



# Afstudeerscriptie

## Kuipframe Track T-800 CDI



|                         |                                 |
|-------------------------|---------------------------------|
| Naam:                   | <i>Jeroen Schuttenbeld</i>      |
| Studentnummer:          | <i>09005811</i>                 |
| Opleiding:              | <i>Werktuigbouwkunde</i>        |
| School:                 | <i>Haagse Hogeschool, Delft</i> |
| Afstudeerstage bedrijf: | <i>EVA Products B.V.</i>        |
| Datum:                  | <i>01-06-2012</i>               |



## Voorwoord

Dit rapport is geschreven als afstudeerscriptie van mijn afstudeerperiode van mijn 4<sup>e</sup> leerjaar Werktuigbouwkunde op de Haagse Hogeschool. De opdracht is uitgevoerd binnen EVA Products B.V. Dit rapport is tot stand gekomen gedurende mijn afstudeerperiode van 6 februari 2012 tot en met 1 juni 2012.

Dit rapport is geschreven aan Eva Products B.V., mijn beoordelaars binnen de Haagse Hogeschool en alle overige geïnteresseerden en belanghebbenden. Het doel van dit rapport is het schriftelijk neerzetten van de herontwerpopdracht van het kuipframe van de Track T-800 CDI motorfiets.

Graag wil ik Erik Vegt bedanken voor de mogelijkheid om binnen zijn bedrijf af te studeren. Verder wil ik Guus Docters van Leeuwen bedanken voor de erg goede tussentijdse feedback op de voortgang en de inhoud.

## Inhoudsopgave

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| Voorwoord .....                                          | 4  |
| Inhoudsopgave .....                                      | 5  |
| Samenvatting.....                                        | 8  |
| Verklarende woordenlijst.....                            | 11 |
| Symbolenlijst .....                                      | 11 |
| Opdrachtomschrijving afstudeerstage .....                | 12 |
| Bedrijfsomschrijving .....                               | 12 |
| Probleemstelling.....                                    | 12 |
| Opdrachtomschrijving .....                               | 12 |
| 1. Inleiding .....                                       | 13 |
| 1.1 Doelen .....                                         | 13 |
| 1.1 Achtergronden .....                                  | 14 |
| 1.2 Aanleiding probleemstelling.....                     | 14 |
| 1.3 Werkwijze .....                                      | 15 |
| 1.4 Leeswijzer .....                                     | 16 |
| <b>Deel I</b>                                            |    |
| 2. Onderdelen, een inleiding in het kuipframe .....      | 18 |
| 3. Probleemstelling.....                                 | 23 |
| 3.1 Achtergrondinformatie over de probleemstelling ..... | 23 |
| 3.2 Probleemstelling.....                                | 23 |
| 3.3 Hoofdvraag .....                                     | 24 |
| 3.4 Deelvragen.....                                      | 24 |
| 4. Methode van aanpak.....                               | 25 |
| 5. Het huidige ontwerp nader bekeken .....               | 26 |
| 5.1 Constructiekeuze .....                               | 26 |
| 5.2 Productietechniek .....                              | 29 |
| 5.3 Materiaalkeuze .....                                 | 32 |
| 5.4 Kosten.....                                          | 33 |
| 5.5 Evaluatie huidig kuipframe.....                      | 34 |
| 6. Pakket van eisen en wensen .....                      | 35 |

## **Deel II**

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 7. Concepten .....                  | 38 |
| 7.1 Constructie (vormgeving) .....  | 38 |
| 7.2 Fabricage .....                 | 45 |
| 7.3 Materialen .....                | 50 |
| 7.4 Conceptmogelijkheden.....       | 53 |
| 8. Conceptkeuze .....               | 54 |
| 8.1 Constructiekeuze.....           | 55 |
| 8.2 Productietechnische keuze ..... | 57 |
| 8.3 Materiaaltechnische keuze ..... | 59 |

## **Deel III**

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 9. Eindconcept.....                       | 62 |
| 9.1 3D model .....                        | 63 |
| 9.2 Trillingen.....                       | 68 |
| 10. Ontwerp van stijfheid en sterkte..... | 69 |
| 11. Ontwerpen tegen vermoeiing .....      | 74 |
| 11.1 Scheurgroei.....                     | 74 |
| 11.2 Scheurgroei aspecten .....           | 78 |
| 12. Gieten .....                          | 87 |
| 12.1 Zandgieten.....                      | 87 |
| 12.2 Gieten van het kuipframe.....        | 89 |
| 12.3 Nabewerking .....                    | 91 |
| Conclusie .....                           | 92 |
| Evaluatie .....                           | 94 |
| Competentie evaluatie .....               | 95 |
| Literatuurlijst .....                     | 97 |
| Bijlagen .....                            | 98 |



## Samenvatting

In het eerste deel van dit rapport komt inleidende informatie aan bod die inzicht geeft in de achtergrond en informatie van de opdracht. Het tweede deel van het rapport beschrijft concepten die een herontwerp van het kuipframe van de Track T-800 CDI motorfiets weergeven. Deze concepten worden aan een PVE en keuzecriteria ondervonden waarna er een conceptkeuze gemaakt wordt. Het derde deel van het rapport gaat dieper in op het eindconcept.

