$

Er zit dus 7,02 kg aluminium in de matrijs. Indien dit omgerekend wordt naar profiellengte via de profielmassa per meter, kan men bepalen hoe lang het profiel is dat geperst wordt met het aluminium dat zich in de matrijs bevindt. Voor profiel 9282 is de massa per meter profiel gelijk aan 4,669 kg/m.

$$\text{lengte profiel} = \frac{7,02 \text{ kg}}{4,669 \text{ kg/m}} = 1,5 \text{ m}$$

Dit wil zeggen dat de afstand tussen de stilstandsmarkering en de lasovergang 1,5m is.

De methode van het etsen van de doorsnede (werkelijke afstand) is op 2 profielen toegepast, de methode van de matrijsinhoud (berekende afstand) om te rekenen naar profiellengte is op 6 profielen toegepast. De resultaten zijn in Tabel 1 uitgezet.

Tabel 1: Afstand stilstandsmarkering tot lasovergang voor verschillende profielen

Profielnummer	Profielmasa (kg/m)	Berekende afstand (m)	Werkelijke afstand (m)
13524/4 (2 gats, D1)	2,153	1,23	1,1 - 1,4
9282/1 (1 gats, D2)	4,669	1,5	± 1
16702/1 (1 gats, D2)	8,185	2,23	/ (schatting: ± 1,4)
16686/1 (1 gats, D2)	9,775	1,59	/ (schatting: ± 1)
16831/1 (2 gats, D2)	1,9	1,66	/ (schatting: ± 1,5)
16556/1 (1 gats, D2)	6,2	2,24	/ (schatting: ± 1,5)

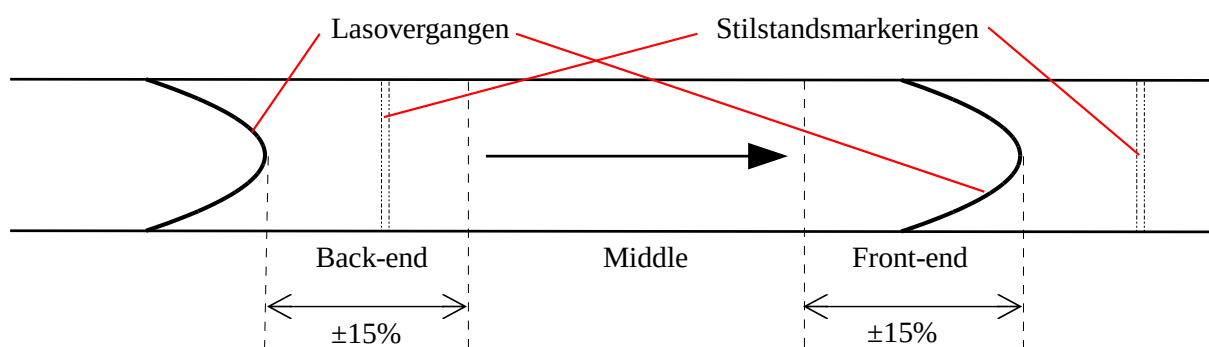
De berekende afstand is normaalgezien altijd groter dan de werkelijke afstand. Bij de berekening wordt er van uitgegaan dat het aluminium overall even snel vloeit. Maar door het parabolisch vloeipatroon van aluminium, vloeit het aluminium in werkelijkheid sneller in het midden, waardoor de top van de parabool dichter bij de stilstand zal liggen. Bij de 4 laatste profielnummers in de tabel zijn telkens schattingen gemaakt van de werkelijke plaats van de lasovergang, uitgaande van de eerste 2 profielnummers in de tabel. Hiervan zijn immers wel de berekende en de werkelijke afstand bekend. Deze schatting voor profiel 16686/1 is gebaseerd op profiel 9282/1. Beide berekende afstanden zijn ongeveer gelijk, dus wordt aangenomen dat de werkelijke afstanden ook ongeveer gelijk zijn (± 1m). De schatting voor profiel 16702/1 is rechtstreeks gebaseerd op die voor profiel 16686/1, de werkelijke afstand van profiel 16686/1 moet namelijk vermenigvuldigd worden met de verhoudingen tussen de berekende afstanden (2,23m / 1,59m). Dit geeft een geschatte werkelijke afstand van 1,4m. De schatting voor profiel 16831/1 is gebaseerd op profiel 13524/4, omdat dit ook een 2 gats matrijs is. De schatting voor profiel 16556/1 is gebaseerd op profiel 9282/1, de factor waarmee de werkelijke afstand van profiel 9282/1 vermenigvuldigd moet worden is dan 2,24/1,5.

Het is niet haalbaar om deze methodes toe te passen op elke matrijs die geobserveerd is. Daarom wordt de afstand tussen stilstandsmarkering en lasovergang voor de rest van de geobserveerde

profielen gekozen op 1,5m. Dit is gebaseerd op eerdere etstesten van E-MAX. Dit wordt in de tabel genoteerd met een '1,5m?'.

14 Plaats defect (t.o.v. lasovergang)

Naast de plaats van het defect uit te drukken t.o.v. de stilstandsmarkering, kan deze plaats ook uitgedrukt worden t.o.v. de lasovergang. De plaats van de blaren uitdrukken t.o.v. de lasovergang geeft betere inzichten in de bepaling van de oorzaken van blaren. Omdat de lasovergang ontstaat uit de aansluiting tussen twee opeenvolgende billets, kunnen front end, middle en back end blaren beter gelinkt worden met hun oorspronkelijke positie op de billet. Zo is het mogelijk om te zien tot welke billet deze blaren behoren. De indeling wordt weergegeven op het profiel in Figuur 4.10. Want, zoals eerder gezegd wordt er ongeveer 1,5m na de stilstandsmarkering nog altijd materiaal van de oude billet geëxtrudeerd, terwijl men de nieuwe billet al aan het persen is.

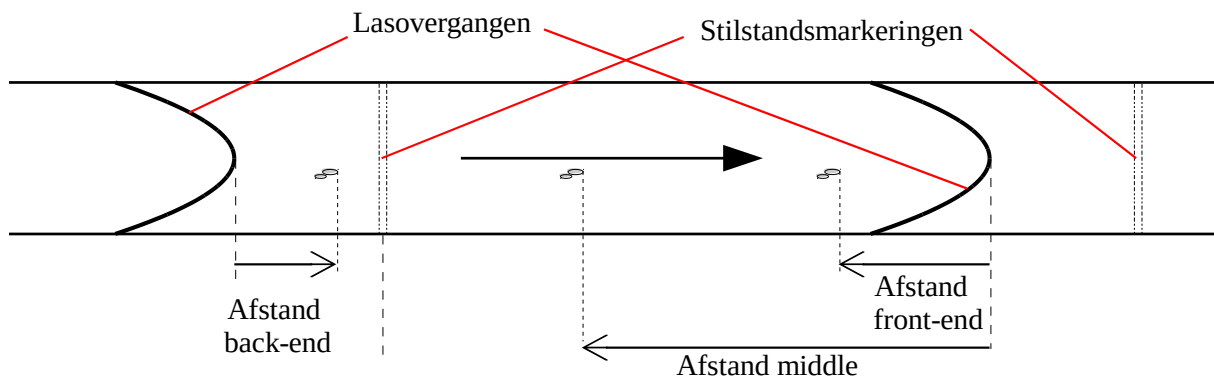


Figuur 4.10: Aanduiding plaats front-end, middle en back-end blaren

15 Afstand defect tot lasovergang

Zoals bij 11 Afstand defect tot stilstandsmarkering in dit hoofdstuk op pagina 50 wordt nu de afstand van het defect tot de top van de lasovergang bijgehouden. Het verschil hierin zit in de afstand tussen stilstandsmarkering en lasovergang. Voor de afstanden front-end en middle zijn deze afstanden gelijk aan de afstanden front en middle verminderd met de afstand tussen de stilstandsmarkering en de lasovergang. De afstanden van back-end blaren worden negatief genoteerd vanaf de achterste lasovergang. Dit is weergegeven in Figuur 4.11. Deze afstanden kunnen niet ter plekke gemeten worden omdat de lasovergangen niet zichtbaar zijn. Daarom zijn deze berekend uit de afstanden van het defect tot de stilstandsmarkering. Wanneer er blaren op meerdere plaatsen tegelijk aanwezig zijn (front-end en/of middle en/of back-end), worden de verschillende afstanden genoteerd, gescheiden door '/'. Het systeem is hetzelfde als bij 11 Afstand defect tot stilstandsmarkering op pagina 50.

Indien er blaren tussen de stilstandsmarkering en de daaropvolgende lasovergang liggen, zoals de blaren met de pijl van afstand back-end op Figuur 4.11, wordt dit als front genoteerd t.o.v. de stilstandsmarkering en als back end t.o.v. de lasovergang. Het gaat hier dan weliswaar om 2 verschillende billets in de tabel. Wanneer dit zich voordoet, staan er in de kolom 'Blaren/wit.dr./beide/geen' de aanduiding 'blaren / geen' of 'geen / blaren'. Hetgeen er voor de '/' staat, bekijkt het profiel tussen de stilstandsmarkeringen, hetgeen er achter de '/' staat, bekijkt het profiel tussen de lasovergangen.



Figuur 4.11: Afstand defect tot lasovergang

16 Lengte defect

Zie 12 Lengte defect op pagina 50.

17 Ordergrootte

Een order is het aantal profielen van één bepaald type en één bepaalde lengte dat de klant besteld. Dit order wordt omgerekend naar een aantal te persen billets. Dit aantal te persen billets wordt genoteerd.

18 Persnelheid

De persnelheid geeft weer hoe snel de persschijf de billet door de container en de matrijs perst. De persnelheid wordt uitgedrukt in mm/s.

19 Bloklengte

De bloklengte is afhankelijk van het volume aluminium dat nodig is om een volledig profiel te kunnen persen, zo is het volume van het profiel afhankelijk van de wensen van de klant (hoofdzakelijk de profiellengte en het doorsnedeoppervlak). Deze bloklengte is typisch voor ieder order verschillend, maar kan in sommige gevallen dezelfde waarde bevatten. De bloklengte wordt uitgedrukt in mm.

20 Uitloop

Dit geeft weer hoeveel mm profiel er geperst kan worden met de ingestelde bloklengte. De uitloop is gelijk aan de afstand tussen twee stilstandsmarkeringen (of lasovergangen).

21 Temperatuur

Net achter de matrijs staat een infraroodcamera die de temperatuur van het pas gesterste profiel meet. Door de wrijving in container en matrijs wordt het profiel warmer dan de voorverwarmde billet.

22 Ontluchten voor

Hier wordt op het zicht bepaald hoe goed de container bij het naar achteren gaan los komt van de matrijs. Deze parameter maakt een onderscheid tussen niet loskomen, loskomen, duidelijk loskomen en heel fel loskomen. Dit wordt respectievelijk genoteerd als slecht, gewoon, goed en te groot.

23 Ontluchten achter

Dit bepaalt hoe goed de ontluchting aan de achterkant van de container door de persschijf gebeurt. Na het stuiken gaat de container achteruit om de voorkant van de container te ontluchten, tegelijkertijd zal ook de persschijf achteruit gaan. Doordat de persschijf loskomt van de billet, zal de druk tegen de persschijf wegvallen, waardoor de persschijf krimpt. Er is nu terug een speling tussen containerwand en persschijf, langs deze speling kan de lucht wegvloeien. Om goed te ontluchten is het dus noodzakelijk dat de persschijf verder achteruit gaat dan de container, enkel zo kan de persschijf loskomen van de billet. Hoe goed achteraan ontlucht is, wordt genoteerd als traag, merkbaar en goed. Traag betekent dat de persschijf met een opvallend lage snelheid terug tegen de billet gedrukt wordt en het gehele ontluchtingsproces aan de achterkant veel langer duurt. De indicatie merkbaar duidt aan

dat tijdens het ontluchten het hoorbaar was dat er lucht ontsnapt aan de achterkant van de container. Het goed ontluchten betekent dat er aan het uiteinde van de container tijdens het ontluchten kleine ontploffingen waren, een korte vlam of dat er smeermiddel naar buiten wordt gedreven in poedervorm en zo te zien was in de luchtstroom.

24 Kwaliteit persrest eerste blok

Hier wordt de toestand van de persrest van de eerste geperste billet van een bepaald order genoteerd. De ideale persrest is voldoende dik, gekruld en heeft geen blaren en een vlakke snede. De kwaliteit van de persrest wordt genoteerd als 'goed', 'slecht' of 'met blaren'. Figuur 4.12 toont een foto van een persrest met blaren aan de persschijfzijde (zijde waar de persschijf heeft tegen gedrukt tijdens het persen).



Figuur 4.12: Foto persrest met blaren

25 Kwaliteit persrest rest

Dit wordt hetzelfde genoteerd als bij 24 Kwaliteit persrest eerste blok, maar dan voor de persresten van de billets van de rest van het order.

26 Matrijssnede

De kwaliteit van de snede varieert van 'slecht', 'goed' tot 'zeer goed'. Figuur 4.13 toont een foto van een slechte matrijssnede. Langs de rand zijn holtes uitgetrokken. Het verschil tussen goed en zeer goed bestaat erin dat bij de indicatie goed er een ruw oppervlak was maar zonder echte holtes.



Figuur 4.13: Slechte matrijssnede na afscharen persrest

27 Billetkwaliteit

Dit beschrijft de kwaliteit van het billetoppervlak. Oneffenheden, hakken en ruwheden verhogen de kans op opsluiten van lucht in de container. De billetkwaliteit wordt ingedeeld in drie categorieën: ‘slecht’, ‘ruw’ en ‘goed’.

28 Opmerking

Indien er zich nog een andere eigenaardigheid voordoet, wordt deze als opmerking genoteerd. Er zijn enkel opmerkingen genoteerd bij de observaties van pers 2. Opmerkingen worden enkel genoteerd als er afwijkingen zijn van het normale proces. Een voorbeeld van zo’n afwijking is het te lang vooraan open staan van de container. Hierbij duurt het ontluichten vooraan de container langer dan nodig. Of soms is de billet langer dan gewoonlijk uit de oven, bijvoorbeeld als de billet klaar staat om in de container geladen te worden. Indien er dan iets mis gaat, waardoor het langer duurt eer er verder geperst kan worden, heeft de billet zijn optimale temperatuur niet meer en zeker het temperatuurprofiel, opgelegd door de taperheating is dan weg.

4.3. Taperheating

Bij het bezoek aan het bedrijf E-MAX PROFILES te Gullegem werd gemeld dat de taperheating van pers 1 bij E-MAX PROFILES te Dilsen-Stokkem niet werkte. Om dit te verifiëren is de taperheating nagemeten van 14 orders. De taperheating wordt door de persoperator ingesteld en staat in Tabel 2 weergegeven als ‘Taperheating gevraagd’. De taperheating die de billet werkelijk krijgt, staat weergegeven in de kolom ‘Taperheating gekregen’. Dit wordt gemeten door thermokoppels die de oppervlaktetemperatuur van de billet meten. Het getal in de kolommen ‘Taperheating gevraagd’ en ‘Taperheating gekregen’ voor het streepje duidt op de temperatuur van de voorkant van de billet, dit is de kant die tegen de matrijs staat. Het getal na het streepje duidt op de temperatuur van de achterkant van de billet, dit is de kant die tegen de persschijf komt. De kolom ‘Taperheating OK’ geeft weer of de gevraagde taperheating overeenkomt met de gekregen taperheating. Indien er meer dan 10°C verschil is tussen de overeenkomstige temperaturen (gekregen en gevraagd), wordt besloten dat de taperheating niet in orde is. In 10 van de 14 gevallen is de taperheating in orde. Hieruit kan besloten worden dat de taperheating van pers 1 in Dilsen-Stokkem wel degelijk werkt.

Tabel 2: Taperheating orders pers 1

Matrijsnr.	Ordernr.	Taperheating gevraagd (°C)	Taperheating gekregen (°C)	Taperheating OK?
"7643/6"	205407	465-435	468-440	OK
"14671/7"	205417	445-420	469-425	NOK
"11818/10"	205218	475-445	468-447	OK
"16431/1"	205342	470-440	476-444	OK
"2086/4"	207042	?	?	/
"13524/4"	207010	475-445	476-444	OK
"2969/3"	207177	475-445	476-449	OK
"8318/4"	206659	480-450	487-456	OK
"16974/1"	209618	480-445	492-456	NOK
"16113/4"	209228	?	?	/
"13931/3"	209582	480-445	489-452	OK
"13931/3"	209581	480-445	?	/
"7521/21"	209900	480-450	475-454	OK
"16058/2"	209947	475-445	476-452	OK
"16986/1"	209617	?	?	
"10316/5"	209985	470-440	480-453	NOK
"10316/5"	209988	470-440	475-445	OK
"16696/1"	210017	475-445	482-462	NOK

4.4. Test met vreemd materiaal

Nog een andere manier om de lasovergang zichtbaar te maken, is het plaatsen van een dunne plak vreemd materiaal tussen de afgeschaarde matrijssnede en de daaropvolgende billet. Deze cirkelvormige plak materiaal, bestaande uit een ander materiaal dan de billet, zou dezelfde diameter moeten hebben als de billet. Een aantal mogelijke vreemde materialen zijn AlCu1,8 en AlCu1,2. AlCu1,8 en AlCu1,2 [31] hebben als voordeel dat deze materialen dezelfde vloeieigenschappen van aluminium hebben en het vloeipatroon dus niet verstoren.

Maar als er een vreemd materiaal in de container en matrijs gebracht wordt, kan dit de profielen die erna geperst worden vervuilen. In het ergste geval kan dit zelfs voor beschadigingen zorgen. Bovendien zijn er eenvoudigere methodes om de lasovergang zichtbaar te maken (vb. etsen van de doorsnede). Omwille van eerder genoemde redenen is er nooit een test uitgevoerd met een vreemd materiaal.

4.5. Middle blaren linken aan dubbele blokken

In Tabel 3 worden de middle blaren van een dubbele blok vergeleken met de verhouding van beide stukken van de dubbele blok. Ervan uitgaande dat de aansluiting tussen beide stukken billet de blaren veroorzaakt, wordt de theoretische plaats van de blaren berekend uit de verhouding van de dubbele blok. De werkelijke plaats van de blaren ('Afstand defect-stilstand') is gemeten t.o.v. de stilstandsmarkering, de berekening is t.o.v. de lasovergang. Om beide te kunnen vergelijken moet de afstand tussen stilstand en lasovergang hier nog bijgeteld worden. Deze is eerder vastgelegd op 1,5m.

Enkel voor de eerste rij van Tabel 3 wordt een voorbeeldberekening gedaan, de rest is analoog aan de eerste. De verhouding 60/40 betekent dat het stuk billet tegen de matrijs 40% van de totale billetlengte is. Dit wil zeggen dat dit stuk over 40% van de uitloop zou liggen. De blaren zouden dus theoretisch na 40% van de uitlooptengete na de lasovergang liggen. Omdat tussen de stilstandsmarkering en lasovergang gemiddeld 1,5m ligt, moet dit nog eens bij het resultaat opgeteld worden. Dit wordt dan: $0,40 \cdot 41,5 + 1,5 = 18,1$.

Tabel 3: Afstand middle blaren bij dubbele blokken pers 2

Verhouding D.B.	Uitloop (m)	Afstand defect – stilstand (m)	Berekende afstand t.o.v. lasovergang (m)	Berekende afstand t.o.v. stilstand (m)
60/40	41,5	17	16,6	18,1
50/50	51	22	25,2	26,7
30/70	51	32	35,7	37,2
40/60	51,4	13	30,8	32,3
45/55	39,4	10	21,7	23,2
45/55	17,14	8,5	9,4	10,9
40/60	38	18,7	22,8	24,3

Uit de resultaten van Tabel 3 blijkt dat de berekende afstand t.o.v. de stilstand altijd groter is dan de afstand defect-stilstand. Dit wil zeggen dat de blaren eerder voorkomen dan verwacht. Dit komt doordat er in de berekening geen rekening is gehouden met het vloeipatroon van aluminium. In Figuur 3.9 op pagina 35 is te zien dat reeds bij het stuiken al de billet aan de persschijfkant in de billet aan de matrijs kant dringt. Hierdoor komt de scheiding meer naar voor te liggen, wat verklaart dat de blaren eerder dan verwacht voorkomen. Het verschil tussen berekende afstand en gemeten afstand ligt tussen de 1,1 en 5,6 m, dit is echter ook afhankelijk van de uitlooptengete. Enkel bij de dubbele blokken van rij 4 en 5 ligt de berekende afstand ver hiervan af. Een verklaring hiervoor kan zijn dat die blaren niet afkomstig waren van de dubbele blok, maar van een andere oorzaak.

5. Identificatie van oorzaken van luchtinsluitingen

Uit de literatuurstudie en de observaties is gebleken dat er meerdere mogelijke oorzaken zijn voor luchtinsluitingen. Bovendien zijn deze oorzaken niet voor iedere installatie hetzelfde. Het is dus belangrijk om op te merken dat de identificatie van oorzaken zoals hier beschreven vooral van toepassing is voor de persinstallaties van E-MAX PROFILES. In dit hoofdstuk worden de oorzaken van luchtinsluitingen opgesomd naar front-end blaren, middle blaren en back-end blaren, voor extra info hierover zie sectie 4.2 14 Plaats defect (t.o.v. lasovergang) op pagina 55.

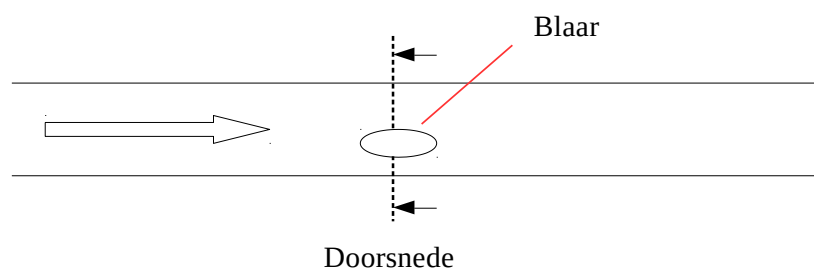
5.1. Inleiding

De vraag “Waarom treden luchtinsluitingen op een bepaalde plaats op en niet ergens anders?” kan beantwoord worden a.d.h.v. observaties van de extrusiepersen en analyse van de microstructuur van de geëxtrudeerde profielen. Het is mogelijk dat bepaalde legeringselementen vaker of juist minder vaak voorkomen op plaatsen met blaren. De legeringselementen die in het aluminium zitten, zijn bepaald door de gieterij die de samenstelling van het aluminium vastlegt en dus ook de samenstelling van de latere profielen. Aluminium is een heel actief chemisch element dat zeer graag bindt met andere chemische elementen, waar veel energie voor nodig is om deze bindingen te kunnen breken [32]. Dit wil zeggen dat eenmaal de aluminium stammen gegoten zijn het nog heel moeilijk is om bepaalde elementen hier uit te verwijderen.

Om de lokale samenstelling van het aluminium in het profiel te bepalen kan er ofwel gekeken worden naar de microstructuur door te beitsen of door een samenstellingsanalyse uit te voeren. In deze masterproef is er gekozen om verder te werken met de techniek van de microstructuur omdat de blaar dan visueel wordt en ook andere defecten zoals: holtes, insleep ... zichtbaar kunnen worden.

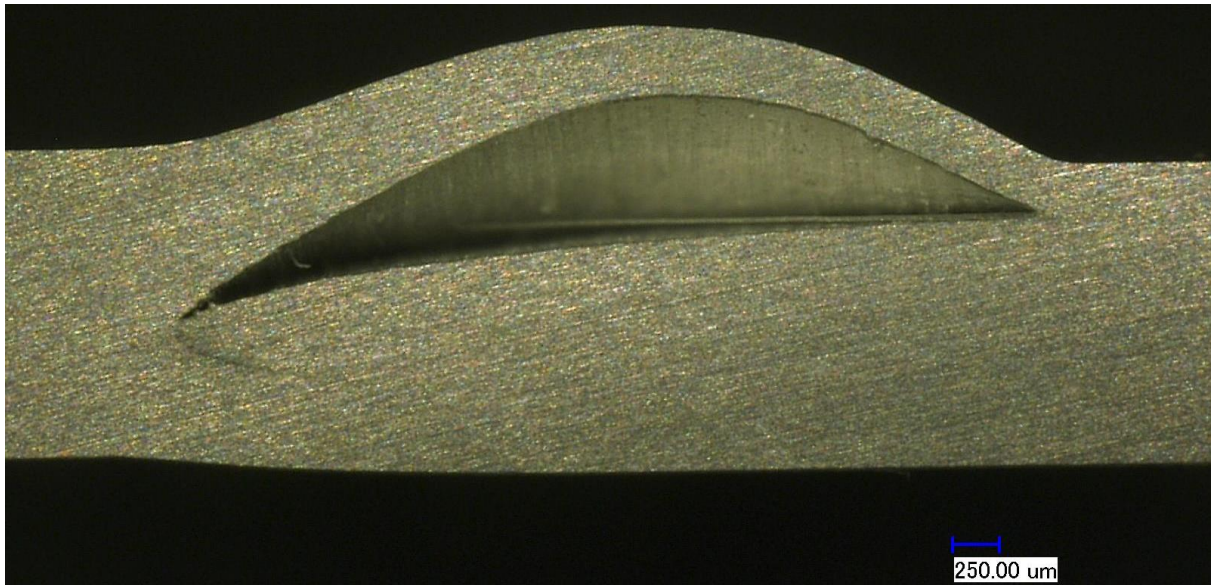
5.2. Microstructuur

Figuur 5.2 en Figuur 1, Figuur 2, Figuur 3 en Figuur 4 in Bijlage 3: Foto's microstructuur zijn de eerste afbeeldingen van een blaar op een microscopische schaal bekeken voor deze masterproef. Deze afbeeldingen zijn enkel geschuurd en nog niet gepolijst en gebeitst, het is duidelijk dat het zeer moeilijk is om verschillende korrels te onderscheiden zonder dat het stuk gebeitst is. Het schuurproces heeft duidelijk zijn afdraken achtergelaten op het stuk. Maar de contouren van de blaar zijn hier wel reeds duidelijk zichtbaar. De doorsnede van de blaar wordt aangeduid op Figuur 5.1 met een stippellijn.