Het huidige kuipframe bevat de nodige fabricage fouten. Deze fouten doen zich voor vanwege de vele menselijke handelingen tijdens de fabricage van het kuipframe. Las, zet, en materiaalfouten kunnen worden weggenomen door deze handelingen zo ver mogelijk weg te nemen.

Het herontwerp van het kuipframe kan het beste als gietmodel vervaardigd worden. Zandgieten is hierin een geschikte methode om het kuipframe uit te vervaardigen mede vanwege de lage gereedschapskosten en een hoge vormvrijheid. Het kuipframe wordt vervaardigd als twee symmetrische hoofdcomponenten, waar boven op een derde component geschroefd wordt om alle externe onderdelen te bevestigen.

Vanwege de opbouw van de gietonderdelen die voorzien zijn van veel rondingen en zo min mogelijk vlakke stukken, biedt het kuipframe veel stijfheid om ongewenste vibraties te voorkomen. Ook is het kuipframe ontworpen met de gedachten om scheurgroei zo veel mogelijk tegen te gaan.



---

## Verklarende woordenlijst

Z.O.Z.

## Verklarende woordenlijst

|                       |                                                                                  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Kerndeel              | Gietkern die mede deel is van de gietmal om complexere vormen mogelijk te maken. |
| Longitudinaal         | In de lengterichting.                                                            |
| Oscillerende beweging | Herhalende beweging.                                                             |
| Initiëring            | Ontstaan, in dit geval de beginfase van een scheur in het materiaal.             |
| Dislocatie            | Materiaal scheur/fout op micro schaal in het materiaal.                          |
| Isotroop materiaal    | Materiaal eigenschappen hangen niet van de richting af.                          |

## Symbolenlijst

| Symbool:                   | Betekenis:                   | Eenheid:          |
|----------------------------|------------------------------|-------------------|
| $a$                        | scheurlengte                 | mm                |
| $e$                        | uiterste vezelafstand        | mm                |
| $E$                        | elasticiteitsmodulus         | Mpa               |
| $f$                        | doorbuiging                  | mm                |
| $F$                        | kracht                       | N                 |
| $G$                        | glijdingsmodulus             | N/mm <sup>2</sup> |
| $I$                        | traagheidsmoment             | N/mm <sup>4</sup> |
| $K$                        | spanningsintensiteit factor  | --                |
| $K_t$                      | spanningsconcentratie factor | --                |
| $L$                        | lengte                       | m                 |
| $S$                        | aanwezige spanning           | N/mm <sup>2</sup> |
| $\beta$                    | geometrie factor             | --                |
| $\varepsilon$              | relatieve rek                | --                |
| $\sigma$                   | spanning                     | N/mm <sup>2</sup> |
| $\sigma_{\text{nominaal}}$ | nominale spanning            | N/mm <sup>2</sup> |
| $\sigma_{\text{piek}}$     | piek spanning                | N/mm <sup>2</sup> |
| $\nu$                      | poisson factor               | --                |

## Opdrachtschrijving afstudeerstage

Bedrijf: EVA Products B.V.

Bloemenlaan 11  
2235 EM  
Valkenburg zh

### Bedrijfsomschrijving

EVA Products B.V. is een bedrijf dat de enige Nederlandse motorfietsen fabrikant is en de enige wereldwijde dieselmotorfietsenfabrikant. De dieselmotorfiets die geproduceerd wordt onder het merk Track Dieselmotorcycles is de Track T-800 CDI. EVA Products B.V. is opgericht door Erik Vegt en met de Track T-800 CDI motor is dit de eerste motor op de markt die aangedreven is door een dieselmotor. Verder is de motorfiets voorzien van meerdere technische innovaties. Zo is de traditionele versnellingsbak vervangen door een CVT (Continue Variable Transmission). Dit alles levert een zeer innovatieve en zuinige motorfiets, die bij uitstek geschikt is voor lange afstandsritten. Zie voor meer informatie over EVA Products de website: [www.dieselmotorfiets.nl](http://www.dieselmotorfiets.nl)

### Probleemstelling

De motorfiets is voorzien van een koplampunit, deze is door middel van een aluminium frame aan het hoofdframe bevestigd. Het frame is opgebouwd uit aluminium plaat en buis materiaal. Dit onderdeel wordt extern vervaardigd met als gevolg dat er vaak fabricage fouten in zitten. Ook is het onderdeel een ingewikkelde en omslachtige constructie voor zijn doeleinde.

### Opdrachtschrijving

Het onderdeel dient opnieuw geanalyseerd en ontworpen te worden waarin er gekeken moet worden naar, fabricage technieken, materialen, kosten, reproduceerbaarheid en constructie technisch zo eenvoudig en doeltreffend mogelijke oplossing. Ook moet het onderdeel licht van gewicht zijn en de krachten en trillingen van de motorfiets aankunnen. Gedurende de stageperiode moeten de mogelijkheden voor een herontwerp onderzocht worden en een 3D model opgezet worden van het nieuwe ontwerp.

## 1. Inleiding

Het kuipframe van de Track T-800 CDI wordt extern geproduceerd en is onderhevig aan vele fabricage fouten. Een van de hoofdredenen hiervan is, dat er vele handmatige bewerkingen aan te pas komen bij de fabricage. Dit rapport beschrijft een analyse van het huidige kuipframe en een herontwerp van dit kuipframe dat de bestaande fouten moet uitsluiten.

### 1.1 Doelen

Deze afstudeeropdracht heeft twee doelen:

1. In het belang van EVA Products b.v.; Een herontwerp van het kuipframe van de Track T-800 CDI motorfiets.
2. In het belang van het afronden van mijn studie; dit door middel van de afstudeeropdracht binnen EVA Products b.v. Deze afstudeeropdracht wordt voltooid door middel van deze afstudeerscriptie en een presentatie met een verdediging.

Om te zorgen dat het afstuderen van voldoende niveau is, wordt er naar gestreefd om te voldoen aan de volgende competenties:

| Nr. | niveau | Hoe te voldoen                                                                                             |
|-----|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 4      | Zelfstandig het afstuderen goed afronden.                                                                  |
| 2   | 4      | Onderzoek naar nieuwe keuzes in materiaal en fabricagetechniek en opbouw van kuipframe.                    |
| 3   | 3      | Juiste definities van probleemstelling en te wensen resultaat maken en het via de juiste manier uitwerken. |
| 4   | 4      | Via de juiste weg komen tot een goed beargumenteerde eindconclusie.                                        |
| 5   | 4      | Het uitvoeren van de opdracht met voldoende technische diepgang en uitgewerkt tot de vereiste diepgang.    |
| 6   | 3      | Een 3D model opleveren van het herontworpen kuipframe.                                                     |
| 10  | 4      | Structurele en systematische aanpak van de opdracht.                                                       |
| 11  | 4      | PVA opleveren en out of the box denken.                                                                    |
| 12  | 3      | Functioneren in het bedrijf en werken in overleg met de opdrachtgever.                                     |
| 13  | 4      | Het verwerken van nieuwe informatie en nieuwe technologieën gebruiken.                                     |
| 14  | 4      | Zelfstandig de opdracht uitvoeren met een eigen verantwoordelijkheid.                                      |

Niet alle competentie zijn meegenomen in de tabel, dit omdat er binnen één afstudeeropdracht nooit aan alle competenties voldaan kan worden. Het niveau van de competenties is vastgesteld aan de hand van de handleiding *afstuderen* en eigen inzicht en de diepgang van de competenties in de opdracht.

## 1.1 Achtergronden

|                              |                                                 |
|------------------------------|-------------------------------------------------|
| Projectnaam:                 | <i>Herontwerp kuipframe Track T-800 CDI</i>     |
| Bedrijf:                     | <i>Eva Products B.V.</i>                        |
| Afstudeerbegeleider bedrijf: | <i>Erik Vegt</i>                                |
| Student:                     | <i>Jeroen Schuttenbeld</i>                      |
| Studentnummer:               | <i>09005811</i>                                 |
| School:                      | <i>Haagse Hogeschool, te Delft</i>              |
| Opleiding:                   | <i>Werktuigbouwkunde 4<sup>e</sup> leerjaar</i> |
| Afstudeerbegeleider school:  | <i>Guus Docters van Leeuwen</i>                 |
| Afstudeerperiode:            | <i>06-02-2012 t/m 01-06-2012</i>                |

## 1.2 Aanleiding probleemstelling

De Track T-800 CDI is voorzien van een kuipframe, dit is een subframe gemonteerd aan het balhoofd van de motorfiets waar de koplampen, voorkuip en elektronische gasunit aan gemonteerd zijn. Het kuipframe wordt vervaardigd uit gesneden en gezet plaat aluminium en aluminium buizen die handmatig aan elkaar verbonden worden door middel van TIG lassen. Deze vele handwerkzaamheden brengen productiefouten met zich mee die niet representatief zijn voor een high end product als de Track T-800 CDI. Overigens wordt de constructie en opbouw van het kuipframe gezien als ondoordacht en niet functioneel. Dit leidt tot de vraag naar een herontwerp van het kuipframe.