Figuur 5.1: Doorsnede blaar1

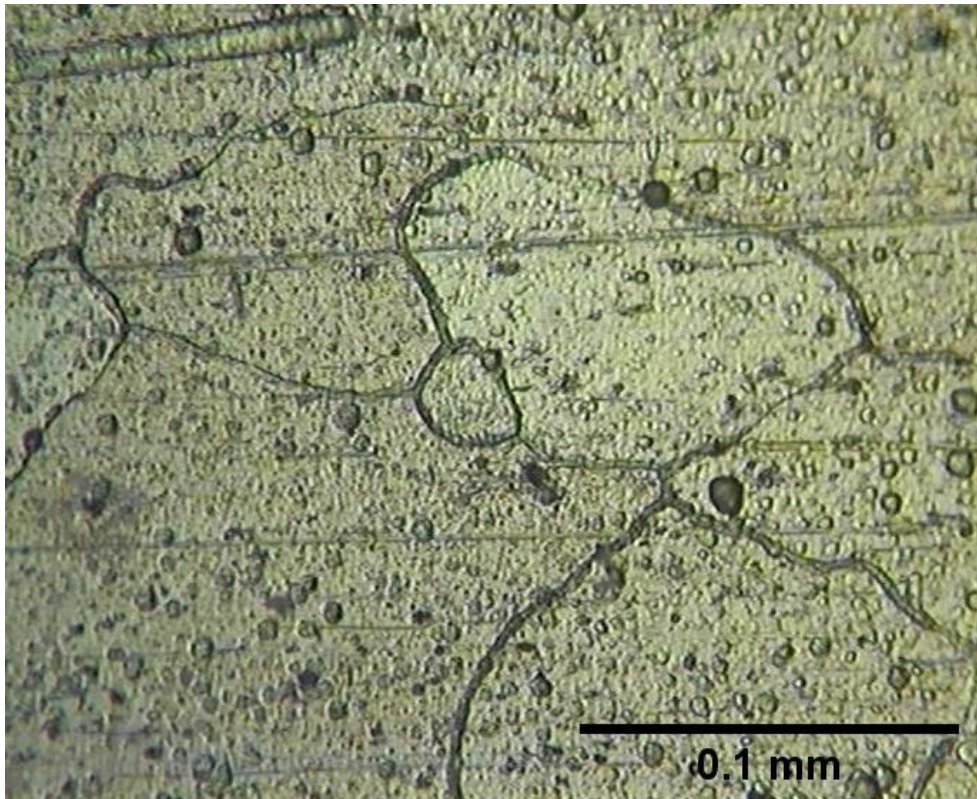
Op de linkerhoek van de blaar lijkt het dat de blaar zich in twee richtingen heeft willen voortplanten, maar dit enkel heeft gedaan voor het bovenste gedeelte van de blaar. In deze linkerhoek lijkt het ook dat het aluminium losgetrokken is van elkaar door het ruwere binnenoppervlak van de blaar en zich verder heeft gescheurd naar rechts. Maar dit ruwer oppervlak kan ook veroorzaakt zijn bij het doorzagen van het profiel (bramen afkomstig van het op lengte brengen door te zagen).



Figuur 5.2: Blaar 1 (250 μm)

Zoals eerder in de literatuurstudie op pagina 44 is uitgelegd, wordt het aluminium gebeitst met NaOH. Door het beitsen gaan de korrelgrenzen duidelijker zichtbaar worden omdat het NaOH deze korrelgrenzen als eerste gaat aantasten (zie Figuur 5.3). Hier zijn de korrelgrenzen zichtbaar door de donkere lijnen. Een van de grote nadelen van het beitsen van aluminium met NaOH is dat de legeringselementen niet zichtbaar worden (sommige beitsmiddelen zorgen namelijk voor een verkleuring van het oppervlak als dit met bepaalde legeringselementen in contact komt). Op deze afbeelding zijn nog twee zaken op te merken:

1. De horizontale lijnen zijn afkomstig van het schuren van het stuk en kunnen verwijderd worden door ofwel met een nog fijner schuurpapier te werken of door het stuk langer te polijsten en het monster te roteren tijdens het schuren/polijsten.
2. De donkere putjes/holtes zijn vermoedelijk afkomstig doordat het beitsmiddel niet gelijkmatig inwerkt op het monster. Dit effect kan verminderd worden door minder lang te beitsen, maar dan worden de korrelgrenzen minder duidelijk zichtbaar of door op een lagere temperatuur te beitsen, maar dan treedt er sneller verkleuring van het monster op. De verkleuring is een laag die zich afzet op het oppervlak doordat het beitsmiddel reageert met bepaalde legeringselementen.



Figuur 5.3: Microstructuur

5.3. Waterstofgas

Zoals eerder beschreven reageert aluminium zeer gemakkelijk met verschillende chemische elementen, zo reageert het ook met H_2O en vormt het waterstof (H_2). Waterstofgas heeft de eigenschap om zeer sterk te expanderen als het aan een bepaalde temperatuur² blootgesteld wordt. Deze temperaturen komen ook voor bij het extrusieproces. Als waterstof ingesloten geraakt in het aluminium profiel kan dit door de hoge temperaturen expanderen waarbij het aluminium vervormt en er een blaar ontstaat. Waterstofgas is een zeer brandbaar gas dat al vanaf zeer lage concentraties voor explosiegevaar zorgt. Het aandeel blaren veroorzaakt door het expanderen van waterstof is eerder beperkt omdat waterstof al vanaf zeer lage concentraties ontvlambaar is zelfs bij normale omstandigheden. Tijdens het extruderen gelden deze omstandigheden niet, want er wordt warmgeëxtrudeerd waarbij het aluminium ongeveer een temperatuur heeft van $470^\circ C$ voordat het de persinstallatie ingaat. Het is niet enkel een temperatuursverhoging t.o.v. de normale omstandigheden die gepaard gaat met het extruderen, het extruderen gaat ook gepaard met een verhoging van de druk. Deze hogere druk en hogere temperatuur zorgen ervoor dat het waterstof veel sneller zou gaan expanderen of ontvlammen. Maar uit de observaties is gebleken dat er geen vlammen optreden en er nog geen blaren op de aluminium stammen zitten voordat deze een verhoogde druk krijgen (deze hebben wel al een verhoogde temperatuur gekregen). Ook is er geprobeerd om het gas dat in de blaren aan de achterkant van de persresten zit op te vangen en het aan een ontstekingsbron te houden. Hieruit bleek dat er maar heel weinig waterstofgas aanwezig was in de blaren. Tijdens het testen van het opgevangen gas werden persresten onder water gehouden, waarbij er geen lucht ontsnapte uit de blaren waaruit blijkt dat het gas dat in de blaren zit niet kan ontsnappen of maar zeer traag kan ontsnappen. Het is wel niet zo dat het waterstofgas geen blaren veroorzaakt maar dat het aandeel van blaren veroorzaakt door waterstofgas eerder beperkt is en het oplossen van dit probleem niet de

² Waterstofgas heeft een kookpunt op 20,28K bij normale omstandigheden.

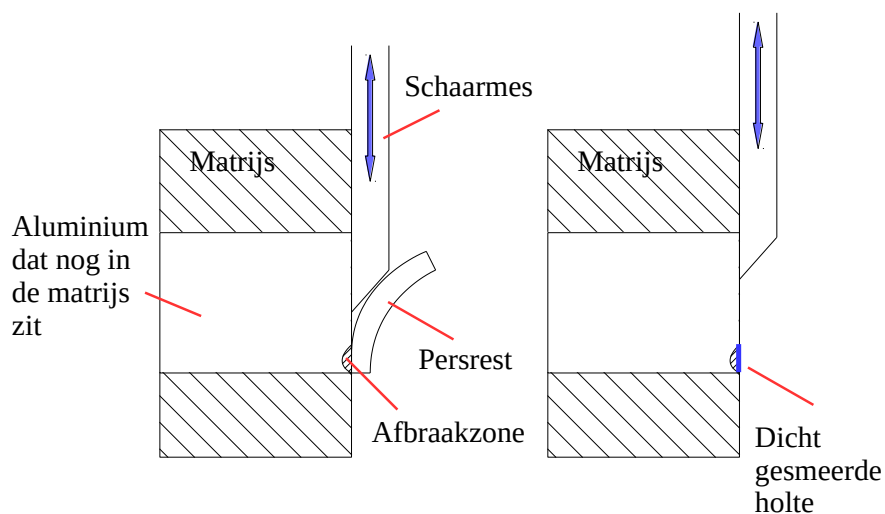
beoogde daling van het schroot door blaren met 50% kan realiseren. Om deze reden wordt deze oorzaak niet verder behandeld in deze thesis.

5.4. Oorzaken van front-end blaren

5.4.1. Oppervlaktekwaliteit van het aluminium in de matrijs

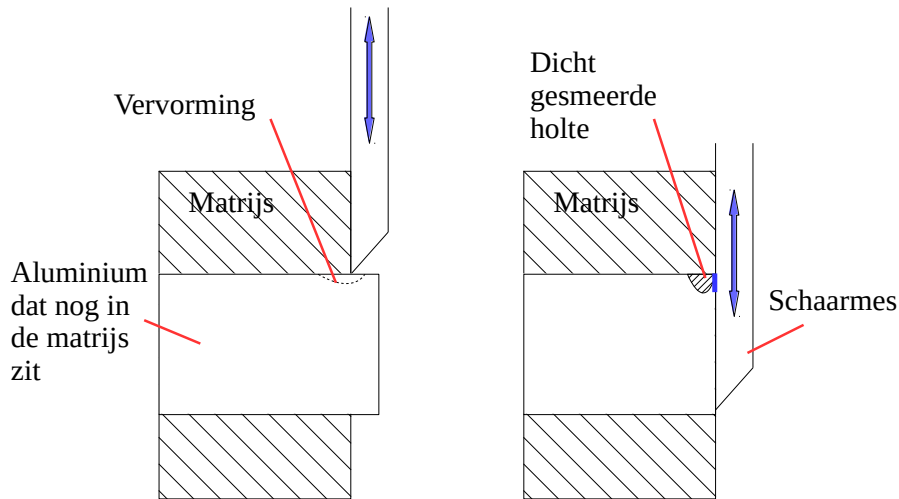
Front-end blaren worden hoofdzakelijk veroorzaakt door de oppervlaktekwaliteit van het aluminium in de matrijs en het cirkeloppervlak van de billet, dat hiertegen geplaatst wordt. Als er holtes of defecten aanwezig zijn op één van deze oppervlaktes wordt de lucht die in deze holtes of defecten zit opgesloten waardoor deze voor blaren kunnen zorgen. Deze holtes bevinden zich tussen de twee billets, juist op de lasovergang (daarom spreekt men van front-end blaren en niet enkel van front blaren, zoals in de literatuurstudie in sectie 3.1.1 Oorzaken front blaren op pagina 30). De slechte oppervlaktekwaliteit van het aluminium in de matrijs wordt veroorzaakt door het slecht functioneren van het afschaarmes. Dit afschaarmes zorgt voor enkele defecten:

Het afscharen van de persrest zorgt ervoor dat er een afbraakzone ontstaat, waarbij de persrest een deel van het aluminium in de matrijs lostrekt en verwijdert uit de matrijs. Doordat het schaarmes over het aluminium in de matrijs wrijft, gaat het mes sommige holtes of defecten dichtsmoren en in sommige gevallen een luchtholte creëren, waarvan de lucht zelfs met het ontlichten van de container niet verwijderd kan worden (zie Figuur 5.4).



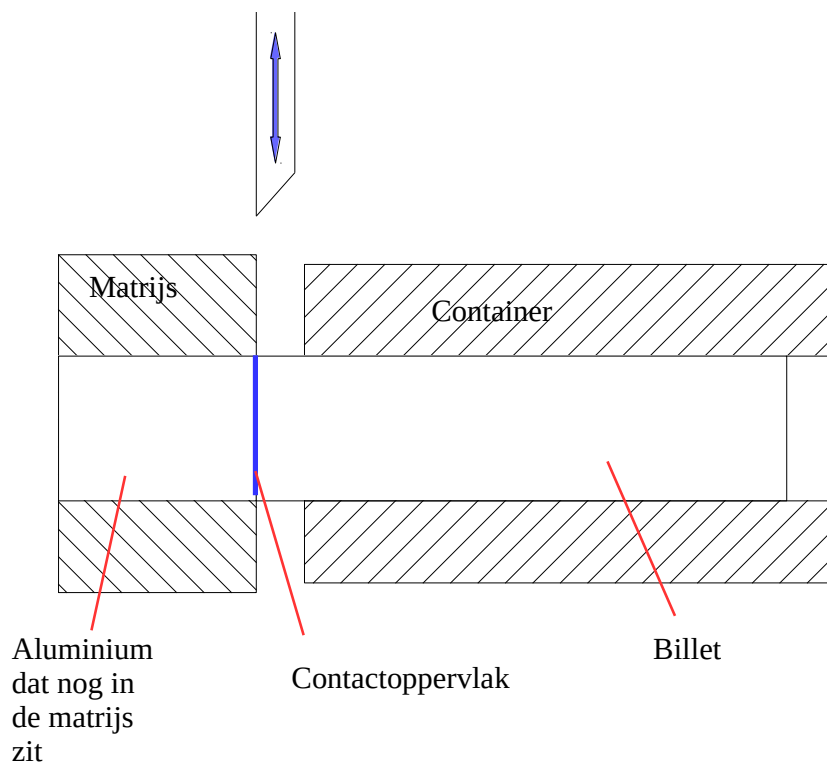
Figuur 5.4: Leegtrekken van de matrijs

Het schaarmes gaat niet enkel holtes creëren aan de onderkant van het aluminium van de matrijs. Voordat het schaarmes gaat beginnen te snijden, gaat het aluminium eerst elastisch vervormen. Dit zorgt ervoor dat het aluminium dat in de matrijs zit eerst ingedeukt wordt en dan pas verwijderd wordt door het scharen (zie Figuur 5.5). Dit gaat ook holtes veroorzaken aan de bovenkant van het aluminium dat nog in de matrijs zit waar ook lucht in kan zitten.



Figuur 5.5: Leegtrekken van de matrijs bovenkant

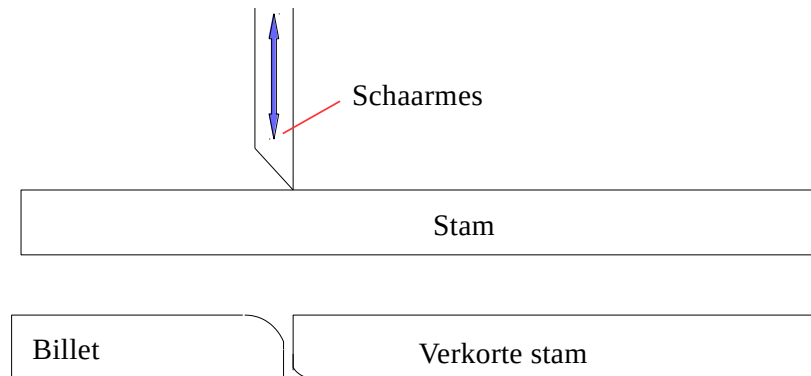
Aan de voorkant van de container kan er nog lucht aanwezig zijn doordat het oppervlak van het aluminium in de matrijs en het cirkeloppervlak van de billet niet perfect aansluiten (zie Figuur 5.6). Het contactoppervlak tussen de billet en het aluminium in de matrijs kan ook luchtholtes creëren. Het oppervlak van het aluminium in de matrijs wordt sterk beïnvloed door het schaarmes en de dikte van de persrest. Het schaarmes gaat de persrest verwijderen waardoor dit eerst het aluminium gaat snijden en bij de teruggaande beweging gaat het mes wrijven over het oppervlak. Het schaarmes bepaalt dus de ruwheid van het aluminiumoppervlak, het is dus uitermate belangrijk een goed functionerend schaarmes te hebben.



Figuur 5.6: Contactoppervlak billet en aluminium in matrijs

5.4.2. Op lengte brengen van de billet

Ook het cirkeloppervlak van de billet kan enkele defecten bevatten. Het uiteinde van de billet wordt tijdens het op lengte brengen vervormd, waardoor de billet niet meer cilindrisch is (zie Figuur 5.7). Deze vervorming treedt enkel op als de billet op lengte geschaard wordt en bijna niet bij het op lengte zagen.



Figuur 5.7: Op lengte brengen van de billet

5.4.3. Ontluchten van de container

Zowel uit de literatuurstudie als uit de observaties is gebleken dat het slecht ontluchten aan de voorkant van de container voor front-end blaren kan zorgen. Hierbij komt de container niet ver genoeg van de matrijs, waardoor er onvoldoende lucht uit de container kan ontsnappen. Dit wil zeggen dat er lucht aanwezig is in de container die mee geëxtrudeerd zal worden, wat zal leiden tot front-end blaren. Hiervoor dient de opening die gemaakt wordt voor het ontluchten lang genoeg open te staan. Zoals uit de observaties vastgesteld kan worden, blijkt dit niet altijd het geval te zijn omdat de matrijs bij de naar achter gaande beweging van de container mee naar achter beweegt waardoor er geen luchtspleet ontstond en het ontluchten van voor aan de container niet plaatsvond. Dit duidt erop dat er een nieuwe houder of enkele aanpassingen gedaan moeten worden aan de houder van de matrijs waardoor de matrijs niet meer mee naar achteren zal bewegen.

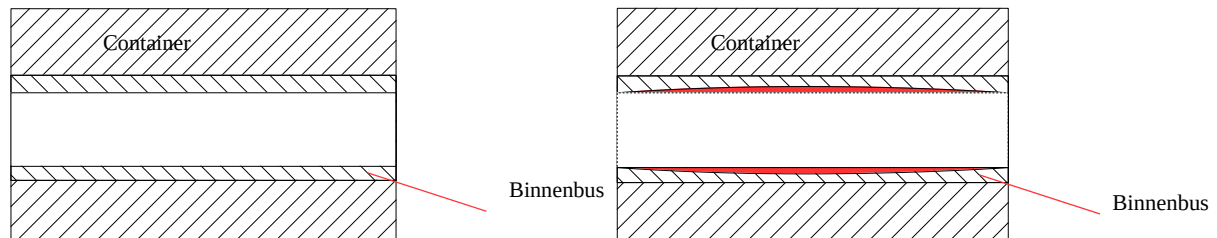
Het is zeer moeilijk om een perfect aaneengesloten oppervlak tussen de billet en het aluminium in de container te creëren, maar omdat het ontluchten van de container na het stuiken er juist voor dient om deze lucht grotendeels te verwijderen is een benadering van een perfect aaneengesloten oppervlak voldoende. Maar sommige holtes kunnen niet ontlucht worden via het ontluchten van de container omdat de lucht volledig omsloten is door aluminium. Deze holtes bevinden zich typisch in het midden van het geschaarde oppervlak van de matrijs en worden veroorzaakt door een bot schaarmes of doordat de smering van het schaarmes niet voldoende is.

5.5. Oorzaken van middle blaren

5.5.1. Slijten van de binnenbus

Middle blaren komen bij E-MAX in mindere mate voor dan front-end en back-end blaren. Het grootste aandeel middle blaren wordt veroorzaakt door de speling tussen de containerwand en de billet. De container bevat een binnenbus (zie Figuur 5.8) die onderhevig is aan mechanische belasting door de wrijving met de billet en door het uitzetten van de billet tijdens het extruderen. De billet oefent tijdens het extruderen een continue druk uit op de binnenbus van de container. Maar ook de persschijf gaat bij iedere billet schrapen over het manteloppervlak van de binnenbus. Door deze slijtage gaat de

binnenbus uitzetten en zijn binnendiameter niet behouden, dit treedt vooral op in het midden van de lengterichting van de container. Dit noemt men ook het buikig worden van de container. Dit is reeds een gekend fenomeen waarvoor men om een vaste periode de binnenbus van de container vervangt. Uit de observaties van E-MAX PROFILES is gebleken dat het vervangen van de binnenbus telkens resulteert in een daling van het schroot door blaren. In Figuur 5.8 zijn twee containers weergegeven, de linkse container is de voorstelling van een container waarvan de binnenbus nog niet onderhevig is geweest aan mechanische belasting, terwijl de rechtse container wel al buikig is geworden. De rode zone is de toename van de binnendiameter van de binnenbus.



Figuur 5.8: Binnenbus van de container

Het buikig worden van de container zorgt er vooral voor dat oxidehuid en andere onzuiverheden gemakkelijker in de container achterblijven. Dit komt omdat het aluminium aan de stalen wand van de binnenbus wil blijven kleven en de maximale uitzetting van de persschijf kleiner is dan de binnendiameter van de containerwand. Hierdoor ontstaat er een zone in de container waar aluminium kan blijven kleven. Hier blijven typisch onzuiverheden hangen die soms meekomen bij het extruderen en voor luchtinsluitingen kunnen zorgen.

5.5.2. Dubbele blok

Het is niet enkel het slijten van de binnenbus dat voor middle blaren zorgt. Uit de observaties is gebleken dat dubbele blokken ook veel blaren (41%³) veroorzaken en een klein deel hiervan zijn middle blaren. Het is zeer moeilijk om precies te weten wat er nu tijdens het extruderen gebeurt en zeker met een dubbele blok. Een dubbele blok bestaat telkens uit twee stukken billet die niet dezelfde temperatuur hebben en typisch ook verschillen in lengte. Tijdens het stuiken van deze samengestelde billet, zal het stuk met de hoogste temperatuur eerder uitzetten. Dit wil niet zeggen dat dit stuk als eerste uitgezet zal zijn, want door de wrijving gaat er warmte gecreëerd worden die het stuk met het kleinste volume (kortste stuk) sneller in temperatuur zal laten stijgen. Door het niet gelijktijdig of niet even snel uitzetten van de billet kan het ene stukje van de billet over de andere billet vervormen waardoor er een deel van de oxidehuid, randzone en segregatiezone van het andere stukje meer naar de centerlijn van de billet geduwd worden, waardoor dit mee geëxtrudeerd zal worden en niet opgevangen kan worden in de persrest.

5.6. Oorzaken van back-end blaren

5.6.1. Persschijf

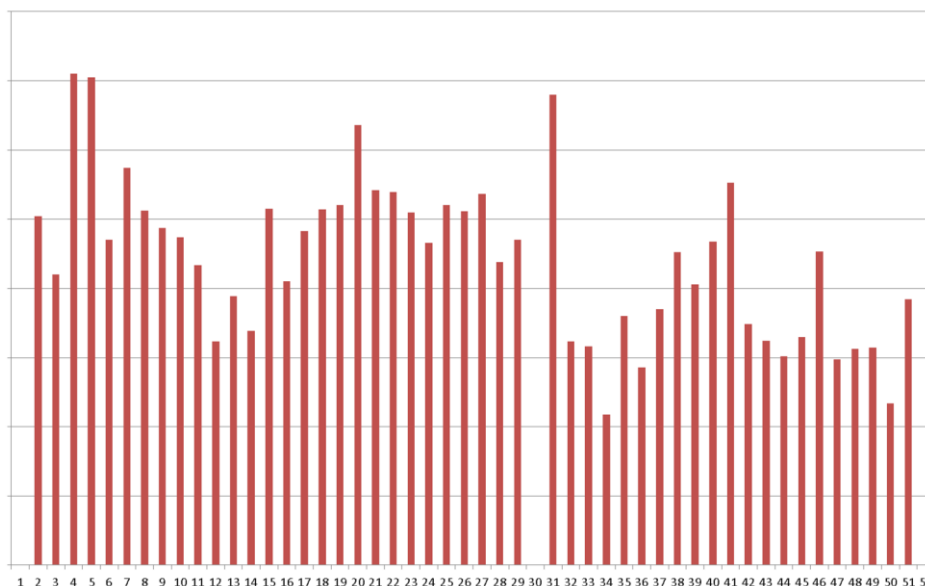
Luchtinsluitingen of blaren aan de achterkant van het profiel kunnen door verschillende oorzaken ontstaan. Uit de literatuurstudie blijkt dat de conditie van de persschijf (of dummy block) zeer belangrijk is, zo kan een vuile of een verkeerd uitgelijnde persschijf voor blaren zorgen. Als er op de persschijf aluminium blijft kleven dan spreekt men van een vuile persschijf. Dit aluminium kan ervoor zorgen dat de persschijf niet naar behoren uitzet, waardoor het stuiken van de billet en het persen van het profiel beïnvloed worden. Als de persschijf niet ver genoeg uitzet, kan er aluminium uit de

³ 76 dubbele blokken geobserveerd waarvan 31 blaargevallen

container stromen door de luchtspleet die dan ontstaat. Het is zeer moeilijk om in de container te kijken terwijl de persinstallatie in werking is en omdat er geen verdere indicatie was dat de persschijf niet ver genoeg uitzette, wordt deze mogelijke oorzaak niet verder bestudeerd. Als oplossing voor een slecht functionerende persschijf zorgt E-MAX ervoor dat deze vervangen wordt of dat deze moet terug uitgelijnd wordt.