## 1.3 Werkwijze

De volgende werkwijze is aangehouden als structuur van mijn afstudeerperiode;

- Kennismaking bedrijf;
- Analyse probleemstelling;
- Opstellen PVE;
- Opstellen PVA;
- Analyse huidig kuipframe;
- Analyse van mogelijke concepten in constructievorm, productietechnieken, materialen;
- Uitwerken van concepten;
- Concepten toetsten aan PVE en opdrachtgever;
- Conceptkeuze maken;
- Opstellen begin van het eindrapport;
- Uitwerken eindconcept en evalueren met opdrachtgever;
- Technische verdieping in het eindconcept;
- Eindrapport maken.

### ***Werkplek***

De eerste twee weken heb ik binnen het bedrijf gewerkt, hier heb ik kennis opgedaan over de bedrijfscultuur en het product dat geleverd moet worden. Wegens bedrijfsomstandigheden is de rest van de opdracht thuis uitgevoerd.

### ***Sturing***

De eerste twee weken van de afstudeerstage was er dagelijks contact met mijn afstudeerbegeleider Erik Vegt binnen EVA Products. De weken hierna, die ik thuis gewerkt heb, is de sturing en communicatie verandert naar momenten dat ik terug ben gegaan naar het bedrijf (ongeveer een maal per twee weken) en afspraken met mijn afstudeerbegeleider Guus Docters van Leeuwen binnen de Haagse Hogeschool.

## 1.4 Leeswijzer

De doelgroep van dit rapport zijn alle geïnteresseerden en belanghebbenden van deze informatie. Hoofdzakelijk bestaat de doelgroep uit de volgende personen, welke invloed hebben op de eindbeoordeling van mijn afstuderen:

- Twee docenten van de Haagse Hogeschool; Guus Doctors van Leeuwen en Coen van Hulst.
- Het bedrijf EVA Products B.V.; Erik Veght.
- Gecommitteerde

Het rapport bevat meer pagina's dan voorgeschreven staat. Dit is niet zonder reden het geval. Het rapport bevat vele afbeeldingen die ter verduidelijking dienen en visueel een goed beeld geven, wat belangrijk is om inzicht te krijgen in de daadwerkelijke materie waar dit rapport over gaat. Wanneer deze afbeeldingen naar de bijlagen verplaatst worden of weggelaten worden, komt dit het gemakkelijk doornemen van het rapport niet ten goede. Het rapport is in drie delen opgedeeld om structuur te krijgen in het rapport.

### *1<sup>e</sup> deel*

Dit deel bevat globale informatie die een inleiding biedt in het uiteindelijke herontwerp. Dit deel bevat zowel informatie over de opdracht als het bedrijf en andere informatie die van belang is voor een compleet rapport. Voor personen die geen achtergrond hebben in de materie is hier de nodige achtergrondinformatie te vinden waar het herontwerp op gebaseerd is. Lezers die al meer achtergrond hebben in het onderwerp kunnen het 1<sup>e</sup> deel snel doornemen of overslaan. Het eerste deel resulteert in het pakket van eisen en wensen.

### *2<sup>e</sup> deel*

Het tweede deel bevat een analyse van verscheidene concepten die in aanmerking komen voor het uiteindelijke herontwerp. Aan de hand van het PVE en keuzecriteria wordt er een keuze gemaakt in de concepten en dit biedt samen met overige theoretische en eigen kennis een argumentatie van de conceptkeuze. Dit tweede deel resulteert in het ontwerpproces; probleemdefiniërende fase – werkwijzenbepalende fase – vormgevende fase.

### *3<sup>e</sup> deel*

Dit deel gaat dieper in op het eindconcept. Aspecten als technische diepgang, kostenoptimalisatie en modelopbouw komen aan bod en bieden een theoretische achtergrond van het eindconcept. Tenslotte bevat het 3<sup>e</sup> deel een afsluiting van het rapport en deels van de afstudeerstage.



# Deel I

## 2. Onderdelen, een inleiding in het kuipframe

Voordat er wordt ingegaan op een specifieke probleemstelling en oplossingen wordt er enige informatie over het kuipframe weergegeven, die voor personen zonder achtergrond in dit project een verduidelijking geeft in het verdere rapport.

Het kuipframe is een onderdeel van de motorfiets dat als taak heeft om verscheidene componenten aan de voorzijde van de motorfiets te dragen en te verbinden met het hoofdframe van de motorfiets. Het kuipframe is een onderdeel dat veelal weggewerkt achter de voorkuip zit, maar desondanks toch een belangrijke taak vervult.

Door de jaren heen heeft het kuipframe zich bij de meeste motorfietsen ontwikkeld in een vakwerkconstructie opgebouwd uit buizen, of een constructie uit gesneden en gezet plaatmateriaal. De huidige kuipframes (met hun dragende functie) zijn veelal ingewikkeld opgebouwd uit verscheidene onderdelen met vele verbindingen. Figuur 2.0 geeft het kuipframe weer.



Fig. 2.0; kuipframe.

Het kuipframe dient als dragend onderdeel voor meerdere onderdelen. Figuur 2.1 geeft de plek van het kuipframe weer. Het kuipframe wordt door middel van twee M8 bouten aan een bevestigingspunt aan het balhoofd van het hoofdframe gemonteerd. De bevestigingspunten van het kuipframe zijn weergegeven in Figuur 2.7.



*Fig. 2.1; Montageplek van het kuipframe (achter de kuip ter hoogte van de rode cirkel).*

Het kuipframe dient als dragende constructie voor verscheidene onderdelen, deze zijn als volgt;

### ***Grootlicht***

Hiervan zijn er twee aanwezig op de Track T800-CDI, deze zijn links en rechts van het dimlicht gemonteerd. Zie Figuur 2.2 voor het grootlicht.



Fig. 2.2; grootlicht.

### ***Dimlicht & standlicht***

Het dimlicht dat tevens voorzien is van een standlicht is in het midden van het kuipframe gemonteerd. Zie Figuur 2.3 voor het dim- en standlicht.



Fig. 2.3; dimlicht & standlicht.

### ***Elektronische gasunit***

De elektronische gasunit geeft het signaal door aan het motormanagement systeem wanneer er aan de gashendel gedraaid wordt. De elektronische gasunit is aan de rechterzijde van het kuipframe bevestigd. Zie Figuur 2.4 voor de elektronische gasunit.

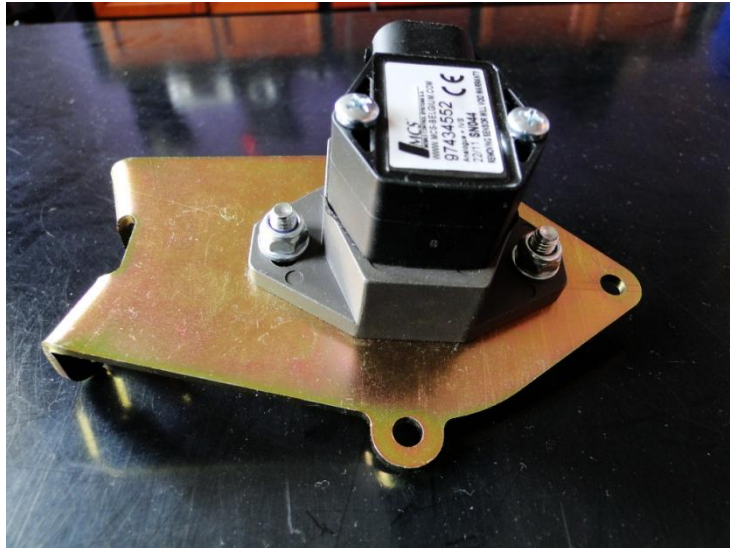


Fig. 2.4; elektronische gasunit

### ***Voorkuip***

De voorkuip zit om het kuipframe heen gemonteerd en dient als afwerking van het geheel. Zie Figuur 2.5 voor de voorkuip.



Fig. 2.5; voorkuip.

Al deze bovenbeschreven onderdelen worden gemonteerd aan het kuipframe. Figuur 2.6 en 2.7 geven de onderdelen geassembleerd weer.