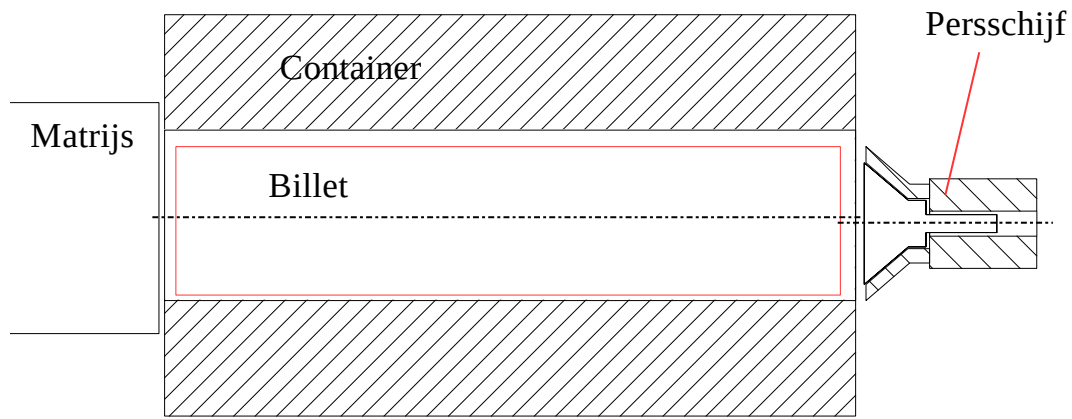
Het uitlijnen van de persschijf heeft wel een grote invloed op het percentage schroot door blaren. Dit blijkt uit de data waar het wekelijks schroot door blaren bijgehouden wordt. Op Figuur 5.9 wordt het schrootpercentage per week uitgedrukt voor 2015, wegens bedrijfsgeheim worden de procentagewaardes niet meegedeeld. In week 30 is de gehele persinstallatie D1 uitgelijnd (container, loader, persschijf ...) wat geresulteerd heeft in een daling van de percentages. Ook in week 46 is de persschijf vervangen waarbij de nieuwe persschijf telkens uitgelijnd wordt wat geresulteerd heeft in een daling van het schroot percentage in de weken 47 tot en met week 50. Het uitlijnen van de persinstallatie wordt gezien als een preventief onderhoud dat om een vaste periode uitgevoerd wordt of wanneer de waarnemingen aantonen dat onderhoud nodig is.

% blaren tov gezaagd aantal kg's



Figuur 5.9: E-MAX % blaren t.o.v. gezaagde kg 's pers 2 2015

Als een persschijf slecht uitgelijnd is, dan is de luchtspleet die ontstaat tussen de container en de persschijf niet overal even breed. Waardoor aluminium uit de container kan vloeien en het ontluchten niet uniform gebeurt. Als de persschijf meer naar beneden geplaatst is (zoals zichtbaar op Figuur 5.10), gaat de lucht aan de onderkant van de billet tijdens het stuiken eerder opgesloten geraken. Deze lucht bevindt zich dan vooral op één punt in de container, maar gaat zich wel altijd aan de intreezijde van de persschijf bevinden. Het aandeel van het slecht uitlijnen van een persschijf is aangetoond doordat begin 2016 de container en de persschijf niet meer uitgelijnd zijn geweest omdat de container schuin in zijn geleidingen is geduwd tijdens het extruderen. Dit heeft geresulteerd in een grote stijging in het schrootpercentage door blaren, maar omdat de gegevens van 2016 nog niet volledig zijn, worden deze nog niet meegegeven.



Figuur 5.10: Uitlijnen van de persschijf

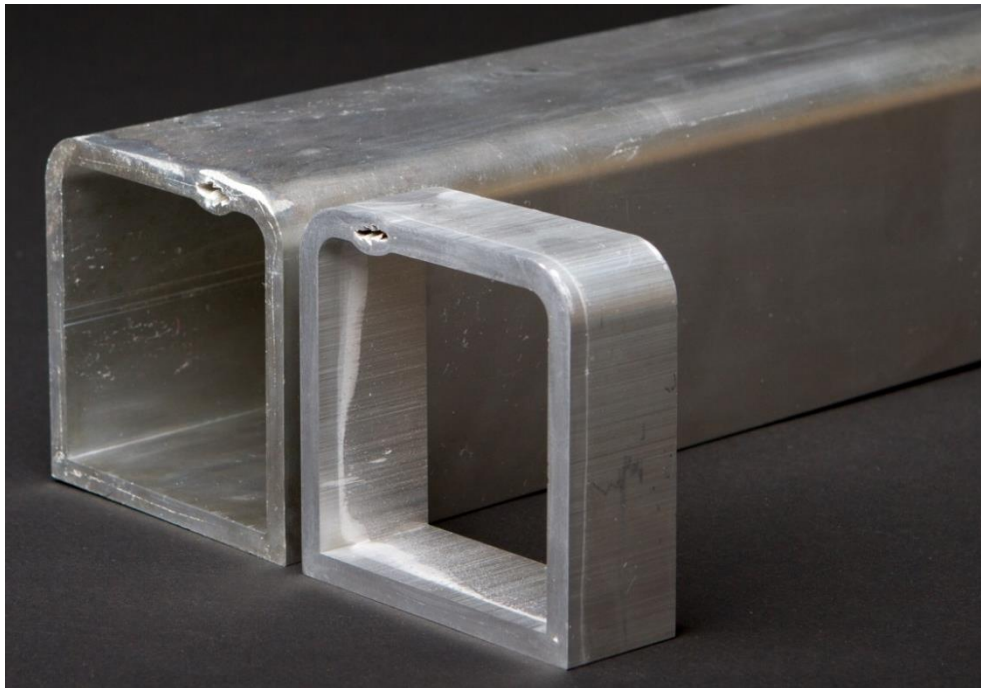
5.6.2. Insleep

Voor de back-end blaren is er ook gekeken naar de microstructuur van sommige profielen die hier last van hadden. Hieruit is gebleken dat het mee persen van de inverse segregatiezone ook een grote veroorzaker is van blaren. Door het vloeipatroon van de aluminium billet komt de oxidehuid van de billet in het achterste gedeelte te zitten, dat verwijderd wordt met de persrest. Om de volledige oxidehuid op te vangen in de persrest dient deze een bepaalde dikte genomen te worden. Voor de ideale dikte bestaan bepaalde vuistregels maar in de praktijk wordt de dikte van deze persrest voor ieder profiel op éézelfde waarde genomen. Tijdens het bestuderen van de microstructuur is gebleken dat voor de zwaardere profielen er billeshuid mee geperst is geweest die telkens voor blaren hebben gezorgd. Het is wel belangrijk om hierbij te zeggen dat deze profielen eruit zijn gehaald omdat ze blaren hadden, dit wil zeggen dat profielen die geen last hadden van back-end blaren niet getest zijn geweest op de aanwezigheid van deze oxidehuid. Het mee persen van de oxidehuid, randzone en segregatiezone (zie Literatuurstudie sectie 3.1.1 c Te dunne persrest Figuur 3.4 op pagina 32) wordt ook wel de insleep genoemd. Insleep vertoont hetzelfde snelheidsprofiel als het vloeipatroon van de billet waardoor deze insleep soms over enkele meters wordt uitgesmeerd. Deze insleep houdt aan tot bij de lasovergang. De insleep is dus een zone op het profiel waar luchtinsluitingen vaker op voorkomen. Het mee-persen van de insleep is dus te wijten aan een te dunne persrest omdat hier dan niet de volledige oxidehuid, randzone en segregatiezone in worden opgevangen. Op Figuur 5.11 is de contour van de insleep gevolgd. Hetgeen binnen de contour is insleep, wat erbuiten ligt is nog gewoon materiaal. De insleep van het profiel volgt de hoeken van het profiel, op de hoeken van het profiel komen namelijk de vier stromen van de poorten in de matrijs samen. Hier worden deze aan elkaar gelast.



Figuur 5.11: Profiel 9282 contour insleep

Ter verduidelijking is er Figuur 5.12 toegevoegd waar een back-end blaar te zien is op het profiel. Voor het bestuderen van deze microstructuur is er een profiel gekozen waarvan de theoretische bepaling van de lasovergang is bepaald en dat last had van blaren ter hoogte van deze bepaalde lasovergang. De theoretische bepaling en de werkelijke plaats van de lasovergang zijn weergegeven in hoofdstuk 4 sectie 4.2 13 Afstand stilstand tot lasovergang op pagina 50.



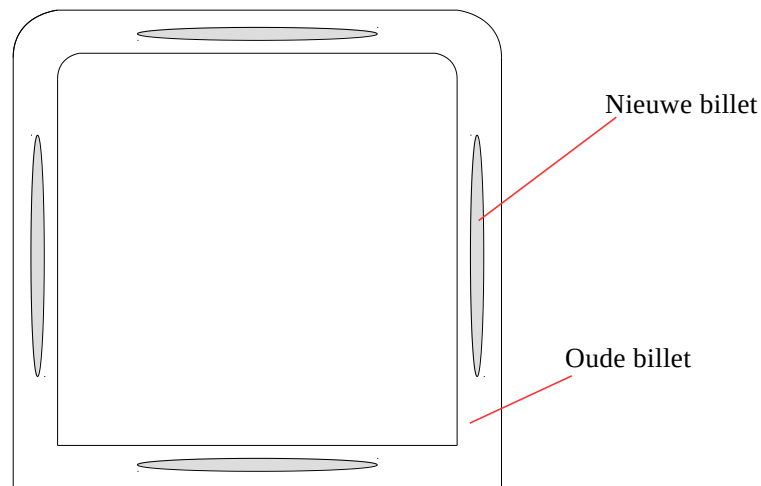
Figuur 5.12: Hollowprofiel back-end blaar

Van dit profiel is ook de werkelijke plaats van de lasovergang bepaald(Figuur 5.13). Ook hier bestaat de afbeelding uit verschillende beelden gemaakt met een lichtmicroscop.



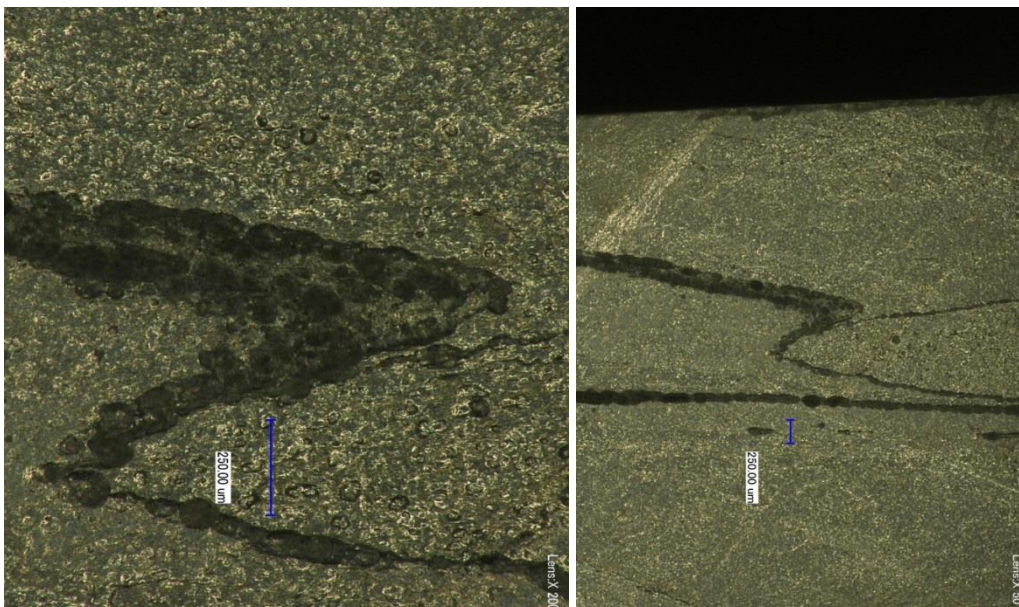
Figuur 5.13: Lasovergang samengestelde beelden

In deze ovaal bevindt zich het nieuwe materiaal van de volgende billet, dit is schematisch aangeduid in Figuur 5.14. De grijze zone is het nieuwe materiaal dat met de persrichting mee enkel groter wordt totdat het hele oppervlak enkel nog bestaat uit dit nieuwe materiaal. De blaren die zich op deze lasovergang bevinden worden geplaatst onder de categorie front-end blaren.



Figuur 5.14: Lasovergang profiel 9282

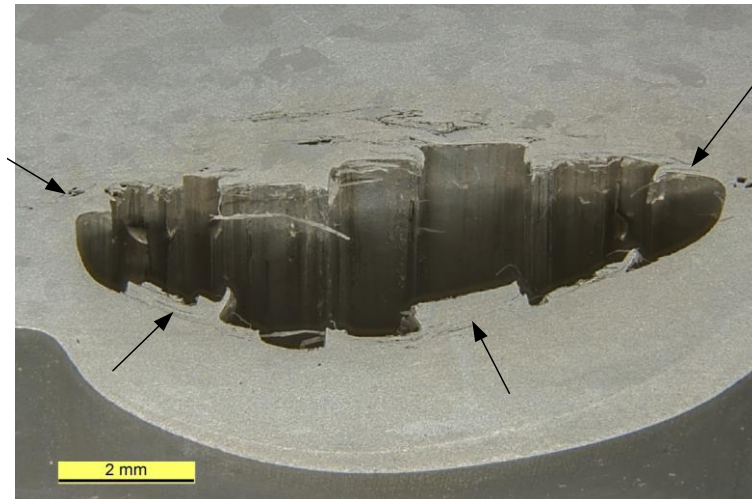
Tijdens het bestuderen van de luchtinsluiting van dit profiel bleek dat de blaar zich in de insleep bevond. Tussen het nieuwe materiaal en het oude materiaal bevindt er een zwarte lijn, deze bestaat uit een aaneenschakeling van zeer kleine holtes (zie Figuur 5.15). Ook op de hoekpunten van deze ovaal zijn zwarte lijnen terug te vinden, maar hier lopen ze in een andere richting. Dit is insleep welke zeer kort tegen het nieuwe materiaal ligt. De insleep wordt naar buiten geduwd door de lasovergang en gaat hiermee samen uit het profiel verdwijnen. Hoe lang het duurt eer de lasovergang verdwenen is uit het profiel, hangt af van de wanddikte van het profiel, de matrijsinhoud en de inhoud van de bevel ring. Bij dunne wanden en grote inhoud van matrijs en bevel ring zal het lang duren eer deze overgang uit het profiel verdwenen is. Het stuk profiel waarin deze overgang zich bevindt, wordt enkel weggegooid indien er profielen voor de automotieve industrie geperst worden. Normaal worden deze profielen gewoon verkocht. De onderstaande Figuur 5.15 is een vergroting van de linkerhoek van de aangeduide ovaal (Figuur 5.13).



Figuur 5.15: Lasovergang ovaal detail

Figuur 5.16 is een uitvergroting van de blaar op Figuur 5.11. Op Figuur 5.16 is het duidelijk dat de blaar zich in de insleepzone bevindt, dit is zichtbaar aan de hand van de horizontale strepen op de microstructuur (aangeduid met de pijlen op Figuur 5.16). Deze blaar heeft ervoor gezorgd dat het aluminium op sommige plaatsen losgetrokken is, dit is duidelijk zichtbaar doordat beide oppervlakken

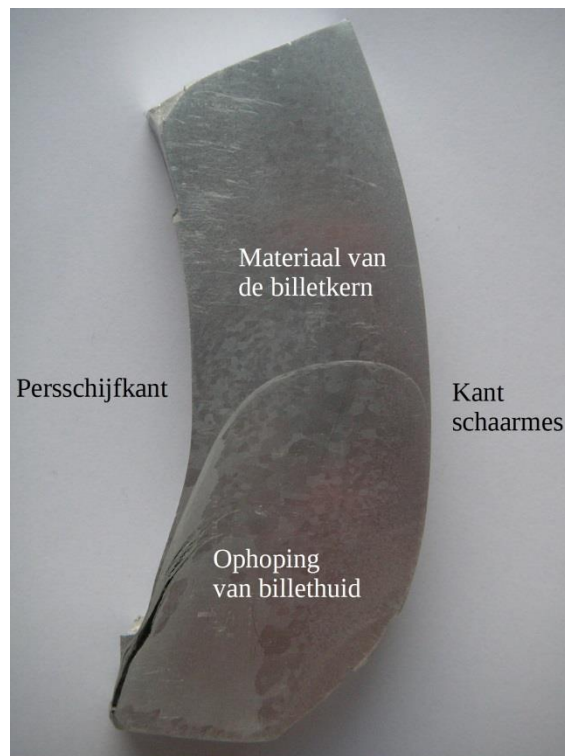
in elkaar passen. Maar op de uiteindes van de blaar zijn de oppervlakken mooi vlak, hier is het aluminium namelijk niet losgetrokken. Dit doet vermoeden dat hier al lucht in aanwezig was voordat het profiel geperst is en dat er twee kleine blaren zich gevormd hebben tot één grote blaar tijdens het extruderen. De kleine luchtinsluitingen hebben ertoe geleid dat het aluminium dat ertussen ligt, is beginnen te scheuren. Het scheuren is vermoedelijk vergemakkelijkt door de richting en ligging van de insleep zone.



Figuur 5.16: Samengestelde beelden back-end blaar

Een uitvergroting van de blaar op Figuur 5.16 is ook terug te vinden in Bijlage 3: Foto's microstructuur op pagina 129. Deze figuur bestaat uit een samenstelling van verschillende microscoopfoto's. Ook daarop is te zien dat de insleep duidelijk aanwezig is.

Nog een manier om insleep te kunnen zien, is door het doormidden snijden van een persrest. Op Figuur 5.17 is de doorsnede van een halve persrest te zien, nadat deze gebeitst is in een NaOH-oplossing. Tegen de linkerkant van de persrest was de persschijf gedrukt, aan de rechterkant werd er afgeschaard. In het midden is een krul te zien. Hetgeen hierboven ligt, is materiaal dat tot de billetkern behoort. Hetgeen hieronder ligt, is materiaal dat van de billeshuid komt. Naarmate de billet opgeperst geraakt, gaat de billeshuid zich ophopen en uiteindelijk in het profiel vloeien. De krul gaat aan de rechterkant van de persrest terug omlaag, dit is omlaag geduwd bij het afscharen. Vermoedelijk is er bij het persen van de billet van deze persrest insleep in het profiel gevloeid. Voor extra info over invloei van billeshuid wordt verwezen naar Figuur 3.3 op pagina 32.



Figuur 5.17: Doorsnede persrest

5.6.3. Dubbele blok

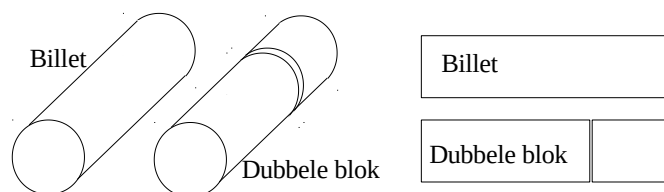
Uit de observaties is duidelijk gebleken dat een dubbele blok de grootste veroorzaker is van back-end blaren. Voor pers 2 zijn er 88 blokken waargenomen waarvan de profielen last hadden van blaren, waarvan er 51 waren die uit een dubbele blok komen. Voor pers 1 zijn er 66 blaargevallen waargenomen waarvan er 31 zijn onder invloed van een dubbele blok. Door deze getallen uit te drukken in het schroot dat zij veroorzaakt hebben over een bepaalde periode, is het theoretisch mogelijk om een daling van het schroot door blaren te laten dalen met 53% (de berekening van deze waarde wordt niet meegegeven omdat deze gegevens bevat die tot de bedrijfsinfo behoren). Het is wel zo dat er bij deze redenering van uit gegaan is dat de betrokken blaren enkel te wijten zijn aan de dubbele blokken, wat in praktijk niet bij ieder waargenomen blaargeval van toepassing zal zijn.

Een dubbele blok wordt veroorzaakt doordat aluminium stammen op een standaard lengte van 7m worden aangekocht, terwijl de lengte van de billet⁴ afhankelijk is van de door de klant gewenste profiellengte en profielvorm. De lengte van de billet wordt door meerdere factoren bepaald, namelijk door de profiellengte, het profielgewicht, recoveryrate Doordat de lengte van de billet van zoveel verschillende factoren afhankelijk is, is het zeer moeilijk om de stam in zijn geheel op te persen. Er zal bijna altijd een stukje van de stam overblijven dat te klein is om een volwaardig profiel van te maken. Dit stuk is te kort om als een nieuwe billet te dienen waardoor er nog een kort stuk van de volgende stam wordt afgeschaard/gezaagd dat tegen dit overgebleven stuk wordt gezet zodat men terug de normale billetlengte krijgt. Zo kan er wel geperst worden en moeten er geen stukken weg gegooid worden. Dit betekent dat er gemiddeld na ongeveer 6 billets een samengestelde billet komt die uit twee kortere stukken bestaat. Het principe van een dubbele blok wordt in Figuur 5.18 weergegeven. Deze korte stukken worden achter elkaar geplaatst en behandeld als een gewone billet, dit wil zeggen dat ze via de loader in de pers geplaatst worden en dan geëxtrudeerd worden tot een profiel. Een dubbele blok brengt enkele extra mogelijke oorzaken voor blaren met zich mee:

⁴ Minimale bloklengte van 750mm tot een maximale bloklengte van 1290mm.

- Het aluminium aan het uiteinde van de stam is een lange tijd aan de omgevingslucht bloot gesteld geweest door transport en stockage. Hierdoor is er een oxidehuid gevormd op het oppervlak. Deze oxidehuid gaat niet opgevangen worden in de persrest, maar gaat mee geperst worden.
- Doordat de billets geschaard worden, gaan ook de twee kleine stukjes van de dubbele blok vervormen (zie hoofdstuk 4 sectie 7 D.B. cycle of na D.B. op pagina 48). Deze vervormingen zorgen ervoor dat er meer lucht tussen de twee stukjes zit, wat de kans op blaren verhoogt.

De hierboven vermelde defecten zouden theoretisch gezien in eerste instantie vooral middle blaren veroorzaken en niet zozeer back-end blaren. De observaties tonen aan dat dubbele blokken vooral zorgen voor back-end blaren en in mindere mate voor middle blaren zorgen. Zo heeft pers 2 van E-MAX PROFILES voor 38%⁵ last van back-end blaren en voor maar 25%⁶ last van middle blaren bij het persen van een dubbele blok.



Figuur 5.18: Dubbele blok

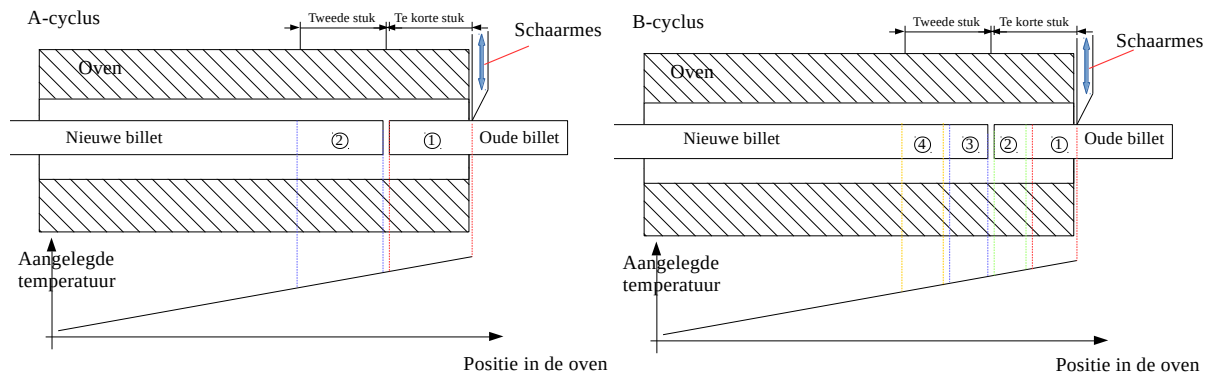
Uit de observaties blijkt dat als er een dubbele blok geperst wordt, de kans veel groter is dat er blaren voorkomen op het profiel dan als er met een normale billet geperst wordt. Zoals in hoofdstuk 4 sectie 4.2 7 D.B. cycle of na D.B. op pagina 48 is aangehaald, zijn er twee types dubbele blokken, de A-cyclus (enkele dubbele blok) en de B-cyclus (tweemaal een dubbele blok). Zo zorgt 28,57% van de A-cyclussen voor blaren en 64,29% van de B-cyclussen voor blaren. Maar ook het profiel of de billet die na de dubbele blok geperst wordt heeft een verhoogde kans op blaren, voor een profiel na een A-cyclus is dit 14,29% en voor een profiel na een B-cyclus is dit 9,52%. Dit roept de vraag op of het wel nuttig is om deze dubbele blokken te blijven persen.

Een dubbele blok veroorzaakt veel blaren aan de achterkant van het profiel, waarvan de oorzaak mogelijk te wijten is aan het stuiken van de billet en het ontlichten van de container. Het stuiken van de billet wordt sterk beïnvloed door de temperatuur die het aluminium heeft. Het probleem bij een dubbele blok is dat eerst de overschot van de stam afgeschaard moet worden en dan nog eens een extra stukje van de volgende stam. Tijdens het scharen van het tweede korte stukje van de dubbele blok bevindt het eerste stukje zich uit de oven en koelt het af aan de omgevingslucht waardoor het de gevraagde temperatuur aan zijn manteloppervlak niet zal halen. Maar ook het tweede stukje billet zal niet aan de gewenste temperatuur voldoen bij een B-cyclus (zie Figuur 5.19). Bij een A-cyclus kan de gewenste temperatuur wel aangelegd worden omdat het eerste stukje (1) van de dubbele blok (te korte stukje van de vorige stam) terug in de oven geplaatst wordt en terug opgewarmd wordt. Maar bij een B-cyclus zal dit stuk (1 en 2) eerst verwijderd worden van de vorige stam, waarna deze van elkaar geschaard of gezaagd worden. Dan wordt stuk 2 tijdelijk uit de oven geplaatst waarna de nieuwe stam uit de oven wordt gereden zodat stuk 3 verwijderd kan worden. Dit stuk 3 wordt tegen stuk 1 geplaatst dat zich tijdens het afscharen of zagen van stuk 3 uit de oven bevindt en al kan afkoelen aan de omgevingslucht. Maar stuk 3 zal een lagere temperatuur hebben dan gewenst, waardoor er een groot temperatuurverschil bestaat tussen de stukken 1 en 3. Eenmaal stuk 3 afgeschaard is, wordt stuk 2 terug in de oven geplaatst. De aaneenschakeling van de stukken 2 en 4 geeft geen temperatuurverschil

⁵ 76 dubbele blokken met 29 gevallen met back-end blaren: $29/76 * 100 = 38,16\%$

⁶ 76 dubbele blokken met 19 gevallen met middle blaren: $19/76 * 100 = 25\%$

tussen deze stukken omdat de oven beide stukken terug gaat verwarmen. Maar in de meeste gevallen is gebleken dat de oven de tijd niet meer krijgt om stuk 2 naar de gewenste oppervlaktetemperatuur te brengen (typisch een 10°C lager dan gewenst). Dit wil zeggen dat zowel de eerste als de tweede dubbele blok bij een B-cyclus niet geheel hun gewenste temperatuur halen. Dit kan een oorzaak zijn van luchtinsluitingen omdat het nodige temperatuurverschil tussen de container en de billet niet gehaald kan worden. Dit temperatuurverschil is belangrijk omdat anders de oxidehuid, randzone en segregatiezone gemakkelijker mee geperst worden (zie Figuur 3.4 op pagina 32).



Figuur 5.19: Temperatuurverloop van A-cylus en B-cyclus

5.6.4. Schaarmes

Een andere oorzaak voor back-end blaren is het slecht functioneren van het schaarmes. Dit mes kan het aluminium dat nog in de matrijs zit beschadigen door er holtes in te trekken of nog andere defecten te veroorzaken. Deze oorzaak is ook reeds aangehaald bij het stuk van front end blaren als oorzaak. Deze oorzaak wordt zowel bij front- end blaren (zie 5.4.1 Oppervlaktekwaliteit van het aluminium in de matrijs op pagina 64) als hier bij back-end blaren aangehaald omdat de indeling hiervan niet door iedereen als hetzelfde wordt beschouwd. Het slecht functioneren van het schaarmes gaat namelijk het contact tussen de nieuwe billet en de oude billet beschadigen.

6. Identificatie van potentiële oplossingen ter vermindering van blaarvorming

In dit hoofdstuk worden enkele oplossingen voor het verminderen van blaren of luchtinsluitingen voorgesteld. Het doel is dat door deze oplossingen er een daling van het schootpercentage komt van minstens 50%. Daarom zal er een schatting gegeven worden in hoeverre de voorgestelde oplossingen het schrootpercentage door blaren doen dalen. De oplossingen worden voorgesteld voor de belangrijkste veroorzaker van blaren, de dubbele blok.

6.1. Dubbele blok

Zoals uit hoofdstuk 4 en hoofdstuk 5 blijkt, is de dubbele blok de grootste oorzaak van blaren op de geperste profielen. Blaren door dubbele blokken kunnen verminderd worden door de juiste stuikdruk te kiezen, alsook het toepassen van een beter temperatuurprofiel [20]. Maar deze oplossingen hangen af van het soort profiel en het is onmogelijk om op voorhand te zeggen hoe groot de reductie van blaren zal zijn. Voor dit soort oplossingen is een onderzoek nodig en moet men over een eigen pers en een metallurgisch labo beschikken.

Een andere oplossing om blaren te verminderen kan men bekomen door het niet persen van dubbele blokken. Op deze manier zal er geen schroot meer zijn door blaren, maar schroot hoofdzakelijk ten gevolge van het stukje stam van 7m dat overblijft. Dit schroot wordt processchroot genoemd en bestaat uit een stuk billet. Dit schroot wordt net als het schroot door blaren terug naar E-MAX BILLETS getransporteerd om omgesmolten te worden aan een vaste kost per kg. Het is voordeliger om schroot in de vorm van billets te hebben, dit laat zich namelijk makkelijker transporteren dan schroot door blaren, omdat er zo meer gewicht op één vrachtwagen kan.

Het is het efficiëntst om een defect zo snel mogelijk uit de productielijn te halen. Profielen met blaren door een dubbele blok doorlopen het ganse productieproces en worden pas in de verpakkingsafdeling uit de productielijn gehaald, terwijl het stuk overgebleven stam al uit de productielijn gehaald kan worden nog voor het geperst wordt. Dit doet vermoeden dat het niet persen van dubbele blokken voor minder kosten zorgt dan het wel persen van dubbele blokken, hoewel niet elke dubbele blok blaren geeft. Dit wordt bevestigd door een ruwe berekening: het niet persen van dubbele blokken geeft ongeveer €180 000 minder kosten per jaar zijn voor pers 2.

Bij deze berekening is men uitgegaan van de totale massa gezaagde profielen van pers 2 in 2015. Voor het gemiddeld profielgewicht, de gemiddelde profiellengte, de gemiddelde perssnelheid, de gemiddelde bloklengte en het gemiddeld aantal profielen per billet werd uitgegaan van Bijlage 2: Data van observaties. Ook voor het aantal dubbele blokken die blaren geven, is in Bijlage 2: Data van observaties gekeken. 29% van de dubbele blokken uit een A-cyclus en 64% van de dubbele blokken uit een B-cyclus bleken last te hebben van blaren. Uit deze parameters werd dan uiteindelijk het gemiddeld aantal kilo's profiel met blaren door dubbele blokken in 2015 berekend.

De kosten die het wel persen van dubbele blokken met zich meebrengen zijn gelijk aan de productiekost, de omwerkingskost en de opportuniteitskost. Deze kosten worden berekend uit het aantal kilo's profielen met blaren dat er in 2015 door dubbele blokken werd veroorzaakt.

De kost die het niet persen van dubbele blokken met zich meebrengt bestaat enkel uit de omwerkingskost van alle geperste dubbele blokken in 2015.

Het kostenverschil wordt berekend door de kosten door het niet persen van dubbele blokken af te trekken van de kosten door het wel persen van dubbele blokken.

Hoewel deze berekening zeer ruw is, toont dit toch aan dat er minder kosten zijn voor pers 2 door dubbele blokken niet te persen. Het is evenwel mogelijk dat het toch beter is, op vlak van kosten of schroot, om bij bepaalde profielgewichten per meter en bepaalde profiellengtes de dubbele blokken toch te persen. Bij lichte profielen wordt er namelijk een kleinere massa profiel weggegooid indien er zich over enkele meters blaren voordoen afkomstig van het persen van een dubbele blok. Bij zwaardere profielen zal dit veel zwaarder gaan doorwegen. Ook de profiellengte is van belang. Indien er zich blaren voordoen over één meter en men heeft profiellengtes van 2m, moet men maximaal 4m profiel (2 profielen) weggooien. Als de profiellengte 7m is, moet men daarentegen maximaal 14m profiel (2 profielen) weggooien.

Om te beslissen, gegeven profielgewicht, profiellengte en nog andere parameters, of de dubbele blok geperst moet worden, is er een berekening gemaakt. Hierin wordt berekend of het beter is de dubbele blok wel of niet te persen op basis van het verschil in onkosten en schrootpercentage. Deze berekening werd zowel gemaakt voor de maximaal te persen bloklengte (zie 6.3 Persen met maximale bloklengte op pagina 80) en de bloklengte met maximale winst (zie 6.4 Persen met bloklengte met maximale winst op pagina 82). Het is ook mogelijk om een dubbele blok te voorkomen, door te werken met ideale profiellengtes waarbij de stam zo goed als mogelijk opgeperst wordt. Daarom is er ook een berekening gemaakt die deze ideale profiellengtes berekend rond de gewenste profiellengte van de klant.

6.2. Invoer berekeningen

Het invoerblad is weergegeven in Tabel 4. Hierop zijn alle waardes ingevuld die van toepassing zijn op pers 2 (D2) en de resultaten van de observaties in Bijlage 2: Data van observaties met betrekking tot de dubbele blokken. Uit de observaties is ook gebleken dat de profielen van de billet na dubbele blokken een verhoogde kans heeft op blaren, voor de A-cyclus is dit 14% en voor de B-cyclus is dit 10% (zie sectie 5.6.3. Dubbele blok op pagina 73). Deze verhoogde kans op blaren is ook mee opgenomen in de berekeningen.

Tabel 4: Invoer kostenanalyse voor pers 2

Invoer	Profielgewicht per meter (min.3 kg/m bij 1-gats matrijs)		kg/m	
	Lengte profiel (gezaagd, min. 1000 mm)		mm	
	Gaten per matrijs		gat(en)	
	Profielen die wegvallen door blaren		van de	0 profiel(en)
Bijkomende gegevens	Blok	Blokstraal		mm
		Dichtheid		kg/mm ³
		Maximale bloklengte		mm
		Minimale bloklengte		mm
	Ideale bloklengtes	Bloklengte (9 blokken per stam)		mm
		Bloklengte (8 blokken per stam)		mm
		Bloklengte (7 blokken per stam)		mm
		Bloklengte (6 blokken per stam)		mm
		Afwijking profiellengte naar boven		mm
		Afwijking profiellengte naar beneden		mm
	Proces	Recovery rate		%
	Stam	Stamlengte		mm
	Kosten	Totale productiekost D2 per uur		€/uur
		Omwerkingskost schroot		€/ton
	Opbrengsten	Verkoopprijs goed profiel		€/kg
		Meerwaarde billet --> profiel		€/kg
	Pers	Gemiddelde perssnelheid		mm/s
		Extra tijd voor te stuiken etc....		s
		Maximale uitloop		mm
Blaren	Observatie 10/2015 - 02/2016	# blokken		blokken
		# dubbele blokken A cyclus		blokken
		# dubbele blokken B cyclus		blokken
		# dubbele blokken A cyclus met blaren		blokken
		# blokken na A cyclus met blaren		blokken
		# dubbele blokken B cyclus met blaren		blokken
		# blokken na B cyclus met blaren		blokken

Hieronder volgt een lijst met alle parameters:

- **Profielgewicht per meter:** dit wordt bepaald door de klant a.d.h.v. de vorm en grootte van het profiel.
- **Lengte profiel:** ook bepaald door de klant.
- **Aantal gaten per matrijs:** dit bepaald hoeveel profielen tegelijk uit de matrijs komen, meergats matrijzen worden meestal gebruikt bij lichtere profielen om ervoor te zorgen dat de uitloop niet te lang wordt en er meer geproduceerd kan worden.
- **Aantal profielen die wegvallen door blaren:** hier wordt ingevoerd hoeveel profielen van het totaal aantal profielen dat de uitloop telt tot schroot herleid worden.
- **Blokstraal:** dit is de helft van de billetdiameter. Voor pers 2 is de billetdiameter 10 inch.
- **Dichtheid:** dit is de massadichtheid van het aluminium waarvan de billets gemaakt zijn.
- **Maximale en minimale bloklengte:** de bloklengtes die hiertussen liggen kunnen door de loader op pers 2 geladen worden. De andere lengtes zijn te kort of te lang en kunnen niet geperst worden.
- **Ideale bloklengtes:** indien met deze bloklengtes gewerkt wordt, zal de stam helemaal opgebruikt worden. Er zullen dan ook geen dubbele blokken meer voorkomen. Er zijn 4 verschillende bloklengtes die hiervoor in aanmerking komen.

- **Afwijking profiellengte:** omdat de door de klant gewenste profiellengte hoogstwaarschijnlijk niet gehaald wordt bij het persen met ideale blok lengtes, dient er een afwijking op de gewenste profiellengte (bepaald door de klant) ingevoerd te worden. Deze parameters, samen met de ideale blok lengtes, worden enkel gebruikt bij de berekening persen met optimale blok lengte.
- **Recovery rate:** dit percentage geeft weer hoeveel % van de billet omgezet wordt in goed profiel. Dit is moeilijk te bepalen en licht afhankelijk van het profielgewicht. Een goede schatting voor de recovery rate is 75%. Zie ook Figuur 3.5 op pagina 33.
- **Stamlengte:** dit is de lengte van de stam die gegoten wordt in de gieterij. Dit is voor beide persen 7m.
- **Totale productiekost D2 per uur:** deze parameter omvat alle kosten die nodig zijn om het personeel te betalen en de installaties in hal 2 draaiende te houden.
- **Omwerkingskost schroot:** om een stuk schroot terug om te werken naar een stam moet een omwerkingskost per kg schroot betaald worden. Deze kost omvat transportkosten en kosten van de gieterij.
- **Verkoopprijs goed profiel:** dit is de omzet die gemaakt wordt door de verkoop van profielen.
- **Meerwaarde billet → profiel:** zoveel waarde wordt er toegevoegd om van een stam een ingepakt profiel te maken.
- **Gemiddelde persnelheid:** dit is het gemiddelde van de persnelheid van alle billets die geobserveerd zijn aan pers 2.
- **Extra tijd voor te stuiken etc.:** hierin zit de tijd vervat waarin er geen profiel geperst wordt. Dit is de niet productieve tijd, bijvoorbeeld tijdens het stuiken, tijdens het laden van de volgende billet, tijdens het afscharen van de persrest... .
- **Maximale uitloop:** door de lengte van de hal is de uitlooptijd beperkt tot 53 meter.
- **Observatie 10/2015 - 02/2016:** dit zijn de resultaten van het observeren van pers 2 naar dubbele blokken toe. Deze gegevens zijn te halen uit de tabel Bijlage 2: Data van observaties van pagina 109 t.e.m. pagina 126.

Deze parameters zijn allemaal aanpasbaar, daarom is het mogelijk om niet enkel met de verderop vermelde tabellen te werken (Tabel 5, Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8), maar ook om ieder specifiek geval de kosten te modeleren.

6.3. Persen met maximale blok lengte

Bij persen met maximale blok lengte wordt de langst mogelijke billet gekozen die geperst kan worden op de pers en waaruit men een geheel aantal profiellengtes kan halen. Bij lange blok lengtes wordt de pers optimaal benut, d.w.z. dat de pers zo weinig mogelijk stilstaat door het laden van een nieuwe billet, het afscharen van de persrest, het stuiken... . Persen met maximale blok lengte houdt geen rekening met de lengte van het overblijvend stukje stam. Bij sommige blok lengtes zal dit groot zijn en zullen de omwerkingskosten en schrootpercentages dan ook zeer hoog liggen. De maximale blok lengte is gelimiteerd door de lengte van de container.

6.3.1. Onkostenverschil

Tabel 5 geeft de resultaten weer tussen het verschil in onkosten per stam voor het wel of niet persen van een dubbele blok bij maximale blok lengte. De onkosten die gemaakt worden bij het wel persen van een dubbele blok zijn gelijk aan:

$$\begin{aligned} \text{Totaal verlies door blaren bij D.B.} &= \text{Verlies aan productiekost} \\ &+ \text{Verlies door omwerkingskost schroot profielen} \end{aligned}$$

- + Opportuïteitsverlies van goede profielen
- Opbrengst van goede stukken

Het verlies aan productiekost is het bedrag dat personeel en machines kosten om de profielen met blaren te produceren per dubbele blok. Het verlies door omwerkingskost schoot door profielen is het bedrag dat betaald moet worden om de profielen met blaren door een dubbele blok terug om te smelten tot een stam en de nodige vervoerskosten hiervoor. Het opportuïteitsverlies van goede profielen is de winst die de goede profielen van een dubbele blok normaal zouden geven. Maar omdat het in dit geval over een aantal profielen met blaren gaat, wordt dit een verlies genoemd. De opbrengst van goede stukken is de winst die gemaakt wordt op de profielen geperst uit de dubbele blok die wel te verkopen zijn, aangezien niet alle profielen van een dubbele blok last hebben van blaren.

Het verlies dat men heeft, indien de dubbele blok niet geperst wordt, houdt enkel de omwerkingskosten van het schroot door het overblijfsel van de stam in. Men gaat er hier wel van uit dat het verwijderen van het overblijfsel van de stam uit het productieproces voor geen extra kosten zorgt.

Om de kosten tussen persen en niet persen van een dubbele blok te vergelijken, wordt het verschil tussen beide gemaakt. Bij beide kostenberekeningen zijn nergens de grondstofkosten ingecalculerd, dit is echter niet nodig, aangezien de grondstofkosten bij het nemen van het verschil wegvallen. In Tabel 5 zijn deze verschillen uitgezet met de profiellengtes en de profielgewichten als variabelen. Deze parameters zijn gekozen omdat dit de hoofdparameters zijn die van de klant komen. Indien de onkosten voor het wel persen hoger zijn dan voor het niet persen, is het verschil positief en is het dus aangeraden de dubbele blok niet te persen (rood). Indien het verschil in onkosten negatief is, perst men de dubbele blok best wel (groen).

Tabel 5: Onkostenverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij maximale blok lengte

		Max blok lengte: Onkosten wel-niet													
		Profiellengtes (kg/m)													
	DB wel persen	1200	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	13600
	DB niet persen														
Profielgewichten (kg/m)	3	-11,71	-15,66	-4,58	-14,91	-14,57	-3,49	-3,16	18,32	13,65	16,78	41,78	30,79	52,79	46,08
	4	-33,41	-29,57	-16,09	-14,21	-18,17	-10,52	22,76	16,52	30,79	20,12	45,46	63,71	53,94	67,28
	5	-27,63	-22,84	-27,75	-18,17	-1,30	0,97	23,45	20,12	45,03	76,16	70,62	58,42	82,88	gaat niet
	6	-28,80	-16,09	-13,27	-10,52	0,97	30,79	32,79	63,71	65,06	58,42	87,77	gaat niet	132,35	122,37
	7	-31,70	-20,95	-7,52	22,76	23,45	32,79	69,93	76,18	73,09	gaat niet	127,57	133,06	133,88	151,18
	8	-31,13	-14,21	-10,52	16,52	20,12	63,71	76,18	77,99	gaat niet	115,25	150,86	154,47	152,75	170,91
	9	-21,88	-13,27	13,65	30,79	45,03	65,06	73,09	gaat niet	119,70	129,76	166,83	167,89	201,95	181,59
	10	-16,09	-18,17	0,97	20,12	76,16	58,42	gaat niet	115,25	129,76	170,94	175,46	173,30	207,81	gaat niet
	11	-13,79	3,14	24,30	45,46	70,62	87,77	127,57	150,86	166,83	175,46	176,75	214,72	gaat niet	gaat niet
	12	-14,96	-10,52	30,79	63,71	58,42	gaat niet	133,06	154,47	167,89	173,30	214,72	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	13	-19,62	7,92	52,79	53,94	82,88	132,35	133,88	152,75	201,95	207,81	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	14	11,41	22,76	32,79	76,18	gaat niet	133,06	162,71	183,03	194,01	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	15	-13,27	0,97	45,03	58,42	gaat niet	129,76	156,53	173,30	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	16	11,70	16,52	63,71	77,99	115,25	154,47	183,03	200,91	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	17	-13,91	50,12	82,38	gaat niet	137,51	179,18	209,52	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	18	-1,12	30,79	65,06	gaat niet	129,76	167,89	194,01	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet

Uit Tabel 5 blijkt dat het voor de lichtere en kortere profielen wel nog voordelig is om een dubbele blok te persen. Dit komt doordat er bij deze profielen meerdere profielen uit één biljet gehaald kunnen worden. Dit brengt met zich mee dat er meerdere profielen zijn die geen blaren hebben en maar enkele die wel blaren hebben, m.a.w. de verhouding tussen goede en slechte profielen is groter. Het zijn deze goede profielen die dan de onkosten van de slechte profielen teniet doen waardoor het economisch gezien wel rendabel is om deze dubbele blokken te persen. Bij de langere en zwaardere profielen (rood) is het niet rendabel om deze dubbele blokken te persen, dit komt omdat er bij deze parameters maar enkele profielen uit een dubbele blok gehaald kunnen worden (typisch zijn dit er 1 à 2). Waardoor er telkens een grotere massa weggegooid moet worden als er blaren zijn. Nu kan de opbrengst van de goede profielen niet meer opwegen tegen de onkosten van de slechte profielen. In Tabel 5 geven sommige combinaties van profiellengte en profielgewicht aan dat dit niet gaat ('gaat

niet'), dit komt omdat bij de hogere waarden van deze parameters (rechts onder in Tabel 1) de maximale billetlengte overschreden wordt. Bij de waarden "gaat niet" die midden in het rode gedeelte liggen, zijn deze combinaties niet mogelijk omdat hier zich geen billetlengte bevindt tussen de maximale billetlengte en de minimale billetlengte.

6.3.2. Schrootpercentage

Tabel 6 geeft het verschil in schrootpercentage weer tussen het wel en niet persen van een dubbele blok bij maximale blok lengte. Het schrootpercentage wordt berekend als het aantal kg's schroot veroorzaakt door een dubbele blok gedeeld door het aantal kg's materiaal van een ganse stam. Indien het verschil in schrootpercentage negatief is, is het schrootpercentage bij het persen van een dubbele blok kleiner dan wanneer men de dubbele blok niet perst (groen). Indien het verschil in schrootpercentage positief is, is het schrootpercentage bij het persen van een dubbele blok groter dan wanneer men de dubbele blok niet perst (rood).

Tabel 6: Schrootpercentageverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij maximale blok lengte

		Max blok lengte: Schroot% wel-niet														
		Profiellengtes (kg/m)														
		DB wel persen	1200	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	13600
		DB niet persen														
Profielgewichten (kg/m)	3		-0,19	-3,81	-0,83	-7,87	-9,90	-6,92	-8,95	-2,62	-5,49	-7,51	1,73	-4,05	3,94	-2,62
	4		-9,02	-9,62	-6,20	-8,35	-13,28	-12,65	-1,99	-5,80	-4,05	-10,10	-1,11	1,20	-4,85	-0,46
	5		-7,16	-7,91	-14,08	-13,28	-9,01	-11,69	-6,72	-10,10	-5,13	5,41	0,64	-6,92	0,84	gaat niet
	6		-8,64	-6,20	-9,42	-12,65	-11,69	-4,05	-5,60	1,20	-1,19	-6,92	2,39	gaat niet	10,15	3,87
	7		-10,95	-10,06	-8,95	-1,99	-6,72	-5,60	3,31	2,47	-2,26	gaat niet	8,74	6,93	3,17	7,93
	8		-11,60	-8,35	-12,65	-5,80	-10,10	1,20	2,47	-0,71	gaat niet	1,83	12,02	8,83	3,42	8,20
	9		-8,06	-9,42	-5,49	-4,05	-5,13	-1,19	-2,26	gaat niet	3,11	2,03	12,24	7,40	16,35	4,68
	10		-6,20	-13,28	-11,69	-10,10	5,41	-6,92	gaat niet	1,83	2,03	13,37	9,39	2,63	11,18	gaat niet
	11		-6,01	-4,61	-2,86	-1,11	0,64	2,39	8,74	12,02	12,24	9,39	3,48	12,89	gaat niet	gaat niet
	12		-7,49	-12,65	-4,05	1,20	-6,92	gaat niet	6,93	8,83	7,40	2,63	12,89	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	13		-10,64	-5,37	3,94	-4,85	0,84	10,15	3,17	3,42	16,35	11,18	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	14		0,91	-1,99	-5,60	2,47	gaat niet	6,93	11,10	11,38	7,76	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	15		-9,42	-11,69	-5,13	-6,92	gaat niet	2,03	4,42	2,63	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	16		-0,71	-5,80	1,20	-0,71	1,83	8,83	11,38	9,47	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	17		-11,55	4,82	7,52	gaat niet	8,20	15,64	18,34	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
	18		-6,34	-4,05	-1,19	gaat niet	2,03	7,40	7,76	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet

Belangrijk om hier op te merken is dat voor het wel persen van een dubbele blok wat betreft het schrootpercentage een ander besluit zou genomen worden dan bij de economische bepaling (in Tabel 5). Een bedrijf zal natuurlijk altijd een beslissing nemen vanuit economisch standpunt in plaats vanuit schrootpercentage standpunt. Het feit dat er in Tabel 6 meer mogelijke combinaties zijn dat dubbele blokken geperst moeten worden dan in Tabel 5 valt te verklaren doordat schroot door blaren en schroot door het overblijfsel van de stam even fel doorwegen in het schrootpercentage. Bij onkosten moeten voor profielen die geperst zijn en blaren hebben niet enkel schrootomwerkingskosten geteld worden, maar ook productiekosten en opportuiniteitskosten. Terwijl voor het stuk stam dat overblijft enkel schrootomwerkingskosten geteld moeten worden. Dit verklaart waarom er vanuit schrootopzicht meer combinaties van profiellengte en -gewicht beter wel als dubbele blok geperst worden.

6.4. Persen met blok lengte met maximale winst

De winst per stam wordt berekend voor elke blok lengte die een geheel aantal profiellengtes geeft na persen. De blok lengte die de maximale winst per stam geeft, wordt gezien als de blok lengte met maximale winst. De winst per stam gaat ervan uit dat de dubbele blok niet geperst wordt. De berekening gaat als volgt:

$$\begin{aligned} \text{Winst per stam} = & \quad \text{Omzet verkochte profielen per stam} \\ & - \text{Productiekosten per stam} \\ & - \text{Omwerkingskost schroot per stam} \end{aligned}$$

De omzet verkochte profielen per stam wordt berekend uit het aantal kg profielen dat men uit een stam kan halen en de verkoopprijs per kg profiel. De productiekost per stam wordt berekend uit de tijd dat het duurt om een stam te persen (afhankelijk van perssnelheid, stuiktijd...) en de productiekost per uur. De omwerkingskost van het schroot per stam vindt men via de omwerkingskost per kg en de massa van het overgebleven stukje stam. De grondstofkosten zijn niet in rekening gebracht, maar aangezien deze constant zijn voor iedere stam, is het niet nodig deze mee te nemen in de berekening. De grondstofkosten vallen gewoon weg bij het nemen van het onkostenverschil.