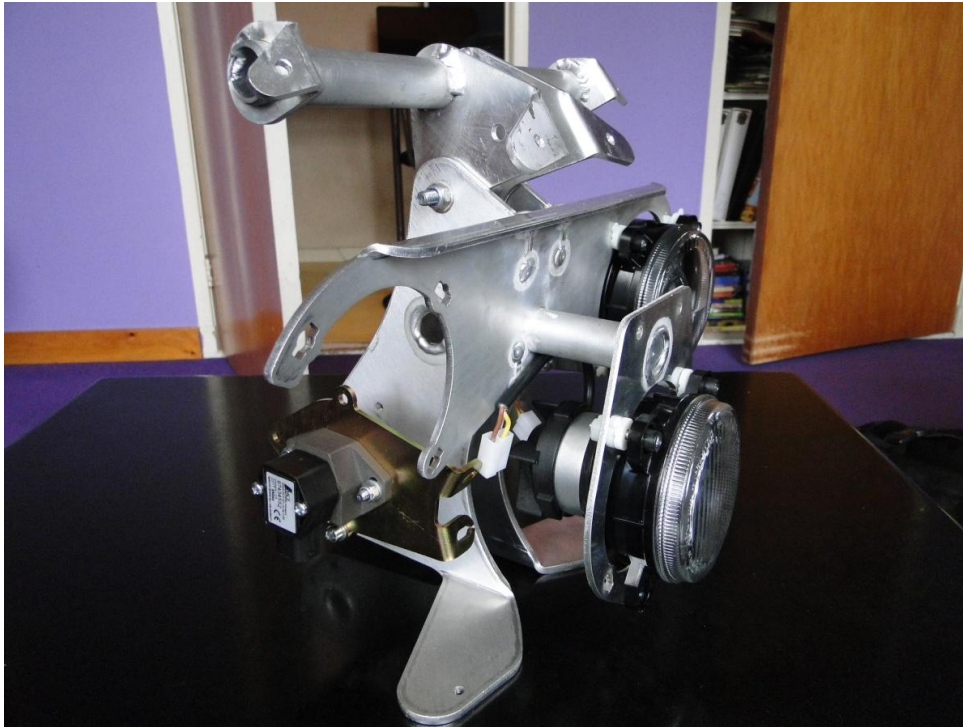


Fig. 2.6; lampen en gasunit gemonteerd.



Fig. 2.7; onderdelen in de voorkuip. (Rode cirkel geeft de montage gaten weer waarmee het kuipframe aan het hoofdframe bevestigd wordt).

### 3. Probleemstelling

De afstudeeropdracht komt voort uit ontevredenheid over het kuipframe. In dit hoofdstuk is de probleemstelling gedefinieerd waar de afstudeeropdracht op berust.

#### 3.1 Achtergrondinformatie over de probleemstelling

Het kuipframe is een onderdeel van de motorfiets dat veelal niet als kritisch onderdeel wordt gezien voor het kwalitatief en juist functioneren met de gewenste prestaties van de motorfiets. Dit leidt ertoe dat er bijvoorbeeld veel minder research en engineering werkzaamheden zitten in het kuipframe dan bijvoorbeeld het hoofdframe. Uiteraard is dit gezien de functie van beide onderdelen ook geen vreemde kwestie, maar dit heeft er samen met de 'tijd' toe geleid dat het kuipframe zich bij het overgrote deel van de motorfietsen heeft doorontwikkeld tot een relatief ingewikkeld te fabriceren onderdeel voor zijn functie. Figuur 3.1 geeft een algemeen voorbeeld hoe veel kuipframes op motoren geconstrueerd zijn. Om geen onnodig gewicht toe te voegen aan de motorfiets en weinig tijd te steken in het doorontwikkelen naar andere productietechnieken en mogelijkheden zijn veel kuipframes opgebouwd uit een vakwerk constructie uit buizen en/of plaatmateriaal. De kuipframes bestaan uit vele afzonderlijke onderdelen die voorzien zijn van vele schroef- en lasverbindingen. Hierbij komt ook het ongunstige aspect dat de vele onderdelen van het kuipframe wel nauwkeurig vervaardigd en samengevoegd dienen te worden om alles exact passend op de motorfiets te monteren. Dit alles brengt relatief veel productiekosten en kans op productiefouten met zich mee voor een onderdeel dat een dragende functie heeft voor niet kritieke onderdelen op de motorfiets.



Fig. 3.1; Veel kuipframes zijn in zo'n opbouw te vinden bij motoren.

#### 3.2 Probleemstelling

Het huidige kuipframe is ingewikkeld van opbouw en gevoelig voor fabricagefouten, wat onnodige kosten en een slechte afwerking met zich meebrengt.