6.4.1. Onkostenverschil

De berekening hiervoor is hetzelfde als de berekening voor het persen met maximale blok lengte. Enkel de blok lengte verschilt, waardoor ook de onkosten zullen verschillen. De resultaten met profielgewicht en profiellengte als variabelen zijn in Tabel 7 weergegeven. Indien het voordeliger is een dubbele blok wel te persen, zal het verschil negatief zijn. Dit wordt groen gekleurd in Tabel 7. Indien het voordeliger is een dubbele blok niet te persen, zal het verschil positief zijn. Dit wordt rood gekleurd in Tabel 7.

Tabel 7: Onkostenverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij blok lengte met maximale winst

		Max winst: Onkosten wel-niet													
		Profiellengtes (kg/m)													
		1200	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	13600
Profielgewichten (kg/m)	DB wel persen														
	DB niet persen														
3		-11,71	-5,66	-4,58	-6,91	-14,57	-3,49	10,84	18,32	13,65	16,78	41,78	30,79	52,79	46,08
4		-14,21	-8,24	-12,09	-3,54	15,16	13,48	22,76	27,19	30,79	33,45	60,12	63,71	53,94	67,28
5		-9,63	-6,17	-17,75	15,16	23,70	10,97	23,45	33,45	45,03	76,16	70,62	58,42	82,88	gaat niet
6		-9,60	-12,09	-7,27	13,48	10,97	30,79	46,79	63,71	65,06	58,42	87,77	gaat niet	132,35	122,37
7		-6,50	-2,29	6,48	22,76	23,45	46,79	69,93	76,18	73,09	gaat niet	127,57	133,06	133,88	151,18
8		-8,73	-3,54	13,48	27,19	33,45	63,71	76,18	77,99	gaat niet	115,25	150,86	154,47	152,75	170,91
9		-0,28	-7,27	13,65	30,79	45,03	65,06	73,09	gaat niet	119,70	129,76	166,83	167,89	201,95	181,59
10		-12,09	15,16	10,97	33,45	76,16	58,42	gaat niet	115,25	129,76	170,94	175,46	173,30	207,81	gaat niet
11		3,81	17,81	35,30	60,12	70,62	87,77	127,57	150,86	166,83	175,46	176,75	214,72	gaat niet	gaat niet
12		4,24	13,48	30,79	63,71	58,42	gaat niet	133,06	154,47	167,89	173,30	214,72	gaat niet	gaat niet	gaat niet
13		6,38	25,25	52,79	53,94	82,88	132,35	133,88	152,75	201,95	207,81	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
14		11,41	22,76	46,79	76,18	gaat niet	133,06	162,71	183,03	194,01	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
15		-7,27	10,97	45,03	58,42	gaat niet	129,76	156,53	173,30	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
16		11,70	27,19	63,71	77,99	115,25	154,47	183,03	200,91	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
17		20,09	50,12	82,38	gaat niet	137,51	179,18	209,52	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet
18		13,28	30,79	65,06	gaat niet	129,76	167,89	194,01	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet

Deze tabel kan vergeleken worden met Tabel 5 waar op dezelfde manier berekend wordt of de dubbele blok van een stam met maximale blok lengte voordelig is om te persen of niet. Het belangrijkste dat uit Tabel 7 kan gehaald worden, is dat bij een blok lengte van maximale winst er nog minder combinaties voorkomen waar het voordelig is om nog een dubbele blok te persen.

Nog een mogelijkheid zou zijn om maximale bok lengtes van de stam te halen en met het stuk dat overblijft nog zoveel mogelijk profielen te persen. Dit is echter niet haalbaar, men zit dan met verschillende uitlopen en dat zou zeer ingewikkeld worden bij het stretchen en bij het verzagen van de uitloop in profiellengtes.

6.4.2. Schrootpercentageverschil

Tabel 8 geeft het verschil in schrootpercentage weer tussen het wel en niet persen van een dubbele blok met blok lengtes met maximale winst. Het schrootpercentage voor zowel het persen van dubbele blokken als het niet persen van dubbele blokken wordt op dezelfde manier berekend als het schrootpercentage bij persen met maximale blok lengte. Ook hier zijn de vakken groen gekleurd indien het voordeliger is een dubbele blok te persen en rood indien men de dubbele blok beter niet perst.

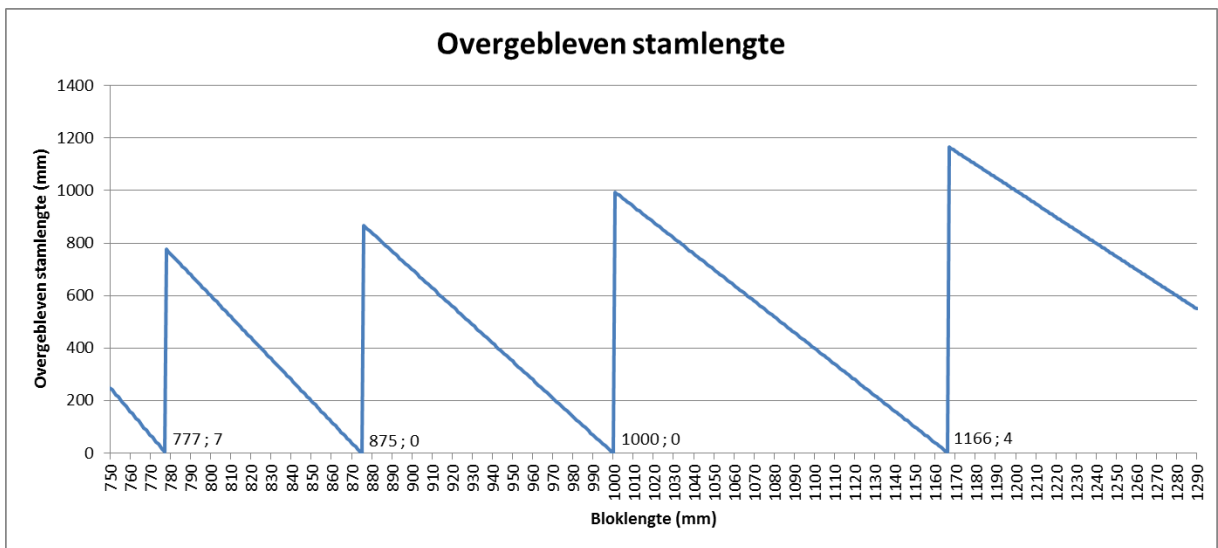
Tabel 8: Schrootpercentageverschil tussen wel en niet persen van een dubbele blok bij blok lengte met maximale winst

		Max winst: Schroot% wel-niet													
		Profiellengtes (kg/m)													
		1200	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000	11000	12000	13000	13600
Profielgewichten (kg/m)	DB wel persen														
	DB niet persen														
3	-0,19	0,36	-0,83	-4,53	-9,90	-6,92	-3,10	-2,62	-5,49	-7,51	1,73	-4,05	3,94	-2,62	
4	-1,00	-0,71	-4,53	-3,89	0,64	-2,62	-1,99	-1,35	-4,05	-4,53	5,02	1,20	-4,85	-0,46	
5	0,36	-0,95	-9,90	0,64	1,44	-7,51	-6,72	-4,53	-5,13	5,41	0,64	-6,92	0,84	gaat niet	
6	-0,62	-4,53	-6,92	-2,62	-7,51	-4,05	0,24	1,20	-1,19	-6,92	2,39	gaat niet	10,15	3,87	
7	-0,43	-2,26	-3,10	-1,99	-6,72	0,24	3,31	2,47	-2,26	gaat niet	8,74	6,93	3,17	7,93	
8	-2,24	-3,89	-2,62	-1,35	-4,53	1,20	2,47	-0,71	gaat niet	1,83	12,02	8,83	3,42	8,20	
9	0,96	-6,92	-5,49	-4,05	-5,13	-1,19	-2,26	gaat niet	3,11	2,03	12,24	7,40	16,35	4,68	
10	-4,53	0,64	-7,51	-4,53	5,41	-6,92	gaat niet	1,83	2,03	13,37	9,39	2,63	11,18	gaat niet	
11	1,34	1,52	1,73	5,02	0,64	2,39	8,74	12,02	12,24	9,39	3,48	12,89	gaat niet	gaat niet	
12	0,53	-2,62	-4,05	1,20	-6,92	gaat niet	6,93	8,83	7,40	2,63	12,89	gaat niet	gaat niet	gaat niet	
13	0,22	1,87	3,94	-4,85	0,84	10,15	3,17	3,42	16,35	11,18	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	
14	0,91	-1,99	0,24	2,47	gaat niet	6,93	11,10	11,38	7,76	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	
15	-6,92	-7,51	-5,13	-6,92	gaat niet	2,03	4,42	2,63	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	
16	-0,71	-1,35	1,20	-0,71	1,83	8,83	11,38	9,47	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	
17	2,65	4,82	7,52	gaat niet	8,20	15,64	18,34	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	
18	-0,33	-4,05	-1,19	gaat niet	2,03	7,40	7,76	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	gaat niet	

Uit Tabel 8 blijkt dat het wel voordeliger is om te werken met blok lengtes met maximale winst ter vermindering van het schrootpercentage. Het grote nadeel hier is dat dit maar voor enkele combinaties van profiellengte en profielgewicht hetzelfde resultaat geeft voor het wel persen van een dubbele blok (groen) dan met Tabel 8, waar voor dezelfde gevallen gekeken is naar het bijhorende economische aspect.

6.5. Persen met optimale blok lengte

In plaats van te kijken wanneer het voordelig is om een dubbele blok al dan niet te persen, is er ook de mogelijkheid om de blok lengtes zo te kiezen dat er helemaal geen dubbele blokken meer geperst moeten worden. Indien de stam in zulke lengtes verdeeld wordt, zal er geen overblijfsel meer zijn op het einde. Deze lengtes worden optimale blok lengtes genoemd. De optimale blok lengtes kunnen gevonden worden door een restdeling te doen van de totale stam lengte en de blok lengte. De mogelijke blok lengtes variëren dan tussen de minimale en de maximale te persen lengte, opgelegd door de beperkingen van de persinstallatie. Voor pers 2 ligt dit tussen 750mm en 1290mm. De resultaten van deze berekening zijn weergegeven in Figuur 6.1. De minima van deze grafiek tonen de blok lengtes die geen (of bijna geen) overgebleven stam lengte hebben.



Figuur 6.1: Overgebleven stam lengtes

Voor stammen van 7000mm en blok lengtes tussen 750mm en 1290mm zijn er 4 optimale blok lengtes. Deze 4 zijn weergegeven in Tabel 9. In de tabel is ook de overgebleven stamlengte weergegeven uitgedrukt in mm en hoeveel er van de originele stam overblijft als er voor deze blok lengte gekozen wordt. Dit is niet altijd nul omdat er gewerkt is met een afgeronde waarde voor de blok lengtes. Zo is voor de blok lengtes 777mm en 1166mm de overgebleven blok lengte niet gelijk aan 0. Bovendien kan de warme zaag van pers 1 maar tot op 1 mm nauwkeurig zagen, voor de warme schaar van pers 2 is de afwijking op billet lengte maximaal 10mm. Dit zou problemen kunnen geven, volgend voorbeeld toont dit aan door een worstcasescenario. Indien men billets van 1000mm nodig heeft, kan men perfect 7 billets uit één stam halen. Hoewel als de schaar i.p.v. 1000mm 1010mm schaart, zal de laatste billet slechts 940mm zijn. Hierdoor kan men dan niet genoeg profielen uit de laatste billet halen, waardoor de kans bestaat dat de laatste billet niet geperst wordt en schroot wordt. Het verlies door zaag- of schaarsnede wordt vervat in de recovery rate. De recovery rate is meegenomen in de berekeningen.

Tabel 9: Optimale blok lengtes

Blok lengte (mm)	Aantal blokken per stam	Overgebleven stamlengte (mm)
777	9	7
875	8	0
1000	7	0
1166	6	4

Dat er slechts 4 mogelijke blok lengtes zijn, houdt wel enkele beperkingen in, zo zijn bij optimale blok lengte niet alle combinaties van profiellengte en profielgewicht mogelijk. In de meeste gevallen heeft de klant de exacte profiellengte nodig om te verwerken. Maar soms wordt het bestelde profiel door de klant zelf nog in kleinere stukken gezaagd (vb. lagerhouders). Hier kan aan de klant gevaagd worden of er niet van de profiellengte afgeweken kan worden. Voor klanten met deze flexibiliteit is een rekenblad gemaakt. Hierin wordt het gewenste profielgewicht ingevoerd, dit is afhankelijk van de vorm en grootte van het profiel en de profiellengte. Klanten zullen eerder geneigd zijn om de profiellengte te laten veranderen dan het profielgewicht. Voor de profiellengte moet ook een afwijking naar boven en naar beneden ingevoerd worden. Hiermee bepaalt de klant tussen welke lengtes het profiel moet liggen indien de gewenste lengte niet gehaald wordt.

In Tabel 10 is een resultaat te zien voor een gewenst profielgewicht van 6 kg/m en een gewenste profiellengte van 2000 mm. De profiellengte mag 1000 mm korter of langer zijn dan de gewenste lengte. Alle mogelijk te persen profiellengtes met optimale blok lengte zijn weergegeven in Tabel 10. Alle profiellengtes die binnen het opgegeven bereik liggen worden in het vet weergegeven, hoe dichter deze profiellengtes bij de gewenste profiellengte liggen, hoe feller groen deze gekleurd worden. De profiellengte die het dichtst bij 2000 mm ligt is 1994 mm. Deze lengte bekomt men door blokken van 1166 mm te persen, men zal uit deze blok 10 profielen kunnen persen.

Tabel 10: Voorgestelde profiellengtes met profielgewicht van 6 kg/m en profiellengte van 2000 mm

	Ondergrens (mm)	Nominale bloklengte (mm)	Bovengrens (mm)	
	1000	2000	3000	
Ideale bloklengtes (mm)	777	875	1000	1166
Totale profiellengte per blok (mm)	13288	14964	17101	19940
# profielen per blok				
1	13288	14964	17101	19940
2	6644	7482	8551	9970
3	4429	4988	5700	6647
4	3322	3741	4275	4985
5	2658	2993	3420	3988
6	2215	2494	2850	3323
7	1898	2138	2443	2849
8	1661	1870	2138	2493
9	1476	1663	1900	2216
10	1329	1496	1710	1994
11	1208	1360	1555	1813
12	1107	1247	1425	1662
13	1022	1151	1315	1534
14	949	1069	1222	1424
15	886	998	1140	1329
16	830	935	1069	1246
17	782	880	1006	1173
18	738	831	950	1108
19	699	788	900	1049
20	664	748	855	997
21	633	713	814	950
22	604	680	777	906
23	578	651	744	867
24	554	623	713	831
25	532	599	684	798
26	511	576	658	767
27	492	554	633	739
28	475	534	611	712
29	458	516	590	688
30	443	499	570	665

6.6. Schrootreductie

Schroot door blaren van dubbele blokken verminderen kan op twee verschillende manieren gebeuren. Door geen enkele dubbele blok te persen en door enkel dubbele blokken onder een bepaald profielgewicht te persen. In wat volgt zal voor elk geval de mate van reductie van schroot door blaren berekend worden.

6.6.1. Geen enkele dubbele blok persen

Indien er geen dubbele blok geperst wordt, zullen alle blaargevallen tijdens een dubbele blok, of alle front blaren na een dubbele blok geëlimineerd worden.

Voor pers 1 werden volgende gegevens uit Bijlage 2: Data van observaties gehaald van pagina 96 t.e.m. pagina 108:

- 22 billets met blaren (front, middle, end) tijdens een dubbele blok
- 9 billets met front blaren na een dubbele blok
- 65 billets met blaren
- 276 billets geobserveerd

Dit betekent dat 48% $(=(22+9)/65*100)$ van alle blaargevallen van pers 1 te wijten is aan dubbele blokken. Indien er dus geen dubbele blokken geperst worden op pers 1, zal er daling tot 48% aan schroot door blaren zijn t.o.v. het huidige schrootpercentage. Dit zou echter een overschatting zijn, want hier ervan uitgegaan zijn dat elke dubbele blok met blaren als oorzaak voor de blaren de dubbele blok had. Voor pers 1 zijn er nog altijd 34 $(=65-22-9)$ billets van de 245 $(=276-22-9)$ geobserveerde billets die geen dubbele blok zijn en wel blaren hadden. D.w.z. dat 14% $(=34/245*100)$ van de gewone

billets (geen dubbele blok) blaren zou hebben. Dus de 48% kans op blaren bij een dubbele blok moet met 14% verminderd worden. Dit betekent dat het schroot door blaren bij het niet persen van een dubbele blok met 41% zal dalen ($=48\%*(1-0,14)$).

Voor pers 2 werden de volgende gegevens uit Bijlage 2: Data van observaties gehaald van pagina 109 t.e.m. pagina 126:

- 37 billets met blaren (front, middle, end) tijdens een dubbele blok
- 14 billets met front blaren na een dubbele blok
- 89 billets met blaren
- 554 billets geobserveerd

Dit betekent dat 57% ($=(37+14)/89-100$) van alle blaargevallen van pers 2 te wijten is aan dubbele blokken. Indien er dus geen dubbele blokken geperst worden op pers 2, zal er een daling tot 57% aan schroot door blaren zijn t.o.v. het huidige schrootpercentage. Ook dit is een overschatting, want hier ervan uitgegaan zijn dat elke dubbele blok met blaren als oorzaak voor de blaren de dubbele blok had. Voor pers 1 zijn er nog altijd 38 ($=89-37-14$) billets van de 503 ($=554-37-14$) geobserveerde billets die geen dubbele blok zijn en wel blaren hadden. D.w.z. dat 7% ($=38/554*100$) van de gewone billets (geen dubbele blok) blaren zou hebben. Dus de 57% kans op blaren bij een dubbele blok moet met 7% verminderd worden. Dit betekent dat het schroot door blaren bij het niet persen van een dubbele blok met 53% zal dalen ($=57\%*(1-0,07)$).

Om nu te weten hoeveel % de blaren voor beide persen dalen, volstaat het om het gewogen gemiddelde te nemen van beide percentages. Als gewichten worden het aantal gezaagde kilo's profielen genomen van beide persen in 2015. Men komt dan uit dat het schroot door blaren van beide persen bij E-MAX met 48%⁷ kan dalen t.o.v. het huidige schrootpercentage. Hier moet wel bij gezegd worden dat het ook mogelijk is dat de blaren op een dubbele blok niet enkel te wijten zijn aan de dubbele blok. Dit is slechts een kleine afwijking.

6.6.2. Dubbele blokken van lichtere en kortere profielen wel persen

Om te kijken hoe fel het schrootpercentage door blaren zou dalen indien men de dubbele blokken met een bepaalde combinatie van profiellengte, profielgewicht en aantal gaten per matrijs niet zou persen, is Tabel 11 opgesteld. In Tabel 11 zijn de matrijzen uit de tabel van Bijlage 2: Data van observaties van pers 2 weergegeven waarvan de profiellengtes en profielgewichten bekend waren. De profiellengtes en profielgewichten zijn niet weergegeven in de tabel in de bijlage, maar door foto's te nemen van de schermen aan de installatie zijn deze profiellengtes en profielgewichten toch gekend. Deze foto's worden niet weergegeven in de thesis vanwege bedrijfsgeheim.

Door profiellengte, profielgewicht en aantal gaten van de matrijs in te geven in de berekening voor het onkostenverschil van persen met blok lengte met maximale winst, is telkens het aantal kg schroot per stam, veroorzaakt door een dubbele blok berekend (5^{de} kolom van Tabel 11). Door de blok lengte te vermenigvuldigen met het aantal billets en dan te delen door de lengte van een stam (7000mm), weet men hoeveel stammen er op de overeenkomstige matrijs geperst zijn. Door dit te vermenigvuldigen met het schroot per stam door een dubbele blok, weet men hoeveel kg schroot er bij de overeenkomstige matrijs gemaakt is. Dit opgeteld voor elke matrijs geeft 1328kg. Dit is het aantal kg schroot dat voor alle matrijzen samen gemaakt is door de dubbele blok. Indien men enkel de dubbele blokken zou persen waarbij het economisch voordeliger is om deze te persen, dit is als 'ja' genoteerd in Tabel 11, het gaat hier over de groene vakjes van Tabel 7, zou men maar 71,8 kg schroot door dubbele blokken hebben. D.w.z. dat voor pers 2 de totale reductie aan schroot door blaren door enkel de dubbele blokken van lichte en korte profielen te persen 94,6% ($=(1328-71,8)/1328*100\%$) van de

⁷ De waardes van het aantal gezaagde kilo's profielen worden niet vermeld in deze thesis wegens bedrijfsgeheim.

reductie aan schroot door blaren door geen enkele dubbele blok te persen (=53%, zie 6.6.1 Geen enkele dubbele blok persen) is. Hierdoor zal voor pers 2 het schrootpercentage door blaren met 50% ($=0,946 \cdot 53\%$) dalen.

Tabel 11: Bepaling reductie schrootpercentage pers 2

matrijsnr.	D.B. persen?	profiel-lengte(mm)	profielgewicht (kg/m)	schroot per stam door D.B. (kg)	bloklengte (mm)	aantal billets
"7607/22"	ja	7390	0,655 (4-gats)	7,38	984	28
"7607/23"	ja	5965	0,65 (4-gats)	5,91	1033	23
"16373/1"	nee	3025	15,8	72,83	973	12
"13013/3"	ja	6170	0,464 (6-gats)	4,36	997	6
"15914/4"	nee	6060	5,2	48,02	878	5
"1437/1"	nee	6000	5,12	46,81	1027	10
"13471/1"	nee	6000	3,8	34,74	1151	5
"16556/1"	nee	7000	6,2	66,13	1138	18
"10225/1"	nee	6270	3,88	37,07	1208	8
"9350/5"	nee	4000	3,18	19,38	1149	8
"8134/8"	ja	6000	0,565 (4-gats)	5,17	917	28
"9282/1"	nee	6000	4,645	42,47	933	12
"16636/1"	nee	6000	7,8	71,31	1175	10
"14332/2"	nee	2590	8,29	32,72	1121	42
"9350/5"	nee	4000	3,18	19,38	1149	8
"15531/3"	nee	7500	2,95	33,71	1140	8
"16831/1"	nee	7000	1,9 (2-gats)	20,27	1139	79

Hoeveel het schrootpercentage voor pers 1 zal dalen door enkel dubbele blokken van lichte en korte profielen te persen, wordt hier niet berekend. Bij pers 1 zullen slechts weinig dubbele blokken niet geperst moeten worden, aangezien de profielmassa's hier kleiner zijn en er vaker meergats matrijzen gebruikt worden.

7. Besluit

Voor de eerste opdracht van deze masterproef moesten de oorzaken van luchtinsluitingen in kaart gebracht worden. Hiervoor was het noodzakelijk om meer te weten te komen over de werking van het extrusieproces. Deze informatie is uitgeschreven in hoofdstuk 2.

Hierna kon er verder gezocht worden naar specifiekere informatie i.v.m. luchtinsluitingen. Al snel bleek dat er om het probleem van blaarvorming te begrijpen nog extra informatie nodig was over matrijzen, ledigingsdiagramma's en microstructuren. Deze onderwerpen worden beschreven in hoofdstuk 3: de literatuurstudie.

Om dan de gevonden informatie te toetsen aan de praktijk werden beide persen van E-MAX PROFILES in Dilsen-Stokkem 5 maanden lang geobserveerd. Hierbij werden alle parameters die betrekking konden hebben met het ontstaan van blaren genoteerd per geperste billet. De blaren die verschijnen op de geperste profielen zijn zo nauwkeurig mogelijk beschreven. Dit alles is in tabelvorm gegoten en te vinden in hoofdstuk 4.

In hoofdstuk 5 werden de informatie van de literatuurstudie en de gegevens uit de observaties samengevoegd om zo de oorzaken van blaarvorming bij E-MAX PROFILES te vinden. De oorzaken zijn ingedeeld naar de plaats waar de blaren voorkomen op het profiel, namelijk front-end, middle en back-end.

De tweede opdracht van deze masterproef bestond erin om een daling van het schroot door blaren te realiseren met 50%. Dit is beschreven in hoofdstuk 6. Zoals uit de observaties is gebleken, is de dubbele blok de belangrijkste veroorzaker van luchtinsluitingen en bijhorende blaren op aluminium profielen, meer specifiek blijkt dat een dubbele blok hoofdzakelijk voor back-end blaren zorgt. Bovendien hebben de profielen van de billet die na een dubbele blok komen, een verhoogde kans op blaren. Het is theoretisch mogelijk om het schroot door blaren te laten dalen tot 48% door het niet persen van een dubbele blok. Maar er is gebleken uit de berekeningen van hoofdstuk 6 dat het economisch gezien niet altijd voordelig is om een dubbele blok niet meer te persen. In de gevallen dat het wel nog interessant is om een dubbele blok te persen, wegen de onkosten van de profielen met blaren niet op tegen de opbrengst van de profielen zonder blaren. Bovendien is het ook voor het schroot niet altijd beter om een dubbele blok niet te persen. Zo zal er in bepaalde gevallen (bij bepaalde profielen met een bepaalde lengte en gewicht) toch een verhoging van het schroot gerealiseerd worden als het economisch gezien voordeliger is om een dubbele blok niet of wel te persen en omgekeerd. In eerste instantie is er gekeken of het loont om een dubbele blok te persen. Een tweede redenering bestaat erin om ervoor te zorgen dat dubbele blokken niet meer voorkomen of toch in voorkomen te beperken. Hiervoor is er bepaald welke bloklengtes ervoor zorgen dat een stam volledig opgeperst worden en er dus geen stukjes stam overblijven. Door een verandering aan één of meerdere parameters van het profiel, kunnen deze ideale bloklengtes verkregen worden. Dit brengt wel met zich mee dat de klant enkele aanpassingen moet doen aan zijn wensen. Het is ook mogelijk dat E-MAX PROFILES enkele aanpassingen doet die geen invloed hebben op de eisen van de klant, door niet enkel te werken met de maximale bloklengte of de bloklengte met de maximale winst, maar door ook naar deze ideale bloklengtes toe te werken.

Binnen deze thesis werden enkele mogelijke oorzaken van blaarvorming ten gevolge van het persen van een dubbele blok toegelicht. Deze oorzaken dienen echter nog verder experimenteel gecontroleerd te worden. Verder onderzoek zou bijvoorbeeld kunnen aantonen waarom een dubbele blok voor meer blaren zorgt. Indien er voor deze oorzaak een oplossing gevonden wordt, zou het terug interessant kunnen worden om een dubbele blok voor zwaardere en langere profielen te persen.

Naast de dubbele blok als belangrijkste veroorzaker van blaren zijn er ook nog andere oorzaken van blaren. Zo is er bij het bestuderen van de microstructuur van back-end blaren gebleken dat deze vooral voorkomen in de insleep, dit doet vermoeden dat voor deze gevallen de persrest niet dik genoeg is genomen. Maar om hier een sluitend bewijs van te geven zouden er veel meer back-end blaren bekeken moeten worden.

Literatuurlijst

- [1] P. Saha, „Billet Casting Principles and Practice,” in *Aluminum Extrusion Technology*, Ohio, ASM International, 2000, pp. 119-148.
- [2] E-MAX, „E-MAX HISTORIEK,” E-MAX, 2010. [Online]. Available: <http://www.e-max.be/NL/Corporate/historiek.aspx>. [Geopend 8 januari 2016].
- [3] VAESSEN INDUSTRIES, „VAESSEN INDUSTRIES about The Company,” VAESSEN INDUSTRIES, [Online]. Available: <http://vaessenindustries.com/>. [Geopend 4 april 2016].
- [4] E-MAX, „E-MAX WIE ZIJN WE?,” E-MAX, 2010. [Online]. Available: <http://www.e-max.be/NL/Corporate/WieZijnWe.aspx>. [Geopend 8 januari 2016].
- [5] E-MAX, „E-MAX HOME,” E-MAX, 2010. [Online]. Available: <http://www.e-max.be/NL/Corporate/Home.aspx>. [Geopend 8 januari 2016].
- [6] „Alloys,” in *Aluminum Extrusion Manual*, Wauconda, Aluminum Extruders Council, 2014, pp. 120-129.
- [7] Aluminum Extruders Council, „Aluminium Extrusion Manual,” in *Aluminium Extrusion Manual - 4th Edition*, 2014.
- [8] C. E. 2015, „CES AluminiumUniverse,” Granta Design Limited, United Kingdom, 2015 - 2016.
- [9] R. Beardmore, „Roymech,” Roymech, 15 januari 2013. [Online]. Available: http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Manufacturing/Extruding.html. [Geopend 23 februari 2016].
- [10] P. Saha, „Extrusion Die and Tooling,” in *Aluminum Extrusion Technology*, Ohio, ASM International, 2000, p. 89.
- [11] H. Valberg, „Extrusion welding in aluminium extrusion,” *International Journal of Materials and Product Technology*, 2002.
- [12] P. Saha, in *Aluminum Extrusion Technology*, Ohio, ASM International, 2000, p. 4.
- [13] T. R. Ramanan, O. A. Huff en W. L. Phillipson, „Extrusion Defects - Helping the Customer to Solve Them!,” in *ET 2000 Volume I*, Chicago, Aluminum Extruders Council, 2000, pp. 61-72.
- [14] T. Da Silva, „Aluminum Extrusion: Innovations For Tomorrow,” 2016. [Online]. Available: http://www.et16.org/et16conf/program/Abstracts_EP.cfm#EP193. [Geopend 26 april 2016].
- [15] A. F. Arif, A. K. Sheikh en S. Z. Qamar, „Product Defects In Aluminum Extrusion And Its Impact On Operational Cost,” Aluminum Product Co. Ltd., Dammam, 2002.
- [16] N. Mantegari, „E-MAX project,” E-MAX PROFILES, Dilsen-Stokkem, 2015.
- [17] T. Randy, „Aluminum Extrusions From Start to Finish,” SAPA extrusions, 2013.

- [18] R. G. Peris, in *Effects of extrusion conditions on "Die Pick-Up" formed during extrusion of aluminium alloy AA6060*, Auckland, AUT University, 2007, p. 12.
- [19] H. Valberg, „Extrusion,” in *Applied Metal Forming*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010, pp. 320-346.
- [20] T. Da Silva, „The Extrusion of Two-Piece Billets,” in *Proceedings of the Eleventh International Aluminum*, Chicago, 2016.
- [21] T. Moe, in *Pressure and Strain Measurement During Hot Extrusion of Aluminium Volume I*, Trondheim, Norwegian University of Science and Technology, 2005, p. 13.
- [22] „Test Blazen - Temperatuursverschil 30°C tussen billet en container,” E-MAX PROFILES, Gullegem, 2012.
- [23] „Dies,” in *Aluminum Extrusion Manual*, Wauconda, Aluminum Extruders Council, 2014, pp. 83-94.
- [24] H. Valberg, in *Applied Metal Forming*, Cambridge, Cambridge University Press, 2013, pp. 23-26.
- [25] Hosford en Caddell, *Metal Forming*, 2nd Ed., Edgewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1993.
- [26] M. P. Groover, „Friction and lubrication in metal forming, 4th ed.,” in *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, World Color, 2010, pp. 391-392.
- [27] H. Valberg, „Understanding Metal Flow In Aluminium Extrusion By Means Of Emptying Diagrams,” in *Int J Matter Form Vol. 3*, France, Springer, 2010, pp. 391-394.
- [28] S. Kempeneers, „Chemische reinigingstechnieken,” Thermo-Clean, 2010.
- [29] B. S. en M. Keskin, „Effect of different extrusion temperature and speed on extrusion welds,” in *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Diyarbakir, 2007.
- [30] „Volume of a circular truncated cone Caluculator,” Casio, [Online]. Available: <http://keisan.casio.com/has10/SpecExec.cgi?id=system/2006/1223372110>. [Geopend 18 mei 2016].
- [31] H. Valberg, „Experimental Flow Analysis,” in *Applied Metal Forming*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010, pp. 181-203.
- [32] P. T. Moe, „Pressure and Strain Measurement During Hot Extrusion of Aluminium Volume I,” Norwegian University of Science and Thechnology Faculty of Engineering Science and Thechnology Department of Engineering Design and Materials, Trondhelm Norwegian, 2005.

Bijlagen

Bijlage 1: Aluminium legeringen 6000 reeks.....	94
Bijlage 2: Data van observaties	96
Bijlage 3: Foto's microstructuur.....	127

Bijlage 1: Aluminium legeringen 6000 reeks

De aluminium 6000 reeks is gekend als goed extrudeerbaar. Deze legeringen kunnen goed tegen de extrusie temperaturen en hebben een medium tot hoge sterkte. Nog een groot voordeel is dat zij zeer goed tegen corrosie kunnen waardoor ze in veel toepassingsgebieden gebruikt worden. En kunnen gebruikt worden voor draagstructuren. Deze legeringsreeks bestaat voor namelijk uit: Al, Mg en Si. De exacte samenstelling van de 4 meest gebruikt aluminium legeringen [8] (6005, 6060, 6061 en 6063) zijn hieronder weergegeven.

Aluminium 6005

Dit is een legering die voornamelijk gebruikt wordt voor het extruderen. Deze kan niet koud versterkt worden. Maar vaak krijgt deze legering nog een warmtebehandeling waardoor het een hogere sterkte krijgt maar waardoor het ook brosser wordt.

Samenstelling:

Al:	97.5 tot 99%
Cu:	0.1% max
Fe:	0.35% max
Mg:	0.4 tot 0.6%
Cr:	0.1% max
Mn:	0.1% max
Si:	0.6 tot 0.9%
Ti:	0.1% max
Zn:	0.1% max
Andere:	0.15% max

Aluminium 6060

Aluminium 6060 is een legering die voor meerdere bewerkingsprocessen kan gebruikt worden. Maar kan niet koud versterkt worden. Vaak krijgt het wel een warmtebehandeling mee wat ervoor zal zorgen dat het aluminium een hoger sterkte krijgt maar dit wel ten koste van de ductiliteit.

Samenstelling:

Al:	97,9 tot 99,%
Cr:	0,05% max
Cu:	0,1% max
Fe:	0,1 tot 0,3%
Mg:	0,35 tot 0,6%
Mn:	0.1% max
Si:	0,3 tot 0,6%
Ti:	0.1% max
Zn:	0,15% max
Andere:	0.15% max

Aluminium 6061

Goed extrudeerbare legering die in veel verschillende voorbewerkingsvormen verkrijgbaar is. De eigenschappen zijn afhankelijk van de warmtebehandeling die het gekregen heeft. Met als toepassingen in de vliegtuigbouw ...

Samenstelling:

Al:	95,85 tot 98,56%
Cu:	0,15 tot 0,40%
Fe:	0,7% max
Mg:	0,8 tot 1,2%
Cr:	0,04 tot 0,35%
Mn:	0,15% max
Si:	0,4 tot 0,8%
Ti:	0,15% max
Zn:	0,25% max
Andere:	0.15% max

Aluminium 6063

De aluminium 6063 legering is zeer goed extrudeerbaar en wordt vooral gebruikt voor het vormen van raamprofielen, complexe vormen, lichtgewicht draagstructuren ...

Samenstelling:

Al:	/
Cu:	0.1% max
Fe:	0.35% max
Mg:	0,45 tot 0,9%
Cr:	0.1% max
Mn:	0.1% max
Si:	0,2 tot 0,6%
Ti:	0.1% max
Zn:	0.1% max
Andere:	0.15% max

Bijlage 2: Data van observaties

Pers 1: Datum → Biletnummer (1)

Nr.	Datum	Matrijsnummer	Ordernummer	Legering	Aantal gaten	Biletnummer	
1	5/11/2015	"8795/4"		?	?	4	1
2	5/11/2015	"8795/4"		?	?	4	2
3	5/11/2015	"8795/4"		?	?	4	3
4	5/11/2015	"8795/4"		?	?	4	4
5	5/11/2015	"11557/1"		?	?	6	1
6	5/11/2015	"11557/1"		?	?	6	2
7	5/11/2015	"11557/1"		?	?	6	3
8	5/11/2015	"15928/2"		?	?	1	1
9	5/11/2015	"15928/2"		?	?	1	2
10	5/11/2015	"15928/2"		?	?	1	3
11	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	1
12	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	2
13	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	8
14	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	10
15	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	11
16	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	12
17	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	13
18	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	14
19	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	15
20	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	16
21	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	17
22	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	19
23	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	20
24	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	23
25	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	24
26	18/11/2015	"14671/7"	205417		?	2	28
27	18/11/2015	"11818/10"	205218	6060		1	1
28	18/11/2015	"11818/10"	205218	6060		1	8
29	18/11/2015	"11818/10"	205218	6060		1	12
30	16/12/2015	"13524/4"	207010	6063		2	1
31	16/12/2015	"13524/4"	207010	6063		2	4
32	16/12/2015	"13524/4"	207010	6063		2	6
33	16/12/2015	"13524/4"	207010	6063		2	10
34	16/12/2015	"2969/3"	207177	6063		4	1
35	16/12/2015	"2969/3"	207177	6063		4	14
36	16/12/2015	"2969/3"	207177	6063		4	23
37	16/12/2015	"2969/3"	207177	6063		4	24
38	16/12/2015	"2969/3"	207177	6063		4	25
39	16/12/2015	"8318/4"	206659	6060		1	1
40	16/02/2016	"16974/1"	209618	6060		2	1
41	16/02/2016	"16974/1"	209618	6060		2	2

Pers 1: Datum → Billetnummer (2)

Nr.	Datum	Matrijsnummer	Ordernummer	Legering	Aantal gaten	Billetnummer
42	16/02/2016	"16974/1"	209618	6060	2	3
43	16/02/2016	"16974/1"	209618	6060	2	4
44	16/02/2016	"16974/1"	209618	6060	2	5
45	16/02/2016	"16113/4"	209228	6060	2	1
46	16/02/2016	"16113/4"	209228	6060	2	3
47	16/02/2016	"16113/4"	209228	6060	2	4
48	16/02/2016	"16113/4"	209228	6060	2	5
49	16/02/2016	"13931/3"	209582	6060	1	1
50	16/02/2016	"13931/3"	209582	6060	1	3
51	16/02/2016	"13931/3"	209582	6060	1	5
52	16/02/2016	"13931/3"	209582	6060	1	6
53	16/02/2016	"13931/3"	209582	6060	1	7
54	16/02/2016	"13931/3"	209582	6060	1	14
55	16/02/2016	"13931/3"	209581	6060	1	3
56	16/02/2016	"13931/3"	209581	6060	1	4
57	16/02/2016	"13931/3"	209581	6060	1	6
58	16/02/2016	"13931/3"	209581	6060	1	7
59	16/02/2016	"13931/3"	209581	6060	1	8
60	17/02/2016	"7521/21"	209900	6060	6	1
61	17/02/2016	"7521/21"	209900	6060	6	15
62	17/02/2016	"7521/21"	209900	6060	6	16
63	17/02/2016	"16058/2"	209947	6060	1	1
64	17/02/2016	"16058/2"	209947	6060	1	2
65	17/02/2016	"16058/2"	209947	6060	1	3
66	17/02/2016	"16058/2"	209947	6060	1	10
67	17/02/2016	"16058/2"	209947	6060	1	11
68	17/02/2016	"16986/1"	209617	6060	1	1
69	17/02/2016	"16986/1"	209617	6060	1	3
70	17/02/2016	"16986/1"	209617	6060	1	4
71	17/02/2016	"10316/5"	209985	6060	1	1
72	17/02/2016	"10316/5"	209985	6060	1	7
73	17/02/2016	"10316/5"	209985	6060	1	8
74	17/02/2016	"10316/5"	209985	6060	1	16
75	17/02/2016	"10316/5"	209985	6060	1	17
76	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	5
77	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	8
78	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	9
79	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	10
80	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	11
81	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	13
82	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	14
83	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	15
84	17/02/2016	"10316/5"	209988	6060	1	16
85	17/02/2016	"16696/1"	210017	6060	2	1
86	17/02/2016	"16696/1"	210017	6060	2	2

Pers 1: Datum → Billetnummer (3)

Nr.	Datum	Matrijsnummer	Ordernummer	Legering	Aantal gaten	Billetnummer
87	17/02/2016	"16696/1"	210017	6060	2	3
88	17/02/2016	"16696/1"	210017	6060	2	4
89	17/02/2016	"16696/1"	210017	6060	2	5
90	17/02/2016	"16696/1"	210017	6060	2	7

Pers 1: D.B. cycle of na D.B. → Plaats defect (t.o.v. stilstand) (1-)

Nr.	D.B. cycle of na D.B.	Verhouding D.B.	Blaren/wit.dr./beide/geen	Plaats defect (t.o.v. stilstand)
1	/	/	geen	/
2	/	/	blaren	back
3	/	/	witte driehoekjes	middle
4	/	/	blaren	back
5	A	?	blaren, witte driehoekjes	front
6	na D.B.	/	blaren	front, middle, back
7	/	/	blaren	front
8	/	/	blaren	middle
9	/	/	blaren	middle
10	/	/	blaren	/
11	/	/	geen	/
12	/	/	blaren	front
13	A	?	blaren	back
14	/	/	blaren	back
15	/	/	blaren	front, back
16	/	/	blaren	front
17	/	/	blaren	front, back
18	/	/	blaren	front
19	/	/	blaren	front
20	B	?	blaren	front, back
21	B	?	blaren	front
22	/	/	blaren	back
23	/	/	blaren	front
24	A	?	blaren	back
25	na D.B.	?	blaren	front, back
26	/	/	blaren	front
27	/	/	geen	/
28	/	/	blaren	front
29	/	/	blaren	front
30	/	/	blaren	front
31	/	/	blaren	back
32	A	?	geen	/
33	/	/	blaren	front
34	/	/	geen	/
35	/	/	blaren	front
36	A	30/70	geen	/
37	/	/	geen / blaren	/
38	/	/	blaren	front
39	/	/	geen	/
40	/	/	geen	/
41	/	/	geen / blaren	/
42	B	50/50	blaren / geen	front
43	B	50/50	blaren	middle
44	na D.B.	/	blaren	front
45	/	/	geen	/
46	B	?	blaren	middle

Pers 1: D.B. cycle of na D.B. → Plaats defect (t.o.v. stilstand) (2)

Nr.	D.B. cycle of na D.B.	Verhouding D.B.	Blaren/wit.dr./beide/geen	Plaats defect (t.o.v. stilstand)
47	B	?	blaren	front
48	na D.B.	/	blaren	front
49	/	/	blaren	front
50	/	/	blaren	front
51	B	50/50	blaren	back
52	B	50/50	blaren	front
53	na D.B.	/	blaren	front
54	A	50/50	geen	/
55	/	/	geen / blaren	/
56	/	/	blaren / geen	front
57	/	/	geen / blaren	/
58	/	/	blaren / geen	front
59	A	30/70	geen	/
60	?	?	?	?
61	A	50/50	blaren	middle
62	/	/	blaren	front
63	/	/	geen	/
64	B	50/50	geen / blaren	/
65	B	50/50	blaren / geen	front
66	/	/	blaren	back
67	A	50/50	blaren	front, back
68	/	/	geen	/
69	A	60/40	blaren	front
70	na D.B.	/	blaren / geen	front
71	/	/	geen	/
72	A	70/30	blaren	middle
73	na D.B.	/	blaren	front
74	B	60/40	blaren	back
75	B	50/50	blaren	front
76	A	50/50	geen	/
77	/	/	geen / blaren	/
78	/	/	blaren / geen	front
79	/	/	geen / blaren	/
80	/	/	blaren / geen	front
81	/	/	geen / blaren	/
82	B	?	blaren	front
83	B	?	blaren	front, back
84	na D.B.	/	blaren	front, back
85	/	/	blaren	middle
86	/	/	blaren	middle, back
87	/	/	blaren	back
88	B	50/50	blaren	back
89	B	50/50	blaren	front
90	na D.B.	/	blaren	front

Pers 1: Afstand defect tot stilstand → Plaats defect (t.o.v. lasovergang) (1)

Nr.	Afstand defect tot stilstand	Lengte defect	Afstand stilstand tot lasovergang	Plaats defect (t.o.v. lasovergang)
1	/	/	1,5?	/
2	?	?	1,5?	back-end?
3	?	?	1,5?	middle
4	?	?	1,5?	back-end?
5	?	?	1,5?	front-end?
6	?	?	1,5?	front-end?, middle, back-end?
7	?	?	1,5?	front-end?
8	?	?	1,5?	middle
9	?	?	1,5?	middle
10	/	/	1,5?	/
11	/	/	1,5?	/
12	?	?	1,5?	front-end?
13	?	?	1,5?	back-end?
14	?	?	1,5?	back-end?
15	?	?	1,5?	front-end?, back-end?
16	?	?	1,5?	front-end?
17	?	?	1,5?	front-end?, back-end?
18	?	?	1,5?	front-end?
19	?	?	1,5?	front-end?
20	?	?	1,5?	front-end?, back-end?
21	?	?	1,5?	front-end?
22	?	?	1,5?	back-end?
23	?	?	1,5?	front-end?
24	?	?	1,5?	back-end?
25	?	?	1,5?	front-end?, back-end?
26	?	?	1,5?	front-end?
27	/	/	1,5?	/
28	2	?	1,5?	front-end
29	2	?	1,5?	front-end
30	?	?	1,2	front-end?
31	?	?	1,2	front-end?
32	/	/	1,2	/
33	4,5	?	1,2	front-end
34	/	/	1,5?	/
35	?	?	1,5?	front-end?
36	/	/	1,5?	/
37	/	/	1,5?	back-end
38	0,3	?	1,5?	/
39	/	/	1,5?	/
40	/	/	1,5?	/
41	/	/	1,5?	back-end
42	0,5	?	1,5?	/
43	13	?	1,5?	middle
44	?	?	1,5?	front-end?
45	/	/	1,5?	/

Pers 1: Afstand defect tot stilstand → Plaats defect (t.o.v. lasovergang) (2)

Nr.	Afstand defect tot stilstand	Lengte defect	Afstand stilstand tot lasovergang	Plaats defect (t.o.v. lasovergang)
46	?	?	1,5?	middle, back-end
47	1	?	1,5?	back-end
48	0,1	?	1,5?	/
49	?	?	1,5?	front-end?, back-end
50	0	1,2	1,5?	/
51	?	?	1,5?	back-end?
52	?	?	1,5?	front-end?
53	?	?	1,5?	front-end?
54	/	/	1,5?	/
55	/	/	1,5?	back-end
56	1	?	1,5?	/
57	/	/	1,5?	back-end
58	1	?	1,5?	/
59	/	/	1,5?	/
60	?	?	1,5?	?
61	?	?	1,5?	middle
62	?	?	1,5?	front-end?
63	/	/	1,5?	/
64	/	/	1,5?	back-end
65	0	1	1,5?	/
66	?	?	1,5?	back-end?
67	?	?	1,5?	front-end?, back-end?
68	/	/	1,5?	/
69	?	?	1,5?	front-end?, back-end
70	0,6	0,5	1,5?	/
71	/	/	1,5?	/
72	24	?	1,5?	middle
73	?	?	1,5?	front-end?
74	?	?	1,5?	back-end?
75	?	?	1,5?	front-end?
76	/	/	1,5?	/
77	/	/	1,5?	back-end
78	1,1	?	1,5?	/
79	/	/	1,5?	back-end
80	1,1	?	1,5?	/
81	/	/	1,5?	back-end
82	0,6	?	1,5?	back-end
83	0,3 / -0,01	1 / 0,01	1,5?	back-end
84	0,3 / -0,01	1 / 0,01	1,5?	back-end
85	?	?	1,5?	middle
86	?	?	1,5?	middle, back-end?
87	?	?	1,5?	back-end?
88	?	?	1,5?	back-end?
89	?	?	1,5?	front-end?
90	?	?	1,5?	front-end?