### 3.3 Hoofdvraag

- **Is er een herontwerp van het kuipframe van de Track T-800 CDI mogelijk die de negatieve eigenschappen uit de probleemstelling niet met zich meebrengt?**

### 3.4 Deelvragen

1. Wat is een geschikte constructiekeuze (vormkeuze) om zo doeltreffend mogelijk te voldoen aan de gestelde eisen, wensen overige criteria?
2. Welke productietechniek is geschikt om het kuipframe mee te vervaardigen en te voldoen aan de constructie en vormeisen?
3. Welk materiaal is geschikt om met de juiste productietechniek het kuipframe uit te vervaardigen?
4. Blijven de productiekosten rendabel?
5. Biedt het herontwerp voldoende stijfheid, sterkte en betrouwbaarheid om niet onnodig te trillen onder de motorvibraties en vermoeiing tegen te gaan en voldoet deze aan de gestelde eisen, wensen en overige criteria?

## 4. Methode van aanpak

Om een juist herontwerp op te leveren en dus antwoord te geven op de hoofdvraag is het van belang om eerst een antwoord te geven op de deelvragen. Voordat er een antwoord en conclusie getrokken kan worden, moet er inzicht verkregen worden in deze aspecten.

De volgende methode die voortkomt uit *Methodisch ontwerpen, Kroonenberg & Siers, 1992*, beschrijft hoe er inzicht in deze aspecten wordt verkregen en hoe er geleid wordt tot een uiteindelijk concept van een herontwerp:

Na een analyse van het huidige kuipframe en de probleemstelling is er een pakket van eisen en wensen opgesteld. Het kuipframe is hoofdzakelijk onder te verdelen in drie onderwerpen;

1. Constructie (ook wel de vormgeving)
2. Productietechniek
3. Materiaal

Deze bovenstaande factoren, ook wel producttermen, hebben samen met de functie onderling een nauw verband en dus ook grote invloed op elkaar. Tezamen hebben zij een grote invloed op de kosten van het eindproduct dat een belangrijke factor speelt gedurende het gehele herontwerp.

Aan de hand van de gestelde eisen en wensen kan er een globale selectie worden gemaakt in welke concepten wel of niet in aanmerking komen. Dit kan verwezenlijkt worden door eigen kennis in deze technieken, bedrijfscultuur en globale informatie hierover. Als voorbeeld hiervan;

*Spuitsieten zal nooit in aanmerking komen, omdat de gereedschapskosten veel te hoog zijn voor de kleine serieoplage waar het kuipframe in vervaardigd wordt. Voor deze afwijzing is geen verdere specifieke diepgaande kennis nodig.*

Wanneer de mogelijkheden, die in aanmerking komen, opgesteld zijn, kunnen zij nader onderzocht en specifiek getoetst worden aan de eisen en wensen. Zij dienen aan de eisen te voldoen en zo veel mogelijk aan de wensen te voldoen. De wensen kunnen hier gezien worden als keuzecriteria van de conceptkeuze. Omdat de producttermen een nauw verband met elkaar hebben, zal de keuze voor de ene productterm van invloed zijn op de mogelijkheden en keuze in de andere producttermen. Door een duidelijke tabel van de mogelijkheden te maken, kan er overzichtelijk een keuze worden gemaakt.

Aan de hand van de keuze van het eindconcept wordt deze verder uitgewerkt tot een volledig herontwerp dat theoretisch onderbouwd is.

## 5. Het huidige ontwerp nader bekeken

Om een juiste keuze te maken voor het herontwerp, is het van belang dat het huidige ontwerp goed geanalyseerd is, wat mede zorgt voor inzicht in de totstandkoming van de opdracht en input levert voor het Pakket van Eisen en Wensen.

### 5.1 Constructiekeuze

De constructie van het huidige kuipframe is voornamelijk opgebouwd uit plaatmateriaal en buizen die onderling verbonden is door middel van las- en boutverbindingen. Een plaat heeft als nadeel dat het zonder bewerkingen of toevoegingen weinig stijfheid in zich heeft in de richting loodrecht op het platte plaatvlak. Deze nadelige eigenschap is ook terug te zien in het kuipframe, de voorplaat waar de twee grootlichten aan gemonteerd worden is onderhevig aan de nodige trillingen veroorzaakt door de motor. Om schudden en zwabberen van deze plaat te voorkomen is de bovenrand 90 graden omgezet om stijfheid in de plaat aan te brengen. Figuur 5.1 geeft de voorplaat met de omgezette rand weer.



Fig. 5.1; Omgezette rand van de voorplaat.

Wanneer de voorste bevestigingsplaat van het dim- en standlicht bekeken wordt, valt snel op dat dit onderdeel van de constructie totaal geen stijfheid biedt en dus er gevoelig is voor vibraties van de motorfiets. Figuur 5.2 laat de flexibele plaat zien.