Pers1: Afstand defect tot lasovergang → Bloklengte (1)

Nr.	Afstand defect tot lasovergang	Lengte defect	Ordergrootte	Perssnelheid gewoon	Bloklengte
1	/	/	?	7,1	?
2	?	?	?	7,1	?
3	?	?	?	7,1	?
4	?	?	?	7,1	?
5	?	?	?	8,3	?
6	?	?	?	8,3	?
7	?	?	?	8,3	?
8	?	?	?	4,5	?
9	?	?	?	4,5	?
10	/	/	?	4,5	?
11	/	/	29	7,7	911
12	?	?	29	7,7	911
13	?	?	29	7,7	911
14	?	?	29	7,7	911
15	?	?	29	7,7	911
16	?	?	29	7,7	911
17	?	?	29	7,7	911
18	?	?	29	7,7	911
19	?	?	29	7,7	911
20	?	?	29	7,7	911
21	?	?	29	7,7	911
22	?	?	29	7,7	911
23	?	?	29	7,7	911
24	?	?	29	7,7	911
25	?	?	29	7,7	911
26	?	?	29	7,7	911
27	/	/	11	8,5	853
28	0,5	?	11	8,5	853
29	0,5	?	11	8,5	853
30	?	?	20	5,7	685
31	?	?	20	5,7	685
32	/	/	20	5,7	685
33	3,3	?	20	5,7	685
34	/	/	30	7,2	920
35	?	?	30	7,2	920
36	/	/	30	7,2	920
37	-1,2	?	30	7,2	920
38	/	/	30	7,2	920
39	/	/	43	7,3	641
40	/	/	10	6,5	786
41	-1	?	10	6,5	786
42	/	/	10	6,5	786
43	11,5	?	10	6,5	786
44	?	?	10	6,5	786
45	/	/	17	6,5	841
46	? / -0,5	?	17	6,5	841

Pers 1: Afstand defect tot lasovergang → Bloklengthe (2)

Nr.	Afstand defect tot lasovergang	Lengte defect	Ordergrootte	Perssnelheid gewoon	Bloklengthe
47	-1,4	?	17	6,5	841
48	/	/	17	6,5	841
49	? / -1,5	? / 1,2	13	8,2	910
50	/	/	13	8,2	910
51	?	?	13	8,2	910
52	?	?	13	8,2	910
53	?	?	13	8,2	910
54	/	/	13	8,2	910
55	-0,5	?	10	8,2	910
56	/	/	10	8,2	910
57	-0,5	?	10	8,2	910
58	/	/	10	8,2	910
59	/	/	10	8,2	910
60	?	?	22	8,3	741
61	?	?	22	8,3	741
62	?	?	22	8,3	741
63	/	/	16	8	834
64	-1,5	1	16	8	834
65	/	/	16	8	834
66	?	?	16	8	834
67	?	?	16	8	834
68	/	/	5	6,1	861
69	-0,9	0,5	5	6,1	861
70	/	/	5	6,1	861
71	/	/	21	7	731
72	22,5	?	21	7	731
73	?	?	21	7	731
74	?	?	21	7	731
75	?	?	21	7	731
76	/	/	19	7	731
77	-0,4	?	19	7	731
78	/	/	19	7	731
79	-0,4	?	19	7	731
80	/	/	19	7	731
81	-0,9	?	19	7	731
82	-1,2	1	19	7	731
83	-1,2 / -1,49	1 / 0,01	19	7	731
84	-1,49	0,01	19	7	731
85	?	?	10	7,8	797
86	?	?	10	7,8	797
87	?	?	10	7,8	797
88	?	?	10	7,8	797
89	?	?	10	7,8	797
90	?	?	10	7,8	797

Pers 1: Uitloop → Buttkwaliteit eerste (1)

Nr.	Uitloop	Temperatuur	Ontluchten voor	Ontluchten achter	Buttkwaliteit eerste
1	?	?	?	?	?
2	?	?	?	?	
3	?	?	?	?	
4	?	?	?	?	
5	?	?	?	?	?
6	?	?	?	?	
7	?	?	?	?	
8	?	?	?	?	?
9	?	?	?	?	
10	?	?	?	?	
11	38000	563	goed	/	gewoon
12	38000	563	goed	/	
13	38000	563	goed	/	
14	38000	563	goed	/	
15	38000	563	goed	/	
16	38000	563	goed	/	
17	38000	563	goed	/	
18	38000	563	goed	/	
19	38000	563	goed	/	
20	38000	563	goed	/	
21	38000	563	goed	/	
22	38000	563	goed	/	
23	38000	563	goed	/	
24	38000	563	goed	/	
25	38000	563	goed	/	
26	38000	563	goed	/	
27	47500	570	gewoon	/	goed
28	47500	570	gewoon	/	
29	47500	570	gewoon	/	
30	13000	542	te groot?	/	goed
31	13000	542	te groot?	/	
32	13000	542	te groot?	/	
33	13000	542	te groot?	/	
34	36800	560	te groot?	/	goed
35	36800	560	te groot?	/	
36	36800	560	te groot?	/	
37	36800	560	te groot?	/	
38	36800	560	te groot?	/	
39	49000	519	te groot?	/	goed
40	25500	539	goed	gewoon	gewoon
41	25500	539	goed	gewoon	
42	25500	539	goed	gewoon	
43	25500	539	goed	gewoon	
44	25500	539	goed	gewoon	
45	41000	535	goed	gewoon	slecht

Pers 1: Uitloop → Buttkwaliteit eerste (2)

Nr.	Uitloop	Temperatuur	Ontluchten voor	Ontluchten achter	Buttkwaliteit eerste
46	41000	535	goed	gewoon	
47	41000	535	goed	gewoon	
48	41000	535	goed	gewoon	
49	40000	540	gewoon	gewoon	gewoon
50	40000	540	gewoon	gewoon	
51	40000	540	gewoon	gewoon	
52	40000	540	gewoon	gewoon	
53	40000	540	gewoon	gewoon	
54	40000	540	gewoon	gewoon	
55	40000	540	goed	gewoon	goed
56	40000	540	goed	gewoon	
57	40000	540	goed	gewoon	
58	40000	540	goed	gewoon	
59	40000	540	goed	gewoon	
60	22500	540	goed	gewoon	/
61	22500	540	goed	gewoon	
62	22500	540	goed	gewoon	
63	51000	535	goed	gewoon	goed
64	51000	535	goed	gewoon	
65	51000	535	goed	gewoon	
66	51000	535	goed	gewoon	
67	51000	535	goed	gewoon	
68	38000	530	goed	gewoon	goed
69	38000	530	goed	gewoon	
70	38000	530	goed	gewoon	
71	48000	545	goed	gewoon	goed
72	48000	545	goed	gewoon	
73	48000	545	goed	gewoon	
74	48000	545	goed	gewoon	
75	48000	545	goed	gewoon	
76	48000	545	goed	gewoon	blaren
77	48000	545	?	?	
78	48000	545	goed	gewoon	
79	48000	545	?	?	
80	48000	545	goed	gewoon	
81	48000	545	?	?	
82	48000	545	goed	gewoon	
83	48000	545	goed	gewoon	
84	48000	545	goed	gewoon	
85	39250	530	goed	gewoon	goed
86	39250	530	goed	gewoon	
87	39250	530	goed	gewoon	
88	39250	530	goed	gewoon	
89	39250	530	goed	gewoon	
90	39250	530	goed	gewoon	

Pers 1: Buttkwaliteit rest → Billet (1)

Nr.	Buttkwaliteit rest	Aluminium in de matrijs na wegsnijden butt	Billet
1			? ?
2		?	? ?
3		?	? ?
4		?	? ?
5			? ?
6		?	? ?
7		?	? ?
8			? ?
9		?	? ?
10		?	? ?
11			goed braam
12	blaren		slecht braam
13	blaren (ongeschaard)		slecht braam
14	blaren (ongeschaard)		slecht braam
15	blaren (ongeschaard)		slecht braam
16	/		goed braam
17	blaren (ongeschaard)		goed braam
18	/		goed braam
19	/		goed braam
20	/		goed braam
21	/		goed braam
22	/		goed braam
23	/		goed braam
24	blaren (ongeschaard)		goed braam
25	blaren (ongeschaard)		goed braam
26	/		goed braam
27			goed braam
28	goed		goed braam
29	goed		goed braam
30			goed ruw
31	goed		goed ruw
32	goed		goed ruw
33	goed		goed ruw
34			goed ruw
35	goed		goed ruw
36	blaren		goed ruw
37	goed		goed ruw
38	goed		goed ruw
39	goed		goed slecht
40			gewoon goed
41	goed		gewoon goed
42	goed		gewoon goed
43	goed		gewoon goed
44	goed		gewoon goed
45			gewoon goed

Pers 1: Buttkwaliteit rest → Billet (2)

Nr.	Buttkwaliteit rest	Aluminium in de matrijs na wegsnijden butt	Billet
46	slecht	gewoon	goed
47	blaren	gewoon	goed
48	goed	gewoon	goed
49		gewoon	goed
50	goed	gewoon	goed
51	blaren	gewoon	goed
52	blaren	gewoon	goed
53	blaren	gewoon	goed
54	goed	gewoon	goed
55		goed	goed
56	goed	goed	goed
57	goed	goed	goed
58	blaren	goed	goed
59	goed	goed	goed
60		goed	goed
61	goed	goed	goed
62	goed	goed	goed
63		slecht	goed
64	goed	slecht	goed
65	goed	slecht	goed
66	goed	slecht	goed
67	goed	slecht	goed
68		slecht	goed
69	blaren	slecht	goed
70	blaren	slecht	goed
71		goed	goed
72	goed	goed	goed
73	blaren	goed	goed
74	goed	goed	goed
75	goed	goed	goed
76		goed	goed
77	?	?	?
78	goed	goed	goed
79	?	?	?
80	goed	goed	goed
81	?	?	?
82	blaren	goed	goed
83	blaren	goed	goed
84	goed	goed	goed
85		goed	goed
86	goed	goed	goed
87	goed	goed	goed
88	blaren	goed	goed
89	blaren	goed	goed
90	goed	goed	goed

Pers 2: Datum → Billetnummer (1)

Nr.	Datum	Matrijsnummer	Ordernummer	Legering	Aantal gaten	Billetnummer
1	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	1
2	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	2
3	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	3
4	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	8
5	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	9
6	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	10
7	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	15
8	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	16
9	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	24
10	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	25
11	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	27
12	25/11/2015	"7607/22"	205900	?	4	28
13	25/11/2015	"7607/22"	205936	?	4	1
14	25/11/2015	"7607/22"	205936	?	4	2
15	25/11/2015	"7607/22"	205936	?	4	3
16	25/11/2015	"16373/1"	205793	6063	1	1
17	25/11/2015	"13013/3"	205864	?	6	1
18	25/11/2015	"1959/3"	205950	?	1	1
19	25/11/2015	"1959/3"	205951	?	1	3
20	25/11/2015	"15914/4"	205976	?	1	1
21	25/11/2015	"15914/4"	205976	?	1	5
22	2/12/2015	"14074/13"	206377	6060	4	1
23	2/12/2015	"15897/1"	206115	6060	1	1
24	2/12/2015	"15897/1"	206115	6060	1	2
25	2/12/2015	"15897/1"	206115	6060	1	3
26	2/12/2015	"15897/1"	206115	6060	1	9
27	2/12/2015	"15321/1"	206069	6060	2	1
28	2/12/2015	"15321/1"	206069	6060	2	2
29	2/12/2015	"15321/1"	206069	6060	2	8
30	2/12/2015	"15321/1"	206069	6060	2	9
31	2/12/2015	"1437/1"	206072	6060	1	1
32	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	1
33	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	3
34	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	4
35	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	5
36	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	6
37	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	7
38	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	8
39	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	9
40	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	10
41	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	11
42	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	12
43	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	13
44	2/12/2015	"9787/2"	206125	6060	6	14
45	2/12/2015	"4169/1"	206171	6060	1	1
46	2/12/2015	"15496/1"	206124	6060	1	1
47	2/12/2015	"15496/1"	206124	6060	1	2
48	2/12/2015	"15320/1"	206097	6060	1	1
49	2/12/2015	"15320/1"	206097	6060	1	6

Pers 2: Datum → Billetnummer (2)

Nr.	Datum	Matrijsnummer	Ordernummer	Legering	Aantal gaten	Billetnummer
50	2/12/2015	"15320/1"	206097	6060	1	7
51	2/12/2015	"4117/1"	206355	6060	1	1
52	2/12/2015	"14740/1"	206126	6060	1	1
53	9/12/2015	"15507/1"	206622	6063	1	1
54	9/12/2015	"15507/1"	206622	6063	1	38
55	9/12/2015	"15507/1"	206622	6063	1	46
56	9/12/2015	"15507/1"	206622	6063	1	47
57	9/12/2015	"15507/1"	206622	6063	1	55
58	9/12/2015	"16942/1"	206109	6063	1	1
59	9/12/2015	"16942/1"	206109	6063	1	2
60	9/12/2015	"16942/1"	206109	6063	1	9
61	9/12/2015	"16942/1"	206109	6063	1	10
62	9/12/2015	"2755/5"	206810	6063	1	1
63	9/12/2015	"2755/5"	206810	6063	1	6
64	9/12/2015	"2755/5"	206810	6063	1	12
65	16/02/2016	"12436/1"	209666	6005	1	1
66	16/02/2016	"12436/1"	209666	6005	1	6
67	16/02/2016	"12436/1"	209666	6005	1	11
68	16/02/2016	"12436/1"	209666	6005	1	12
69	16/02/2016	"12436/1"	209666	6005	1	17
70	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	1
71	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	5
72	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	6
73	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	10
74	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	11
75	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	12
76	16/02/2016	"12436/1"	209673	6005	1	16
77	16/02/2016	"13471/1"	209662	6005	1	1
78	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	1
79	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	8
80	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	9
81	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	10
82	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	11
83	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	12
84	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	13
85	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	14
86	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	15
87	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	16
88	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	17
89	17/02/2016	"16556/1"	210055	6060	1	18
90	17/02/2016	"10225/1"	209773	6060	1	1
91	17/02/2016	"10225/1"	209773	6060	1	3
92	17/02/2016	"10225/1"	209773	6060	1	4
93	17/02/2016	"9350/5"	208884	6060	1	1
94	17/02/2016	"9350/5"	208884	6060	1	2
95	17/02/2016	"15531/3"	210054	6060	1	1
96	17/02/2016	"15531/3"	210054	6060	1	4
97	17/02/2016	"15531/3"	210054	6060	1	5
98	17/02/2016	"15531/3"	210054	6060	1	6
99	2/03/2016	"8134/8"	210xxx	6005	4	1
100	2/03/2016	"8134/8"	210xxx	6005	4	13
101	2/03/2016	"8134/8"	210xxx	6005	4	14
102	2/03/2016	"8134/8"	210xxx	6005	4	19

Pers 2: Datum → Billetnummer (3)

Nr.	Datum	Matrijsnummer	Ordernummer	Legering	Aantal gaten	Billetnummer
103	2/03/2016	"8134/8"	210843	6005	4	1
104	2/03/2016	"8134/8"	210843	6005	4	2
105	2/03/2016	"8134/8"	210843	6005	4	3
106	2/03/2016	"8134/8"	210843	6005	4	9
107	2/03/2016	"8134/8"	210843	6005	4	14
108	2/03/2016	"8134/8"	210843	6005	4	15
109	2/03/2016	"9282/1"	210814	6005	1	1
110	2/03/2016	"9282/1"	210814	6005	1	2
111	2/03/2016	"9282/1"	210814	6005	1	9
112	2/03/2016	"9282/1"	210814	6005	1	10
113	2/03/2016	"16636/1"	210767	6005	1	1
114	2/03/2016	"16636/1"	210767	6005	1	3
115	2/03/2016	"16636/1"	210767	6005	1	4
116	2/03/2016	"16636/1"	210767	6005	1	5
117	2/03/2016	"14332/2"	210829	6005	1	1
118	2/03/2016	"14332/2"	210829	6005	1	6
119	2/03/2016	"14332/2"	210829	6005	1	7
120	2/03/2016	"14332/2"	210829	6005	1	8
121	2/03/2016	"14332/2"	210829	6005	1	13
122	2/03/2016	"14332/2"	210829	6005	1	14
123	2/03/2016	"9350/5"	210915	6060	1	1
124	2/03/2016	"9350/5"	210915	6060	1	6
125	2/03/2016	"15531/3"	210914	6060	1	1
126	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	1
127	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	2
128	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	3
129	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	4
130	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	5
131	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	6
132	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	7
133	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	8
134	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	9
135	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	10
136	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	11
137	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	12
138	2/03/2016	"16831/1"	210716	6060	2	13

Pers 2: D.B. cycle of na D.B → Plaats defect (t.o.v. stilstand) (1)

Nr.	D.B. cycle of na D.B.	Verhouding D.B.	Blaren/wit.dr./beide/geen	Plaats defect (t.o.v. stilstand)
1	/	/	geen	/
2	/	/	blaren	middle
3	A/B	?	blaren	middle
4	/	/	witte driehoekjes	middle
5	B AC	?	witte driehoekjes	middle
6	B BD	?	blaren, witte driehoekjes	middle
7	/	/	witte driehoekjes	middle
8	/	/	witte driehoekjes	middle
9	/	/	blaren, witte driehoekjes	middle
10	A/B	?	witte driehoekjes	middle
11	/	/	witte driehoekjes	middle
12	/	/	witte driehoekjes	middle
13	B AC	?	witte driehoekjes	middle
14	B BD	?	geen	/
15	na D.B.	/	blaren	front
16	/	/	geen	/
17	/	/	geen	/
18	/	/	geen	/
19	/	/	blaren, witte driehoekjes	front, middle
20	/	/	geen	/
21	A/B	?	blaren	front
22	?	?	?	?
23	/	/	geen	/
24	B AC	?	blaren	back
25	B BD	?	blaren	front
26	B AC	?	geen	/
27	B BD	30/70	geen / blaren	/
28	na D.B.	/	blaren / geen	front
29	B AC	50/50	blaren, witte driehoekjes	middle, back
30	B BD	?	geen	/
31	/	/	geen	/
32	/	/	geen	/
33	/	/	blaren	front
34	A	?	geen	/
35	na D.B.	/	blaren	front
36	/	/	blaren	front
37	/	/	blaren	front
38	/	/	blaren	front
39	/	/	blaren	front
40	B AC	50/50	blaren	front, middle, back
41	B BD	50/50	blaren, witte driehoekjes	front
42	na D.B.	/	blaren	front
43	/	/	blaren	front
44	/	/	blaren	front
45	/	/	geen	/
46	B AC	40/60	blaren	back
47	B BD	50/50	blaren	front
48	/	/	blaren	front
49	B AC	?	geen	/
50	B BD	?	geen	/
51	/	/	geen	/

Pers 2: D.B. cycle of na D.B → Plaats defect (t.o.v. stilstand) (2)

Nr.	D.B. cycle of na D.B	Verhouding D.B.	Blaren/wit.dr./beide/geen	Plaats defect (t.o.v. stilstand)
52	/	/	geen	/
53	?	?	?	?
54	A	?	geen	/
55	A	?	geen	/
56	na D.B.	/	blaren	front
57	A	?	geen	/
58	/	/	geen	/
59	A	?	geen	/
60	B AC	40/60	geen / blaren	/
61	B BD	40/60	blaren / geen	front
62	/	/	blaren	front
63	A	25/75	geen	/
64	A	25/75	geen	/
65	/	/	blaren	front
66	A	50/50	geen	/
67	B AC	40/60	geen / blaren	/
68	B BD	40/60	blaren / geen	front
69	A	15/85	blaren	back
70	/	/	geen	/
71	A	50/50	blaren	middle
72	na D.B.	/	blaren	front
73	B AC	35/65	geen / blaren	/
74	B BD	50/50	blaren	front
75	na D.B.	/	blaren / geen	front
76	A	20/80	geen	/
77	/	/	geen	/
78	?	?	?	?
79	B AC	50/50	geen / blaren	/
80	B BD	40/60	blaren	front
81	na D.B.	/	blaren	front
82	/	/	blaren	front
83	/	/	blaren	front
84	/	/	blaren	front
85	/	/	blaren	front
86	A/B	?	blaren	front
87	na D.B.	/	blaren	front
88	/	/	blaren	front
89	/	/	blaren	front
90	/	/	geen	/
91	B AC	60/40	geen / blaren	/
92	B BD	?	blaren / geen	front
93	B AC	60/40	geen	/
94	B BD	?	geen	/
95	/	/	geen	/
96	B AC	60/40	blaren	middle
97	B BD	60/40	geen	/
98	na D.B.	/	blaren	front
99	?	?	?	?
100	B AC	?	blaren	middle, back
101	B BD	?	blaren	middle, back
102	/	/	blaren, witte driehoekjes	front
103	B AC	50/50	blaren	middle

Pers 2: D.B. cycle of na D.B → Plaats defect (t.o.v. stilstand) (3)

Nr.	D.B. cycle of na D.B	Verhouding D.B.	Blaren/wit.dr./beide/geen	Plaats defect (t.o.v. stilstand)
104	B BD	50/50	blaren, witte driehoekjes	front, middle
105	na D.B.	/	blaren	middle
106	A	30/70	blaren	middle
107	/	/	blaren, witte driehoekjes	middle
108	/	/	blaren, witte driehoekjes	middle
109	/	/	geen	/
110	A	45/55	blaren	front
111	B AC	40/60	blaren	middle
112	B BD	40/60	blaren / geen	front
113	/	/	geen	/
114	B AC	45/55	blaren	middle, back
115	B BD	40/60	blaren	front, back
116	na D.B.	/	blaren / geen	front
117	/	/	blaren	front
118	B AC	45/55	blaren	middle
119	B BD	40/60	blaren	front
120	na D.B.	/	blaren	front
121	A	65/35	blaren	front
122	na D.B.	/	blaren	front
123	/	/	geen	/
124	A	30/70	geen	/
125	/	/	geen	/
126	/	/	geen	/
127	/	/	blaren	front
128	/	/	blaren	front
129	/	/	blaren	front
130	B AC	40/60	blaren	middle, back
131	B BD	40/60	blaren	front
132	na D.B.	/	blaren	front
133	/	/	blaren	front
134	/	/	blaren	front
135	/	/	blaren	front
136	/	/	blaren	front
137	/	/	blaren	front
138	/	/	blaren	front

Pers 2: Afstand defect tot stilstand → Plaats defect (t.o.v. lasovergang) (1)

Nr.	Afstand defect tot stilstand	Lengte defect	Afstand stilstand tot lasovergang	Plaats defect (t.o.v. lasovergang)
1	/	/	1,5?	/
2	?	?	1,5?	middle
3	?	?	1,5?	middle
4	?	?	1,5?	middle
5	?	?	1,5?	middle
6	?	?	1,5?	middle
7	?	?	1,5?	middle
8	?	?	1,5?	middle
9	?	?	1,5?	middle
10	?	?	1,5?	middle
11	?	?	1,5?	middle
12	?	?	1,5?	middle
13	?	?	1,5?	middle
14	/	/	1,5?	/
15	?	?	1,5?	front-end?
16	/	/	1,5?	/
17	/	/	1,5?	/
18	/	/	1,5?	/
19	?	?	1,5?	front-end?, middle
20	/	/	1,5?	/
21	?	?	1,5?	front-end?
22	?	?	1,5?	?
23	/	/	1,5?	/
24	-5	5	1,5?	back-end
25	0	5	1,5?	front-end
26	/	/	1,5?	/
27	/	/	1,5?	back-end
28	0	1	1,5?	/
29	?	?	1,5?	middle, back-end
30	/	/	1,5?	/
31	/	/	1,5?	/
32	/	/	1,5?	/
33	?	?	1,5?	front-end?
34	/	/	1,5?	/
35	?	?	1,5?	front-end?
36	?	?	1,5?	front-end?
37	?	?	1,5?	front-end?
38	?	?	1,5?	front-end?
39	?	?	1,5?	front-end?
40	?	?	1,5?	front-end?, middle, back-end?
41	?	?	1,5?	front-end?
42	?	?	1,5?	front-end?
43	?	?	1,5?	front-end?
44	?	?	1,5?	front-end?
45	/	/	1,5?	/
46	-3	3	1,5?	back-end
47	0	3	1,5?	front-end
48	"- matrijsinhoud"	?	1,5?	back-end (van eerste Al in matrijs)
49	/	/	1,5?	/
50	/	/	1,5?	/
51	/	/	1,5?	/

Pers 2: Afstand defect tot stilstand → Plaats defect (t.o.v. lasovergang) (2)

Nr.	Afstand defect tot stilstand	Lengte defect	Afstand stilstand tot lasovergang	Plaats defect (t.o.v. lasovergang)
52	/	/	1,5?	/
53	?	?	1,5?	?
54	/	/	1,5?	/
55	/	/	1,5?	/
56	1,5	1,5	1,5?	front-end
57	/	/	1,5?	/
58	/	/	1,5?	/
59	/	/	1,5?	/
60	/	/	1,5?	back-end
61	0	1	1,5?	/
62	"- matrijsinhoud"	?	1,5?	back-end (van eerste Al in matrijs)
63	/	/	1,5?	/
64	/	/	1,5?	/
65	?	?	1,5?	front-end?
66	/	/	1,5?	/
67	/	/	1,5?	back-end
68	0,5	0,5	1,5?	/
69	?	?	1,5?	back-end?
70	/	/	1,5?	/
71	?	?	1,5?	middle, back-end
72	1	0,5	1,5?	/
73	/	/	1,5?	back-end
74	0,5	?	1,5?	front-end?, back-end
75	0,5	0,5	1,5?	/
76	/	/	1,5?	/
77	/	/	1,5?	/
78	?	?	1,5	?
79	/	/	1,5	back-end
80	0,25	?	1,5	back-end
81	1,25	?	1,5	back-end
82	1,25	?	1,5	back-end
83	1,25	?	1,5	back-end
84	1,25	?	1,5	back-end
85	1,25	?	1,5	back-end
86	1,25	?	1,5	back-end
87	1,25	?	1,5	back-end
88	1,25	?	1,5	back-end
89	1,25	?	1,5	/
90	/	/	1,5?	/
91	/	/	1,5?	back-end
92	0,7	?	1,5?	/
93	/	/	1,5?	/
94	/	/	1,5?	/
95	/	/	1,5?	/
96	17	?	1,5?	middle
97	/	/	1,5?	/
98	2,5	?	1,5?	front-end
99	?	6,8	1,5?	?
100	?	?	1,5?	middle, back-end?
101	?	?	1,5?	middle, back-end?
102	3,5	2	1,5?	front-end

Pers 2: Afstand defect tot stilstand → Plaats defect (t.o.v. lasovergang) (3)

Nr.	Afstand defect tot stilstand	Lengte defect	Afstand stilstand tot lasovergang	Plaats defect (t.o.v. lasovergang)
103	22	?	1,5?	middle
104	1,5	10	1,5?	front-end, middle
105	7	?	1,5?	middle
106	32	?	1,5?	middle
107	7,5	1	1,5?	middle
108	8	3	1,5?	middle
109	/	/	1	/
110	2,7	1,7	1	front-end
111	13	1	1	middle, back-end
112	0,2	0,5	1	/
113	/	/	1,5?	/
114	10 / -0,6	? / 0,6	1,5?	middle, back-end
115	0,1 / -0,3	0,2 / 0,3	1,5?	back-end
116	0	0,2	1,5?	/
117	"- matrijsinhoud"	?	1,5?	back-end (van eerste Al in matrijs)
118	8,5	0,7	1,5?	middle, back-end
119	0,5	0,7	1,5?	back-end
120	0,5	0,65	1,5?	back-end
121	0,75	?	1,5?	back-end
122	0,8	?	1,5?	/
123	/	/	1,5?	/
124	/	/	1,5?	/
125	/	/	1,5?	/
126	/	/	1,5	back-end
127	0,6	0,1	1,5	back-end
128	0,7	?	1,5	back-end
129	0,6	1,2	1,5	front-end
130	18,7	0,4	1,5	middle, back-end
131	0	2,1	1,5	front-end, back-end
132	0,7	0,2	1,5	back-end
133	0,9	0,25	1,5	back-end
134	1,2	?	1,5	back-end
135	1,2	?	1,5	back-end
136	0,8	?	1,5	back-end
137	1,2	?	1,5	back-end
138	1,2	?	1,5	/

Pers 2: Afstand defect tot lasovergang → Bloklengte (1)

Nr.	Afstand defect tot lasovergang	Lengte defect	Ordergrootte	Perssnelheid gewoon	Bloklengte
1	/	/	28	7,3	984
2	?	?	28	7,3	984
3	?	?	28	7,3	984
4	?	?	28	7,3	984
5	?	?	28	7,3	984
6	?	?	28	7,3	984
7	?	?	28	7,3	984
8	?	?	28	7,3	984
9	?	?	28	7,3	984
10	?	?	28	7,3	984
11	?	?	28	7,3	984
12	?	?	28	7,3	984
13	?	?	23	7,6	1033
14	/	/	23	7,6	1033
15	?	?	23	7,6	1033
16	/	/	12	8	973
17	/	/	6	6	997
18	/	/	?	7,1	938
19	?	?	?	7,1	938
20	/	/	5	8	878
21	?	?	5	8	878
22	?	?	> 22	7	859
23	/	/	9	8,5	983
24	-6,5	6,5	9	8,5	983
25	0	3,5	9	8,5	983
26	/	/	9	8,5	983
27	-1,5	1	?	7	906
28	/	/	?	7	906
29	?	?	?	7	906
30	/	/	?	7	906
31	/	/	10	7,9	1027
32	/	/	?	7	1151
33	?	?	?	7	1151
34	/	/	?	7	1151
35	?	?	?	7	1151
36	?	?	?	7	1151
37	?	?	?	7	1151
38	?	?	?	7	1151
39	?	?	?	7	1151
40	?	?	?	7	1151
41	?	?	?	7	1151
42	?	?	?	7	1151
43	?	?	?	7	1151
44	?	?	?	7	1151
45	/	/	2	7	824
46	-4,5	3	?	7	1135
47	0	1,5	?	7	1135
48	?	?	?	7,5	831
49	/	/	?	7,5	831
50	/	/	?	7,5	831
51	/	/	?	8	1161

Pers 2: Afstand defect tot lasovergang → Bloklengte (2)

Nr.	Afstand defect tot lasovergang	Lengte defect	Ordergrootte	Perssnelheid gewoon	Bloklengte
52	/	/	?	8	872
53	?	?	62	9	848
54	/	/	62	9	848
55	/	/	62	9	848
56	0	1,5	62	9	848
57	/	/	62	9	848
58	/	/	10	8	947
59	/	/	10	8	947
60	-1,5	1	10	8	947
61	/	/	10	8	947
62	?	?	37	7	1163
63	/	/	37	7	1163
64	/	/	37	7	1163
65	?	?	18	7,6	1263
66	/	/	18	7,6	1263
67	-1	0,5	18	7,6	1263
68	/	/	18	7,6	1263
69	?	?	18	7,6	1263
70	/	/	16	7,6	1263
71	-0,5	0,5	16	7,6	1263
72	/	/	16	7,6	1263
73	-1	?	16	7,6	1263
74	?	?	16	7,6	1263
75	/	/	16	7,6	1263
76	/	/	16	7,6	1263
77	/	/	5	8	1151
78	?	?	18	8	1138
79	-1,25	?	18	8	1138
80	-0,25	?	18	8	1138
81	-0,25	?	18	8	1138
82	-0,25	?	18	8	1138
83	-0,25	?	18	8	1138
84	-0,25	?	18	8	1138
85	-0,25	?	18	8	1138
86	-0,25	?	18	8	1138
87	-0,25	?	18	8	1138
88	-0,25	?	18	8	1138
89	/	/	18	8	1138
90	/	/	8	8	1216
91	-0,8	?	8	8	1216
92	/	/	8	8	1216
93	/	/	4	7	1149
94	/	/	4	7	1149
95	/	/	8	6,5	1076
96	15,5	?	8	6,5	1076
97	/	/	8	6,5	1076
98	1,5	?	8	6,5	1076
99	?	?	?	6,8	870
100	?	?	?	6,8	870
101	?	?	?	6,8	870
102	2	2	?	6,8	870
103	20,5	?	28	6,8	928

Pers 2: Afstand defect tot lasovergang → Bloklengthe (3)

Nr.	Afstand defect tot lasovergang	Lengte defect	Ordergrootte	Perssnelheid gewoon	Bloklengthe
104	0	10	28	6,8	928
105	5,5	?	28	6,8	928
106	30,5	?	28	6,8	928
107	6	1	28	6,8	928
108	6,5	3	28	6,8	928
109	/	/	12	8,3	946
110	1,7	1,7	12	8,3	946
111	12 / -0,8	1 / 0,5	12	8,3	946
112	/	/	12	8,3	946
113	/	/	10	9,3	1184
114	8,5 / -2,1	? / 0,6	10	9,3	1184
115	-1,8 / -1,5	0,3 / 0,2	10	9,3	1184
116	/	/	10	9,3	1184
117	?	?	40	7,5	1134
118	7 / -1	0,7 / 0,7	40	7,5	1134
119	-1	0,65	40	7,5	1134
120	-0,75	?	40	7,5	1134
121	-0,7	?	40	7,5	1134
122	/	/	40	7,5	1134
123	/	/	8	6,5	1208
124	/	/	8	6,5	1208
125	/	/	8	7	1151
126	-0,9	0,1	79	7,6	1151
127	-0,8	?	79	7,6	1151
128	-0,9	0,9	79	7,6	1151
129	0	0,3	79	7,6	1151
130	17,2 / -1,5	0,4 / 1,5	79	7,6	1151
131	0 / -0,8	0,6 / 0,2	79	7,6	1151
132	-0,6	0,25	79	7,6	1151
133	-0,3	?	79	7,6	1151
134	-0,3	?	79	7,6	1151
135	-0,7	?	79	7,6	1151
136	-0,3	?	79	7,6	1151
137	-0,3	?	79	7,6	1151
138	/	/	79	7,6	1151

Pers 2: Uitloop → Buttkwaliteit eerste (1)

Nr.	Uitloop	Temperatuur	Ontluchten voor	Ontluchten achter	Buttkwaliteit eerste
1	47340	526	slecht	?	?
2	47340	526	slecht	?	
3	47340	526	slecht	?	
4	47340	526	slecht	?	
5	47340	526	slecht	?	
6	47340	526	slecht	?	
7	47340	526	slecht	?	
8	47340	526	slecht	?	
9	47340	526	slecht	?	
10	47340	526	slecht	?	
11	47340	526	slecht	?	
12	47340	526	slecht	?	
13	50720	526	slecht	?	?
14	50720	526	slecht	?	
15	50720	526	slecht	?	
16	7850	471	slecht	?	goed
17	45690	522	slecht	?	1 grote blaar
18	?	?	slecht	?	goed
19	?	?	slecht	?	
20	21430	595	?	?	?
21	21430	595	?	?	
22	44500	515	?	?	?
23	48000	574	gewoon	?	slecht
24	48000	574	gewoon	?	
25	48000	574	gewoon	?	
26	48000	574	gewoon	?	
27	45000	565	gewoon	merkbaar	slecht
28	45000	565	gewoon	merkbaar	
29	45000	565	gewoon	merkbaar	
30	45000	565	gewoon	merkbaar	
31	25600	523	gewoon	merkbaar	goed
32	48000	568	slecht	merkbaar	?
33	48000	568	slecht	merkbaar	
34	48000	568	slecht	merkbaar	
35	48000	568	slecht	merkbaar	
36	48000	568	slecht	merkbaar	
37	48000	568	slecht	merkbaar	
38	48000	568	slecht	merkbaar	
39	48000	568	slecht	merkbaar	
40	48000	568	slecht	merkbaar	
41	48000	568	slecht	merkbaar	
42	48000	568	slecht	merkbaar	
43	48000	568	slecht	merkbaar	
44	48000	568	slecht	merkbaar	
45	35000	587	goed	?	slecht
46	49000	560	slecht	merkbaar	blaren
47	49000	560	slecht	merkbaar	
48	46000	550	gewoon	merkbaar	goed
49	46000	550	gewoon	merkbaar	
50	46000	550	gewoon	merkbaar	
51	34000	525	gewoon	?	slecht

Pers 2: Uitloop → Buttkwaliteit eerste (2)

Nr.	Uitloop	Temperatuur	Ontluchten voor	Ontluchten achter	Buttkwaliteit eerste
52	48000	562	goed	merkbaar	goed
53	14000	570	gewoon	goed	?
54	14000	570	gewoon	goed	
55	14000	570	gewoon	goed	
56	14000	570	gewoon	goed	
57	14000	570	gewoon	goed	
58	47000	575	slecht	goed	slecht
59	47000	575	slecht	goed	
60	47000	575	slecht	goed	
61	47000	575	slecht	goed	
62	44080	570	slecht	goed	slecht
63	44080	570	slecht	goed	
64	44080	570	slecht	goed	
65	18010	580	goed	goed	?
66	18010	580	goed	goed	
67	18010	580	goed	goed	
68	18010	580	goed	goed	
69	18010	580	goed	goed	
70	18010	580	goed	traag	goed
71	18010	580	goed	traag	
72	18010	580	goed	traag	
73	18010	580	goed	traag	
74	18010	580	goed	traag	
75	18010	580	goed	traag	
76	18010	580	goed	traag	
77	38600	578	goed	traag	goed
78	23500	525	goed	goed	?
79	23500	525	goed	goed	
80	23500	525	goed	goed	
81	23500	525	goed	goed	
82	23500	525	goed	goed	
83	23500	525	goed	goed	
84	23500	525	goed	goed	
85	23500	525	goed	goed	
86	23500	525	goed	goed	
87	23500	525	goed	goed	
88	23500	525	goed	goed	
89	23500	525	goed	goed	
90	40120	570	goed	goed	goed
91	40120	570	goed	goed	
92	40120	570	goed	goed	
93	46500	580	goed	goed	goed
94	46500	580	goed	goed	
95	41500	600	goed	goed	goed
96	41500	600	goed	goed	
97	41500	600	goed	goed	
98	41500	600	goed	goed	
99	47800	582	?	?	?
100	47800	582	?	?	
101	47800	582	?	?	
102	47800	582	?	?	
103	51000	582	?	?	?

Pers 2: Uitloop → Buttkwaliteit eerste (3)

Nr.	Uitloop	Temperatuur	Ontluchten voor	Ontluchten achter	Buttkwaliteit eerste
104	51000	?	?	?	
105	51000	?	?	?	
106	51000	?	?	?	
107	51000	?	?	?	
108	51000	?	?	?	
109	51400	550	gewoon	?	?
110	51400	550	gewoon	?	
111	51400	550	gewoon	?	
112	51400	550	gewoon	?	
113	39400	515	gewoon	?	?
114	39400	515	gewoon	?	
115	39400	515	gewoon	?	
116	39400	515	gewoon	?	
117	17140	555	gewoon	?	?
118	17140	555	gewoon	?	
119	17140	555	gewoon	?	
120	17140	555	gewoon	?	
121	17140	555	gewoon	?	
122	17140	555	gewoon	?	
123	48000	570	gewoon	?	?
124	48000	570	gewoon	?	
125	49000	572	gewoon	?	?
126	38000	535	gewoon	?	?
127	38000	535	gewoon	?	
128	38000	535	gewoon	?	
129	38000	535	gewoon	?	
130	38000	535	gewoon	?	
131	38000	535	gewoon	?	
132	38000	535	gewoon	?	
133	38000	535	gewoon	?	
134	38000	535	gewoon	?	
135	38000	535	gewoon	?	
136	38000	535	gewoon	?	
137	38000	535	gewoon	?	
138	38000	535	gewoon	?	

Pers 2: Buttkwaliteit rest → Opmerking (1)

Nr.	Buttkwaliteit rest	Aluminium in de matrijs na wegsnijden butt	Billet	Opmerking
1		goed	ruw	
2	goed	goed	ruw	
3	blaren	goed	ruw	
4	blaren	goed	ruw	
5	blaren	goed	ruw	
6	blaren	goed	ruw	
7	goed	goed	ruw	
8	goed	goed	ruw	
9	goed	goed	ruw	
10	blaren	goed	ruw	
11	blaren	goed	ruw	
12	goed	goed	ruw	
13		goed	ruw	
14	blaren	goed	ruw	
15	blaren	goed	ruw	
16		goed	ruw	
17		goed	ruw	
18		goed	slecht	
19	?	goed	slecht	
20		?	?	
21	?	?	?	
22		?	?	
23		zeer goed	goed	
24	slecht	zeer goed	goed	
25	slecht	zeer goed	goed	
26	slecht	zeer goed	goed	
27		zeer goed	goed	
28	slecht	zeer goed	goed	
29	slecht	zeer goed	goed	
30	blaren	zeer goed	goed	
31		zeer goed	goed	zeer dikwandig profiel
32		zeer goed	goed	
33	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
34	goed	zeer goed	goed	
35	blaren	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
36	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
37	blaren	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
38	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
39	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
40	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren, overall middle, en op 1 profiel end
41	goed	zeer goed	goed	overall front blaren
42	blaren	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
43	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
44	goed	zeer goed	goed	2 regelmatige front blaren
45	slecht	zeer slecht	goed	
46		goed	goed	zowel blaren als golving
47	blaren	goed	goed	zowel blaren als golving
48		zeer goed	goed	afdruk door doorbuigen matrijs
49	goed	zeer goed	goed	afdruk door doorbuigen matrijs
50	goed	zeer goed	goed	afdruk door doorbuigen matrijs

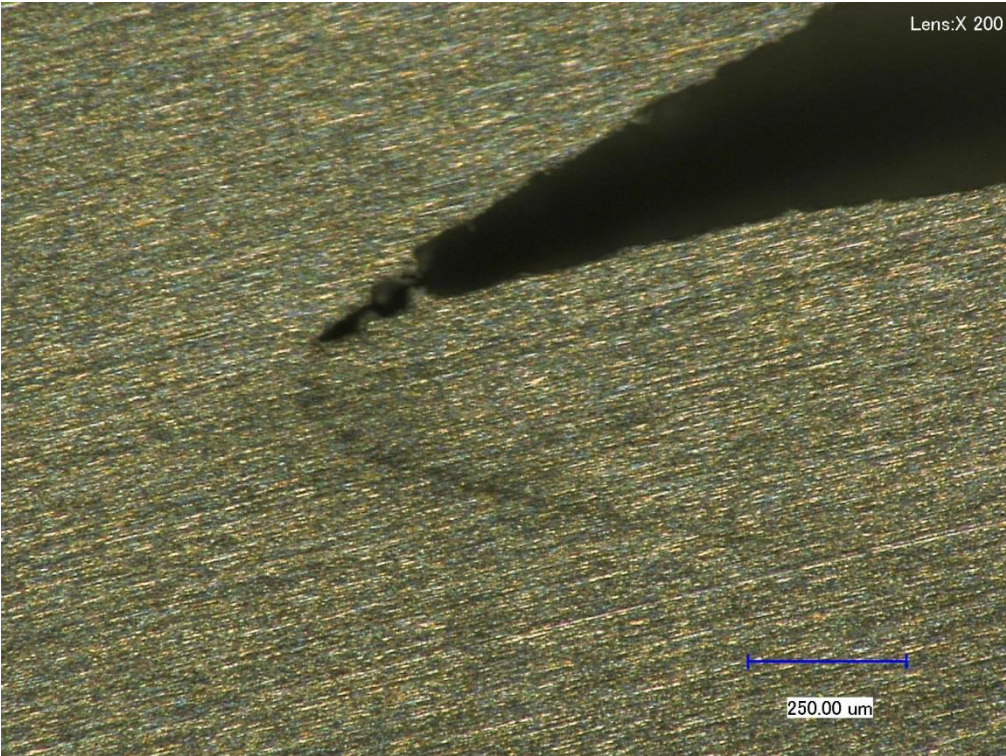
Pers 2: Buttkwaliteit rest → Opmerking (2)

Nr.	Buttkwaliteit rest	Aluminium in de matrijs na wegsnijden butt	Billet	Opmerking	
51	zeer slecht	slecht	goed	plat massief profiel	
52	goed	zeer goed	goed		
53		goed	ruw	begonnen met observeren vanaf billet 38, het is mogelijk dat de blaren in de holle delen van het profiel zitten	
54	slecht	goed	ruw		
55	slecht	goed	ruw		
56	slecht	goed	ruw		
57	slecht	goed	ruw		
58		slecht	ruw		
59	slecht	slecht	ruw		
60	slecht	slecht	ruw	blaren eerste blok op stuk van vingerklem	
61	slecht	slecht	ruw		
62		slecht	ruw		
63	slecht	slecht	ruw		
64	slecht	slecht	ruw		
65		zeer goed	goed		
66	goed	zeer goed	goed		
67	goed	zeer goed	goed		
68	goed	zeer goed	goed		
69	goed	zeer goed	goed		
70		zeer goed	goed		
71	goed	zeer goed	goed		
72	goed	zeer goed	goed		
73	goed	zeer goed	goed		
74	goed	zeer goed	goed		
75	goed	zeer goed	goed		
76	goed	zeer goed	goed		
77		zeer goed	goed	gestart bij billet 4, geregeld doorveren van matrijs	
78		zeer goed	ruw		
79	goed	zeer goed	ruw		
80	slecht	zeer goed	ruw		
81	slecht	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
82	goed	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
83	goed	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
84	slecht	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
85	goed	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
86	goed	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
87	slecht	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
88	goed	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
89	goed	goed	ruw		Licht grote blaren met weinig reliëf.
90	?	goed	ruw		
91	slecht	goed	ruw		
92	goed	goed	ruw		
93		goed	ruw		Golving in profiel vanaf 1,5m na stilstand
94	goed	goed	ruw		
95		goed	ruw		
96	slecht	goed	ruw		
97	goed	goed	ruw		
98	goed	goed	ruw		
99		?	?	1e blok niet geobserveerd	

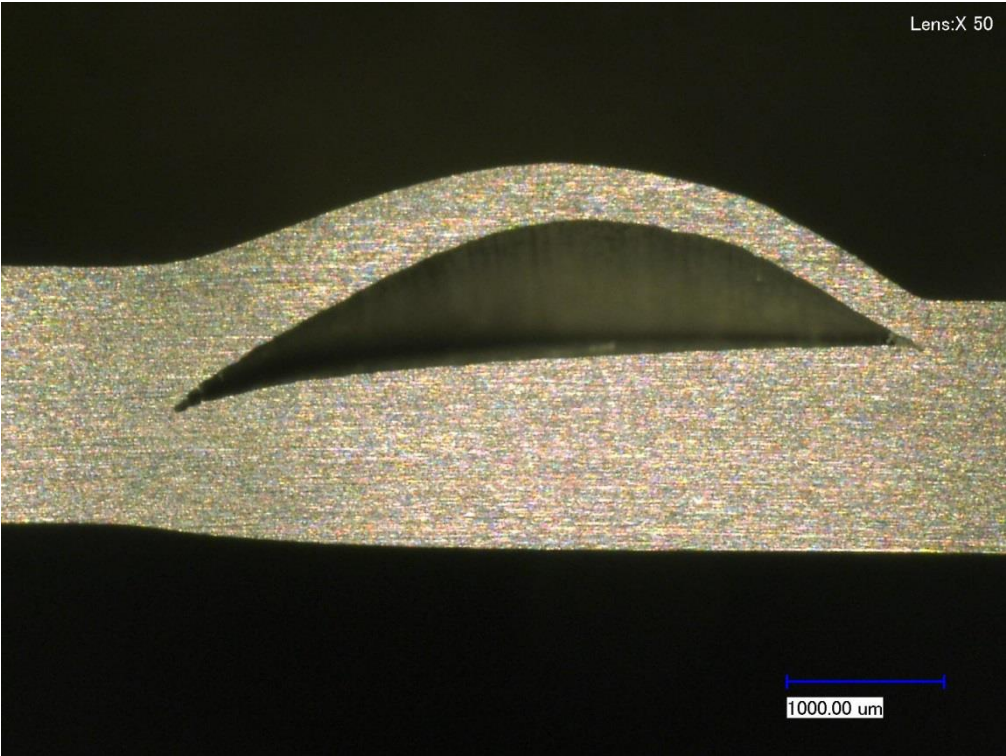
Pers 2: Buttkwaliteit rest → Opmerking (3)

Nr.	Buttkwaliteit rest	Aluminium in de matrijs na wegsnijden butt	Billet	Opmerking
100	?	?	?	Explosies en gele vlammetjes te zien.
101	?	?	?	
102	?	?	?	
103			?	
104	?		?	
105	?		?	Zeer kleine blaren
106	?		?	
107	?		?	
108	?		?	
109			?	goed
110	?		?	goed
111	?		?	goed
112	?		?	goed
113			/	goed
114	?		?	goed
115	?		?	goed
116	?		?	goed
117			/	goed
118	?		?	goed
119	?		?	goed
120	?		?	goed
121	?		?	goed
122	?		?	goed
123			?	goed
124	?		?	goed
125			?	goed
				Geen blaren, 2x deze matrijs geobserveerd: zie rij 94 - 97
126			?	goed
127	?		?	goed
128	?		?	goed
129	?		?	goed
130	?		?	goed
131	?		?	goed
				End blaren op de laatste 0,3m. Front blaren doorlopend van end blaren vorige blok
132	?		?	goed
133	?		?	goed
134	?		?	goed
135	?		?	goed
136	?		?	goed
137	?		?	goed
138	?		?	goed
				Gestopt met observeren na 13 blokken, order was 79 groot.

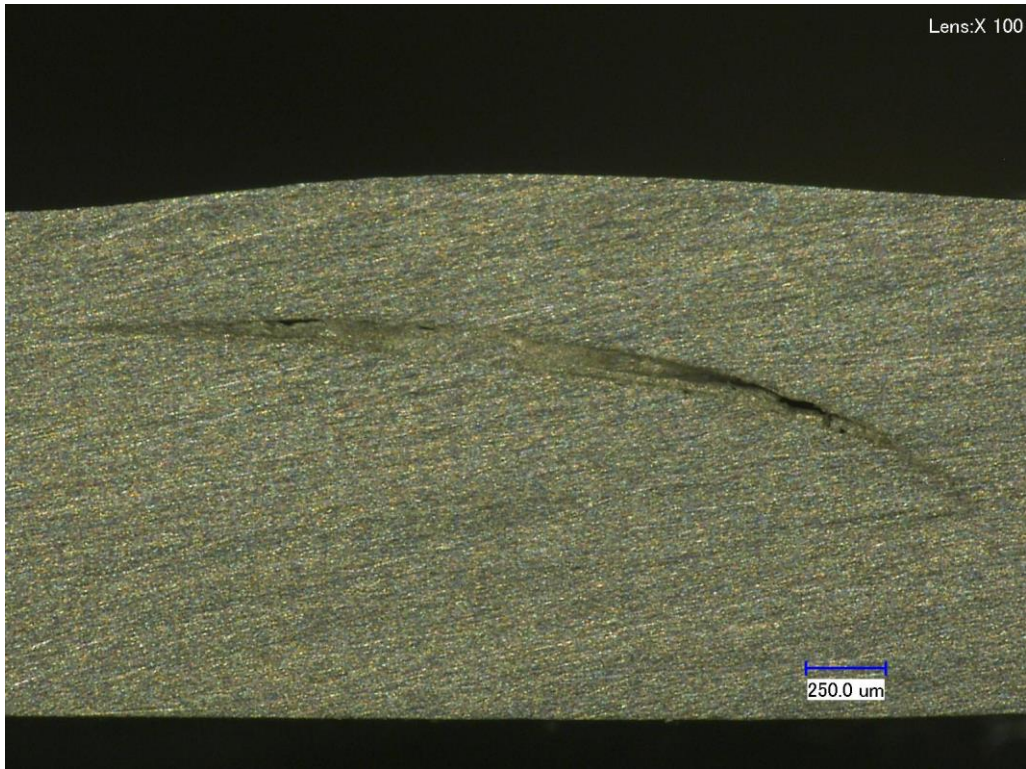
Bijlage 3: Foto's microstructuur



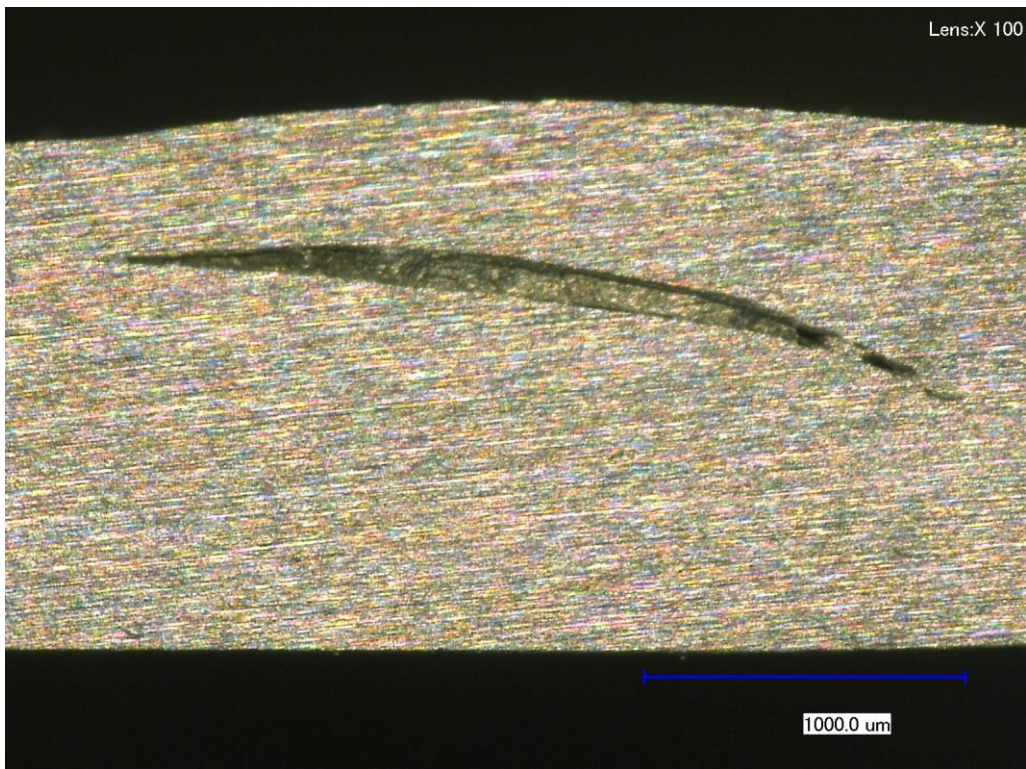
Figuur 1: Blaar 1 linkerhoek (250 μm)



Figuur 2: Blaar 1 (1000 μm)



Figuur 3: Blaar 2 (250 μm)



Figuur 4: Blaar 2 (1000 μm)



Figuur 5: Blaar profiel 9282 samenstelling microscoopfoto's

Auteursrechtelijke overeenkomst

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

Onderzoek naar het ontstaan en reduceren van luchtinsluitingen tijdens het extrusieproces

Richting: **master in de industriële wetenschappen: elektromechanica**

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,

Kempeneers, Laurens

Vanderveken, Daan

Datum: **6/06/2016**