Fig. 5.2; Voorste bevestigingsplaat t.b.v. het dim en standlicht.

Het grootste deel van het kuipframe wordt verwezenlijkt door twee gesneden hoofdplaten welke aan de onderzijde gezet zijn ten behoeve van een bevestigingsbeugel voor de knipperlichten, welke overigens komt te vervallen bij het nieuwe kuipframe. Deze platen zijn onderling verbonden door twee tussenbuizen en de voorplaat van de grootlichten. Figuur 5.3 geeft een achteraanzicht van de hoofdplaten weer. Doordat de platen op vier plaatsen (voorplaat, twee buizen en de boutbevestiging aan het balhoofd) onderling verbonden zijn met enige tussenafstand levert het geheel enige stijfheid, vanwege de boxvorm die gecreëerd wordt.



Fig. 5.3; Achter aanzicht kuipframe.

Voor de bevestiging van de voorkuip is er gekozen voor een buis die voorzien is van 4 gezette platen. Het geheel wordt door middel van een bout verbonden aan de twee hoofdplaten. Figuur 5.4 geeft een detailweergave van de constructie.

Deze constructie overbrugt de afstand tussen de bevestigingspunten effectief, maar brengt wel nadelen met zich mee:

- De lasser dient de platen zeer exact op de buis te positioneren om de gaten onder de juiste hoek op de juiste maat vast te lassen.
- Tevens biedt de bevestiging een variabele montagemogelijkheid. Dit kan makkelijk zijn wanneer de kuip niet goed past, maar wanneer er een constante kwaliteit geleverd wordt is dit overbodig en brengt het alleen extra montagekosten met zich mee.
- De tussenafstand tussen de montageplaten is niet opgevuld met een afstandsbuis, dit zorgt ervoor dat het geheel nooit stevig geklemd kan worden en de platen bij een te hoog aandraaimoment van de bout samengeknepen worden.

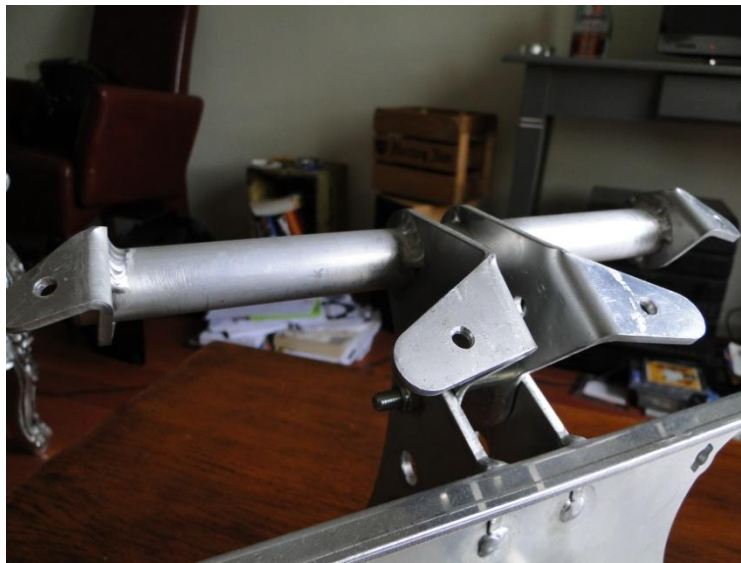


Fig. 5.4; Constructie van de kuipbevestiging.

De elektronische gasunit wordt door middel van een bout met afstandsbussen verbonden aan de rechter hoofd zijplaat, zie Figuur 2.7. Doordat de bevestiging verwezenlijkt wordt door een bout is het geheel niet gefixeerd in alle vrijheidsgraden, dit levert onnodige montage tijd op vanwege het stellen van de juiste positie om de bout-as.

De bovenstaande problemen betekenen voor het PVE dat:

- Het uitsluiten van productiefouten en zo veel mogelijk menselijke handelingen weghalen om de kwaliteit te waarborgen.
- Bij een eenvoudige opbouw, zonder veel stelmogelijkheden worden montagefouten vermeden.
- Er wordt gestreefd naar zo min mogelijk ongewenste vibraties tegen scheurvorming en falen.
- Aanpassingen naderhand moeten vermeden worden of anders eenvoudig doorvoerbaar.
- Er zo min mogelijk afzonderlijke onderdelen en verbindingen moeten zijn, die kunnen leiden tot fouten.

## 5.2 Productietechniek

Aan de hand van de constructiekeuze kan de productietechnische keuze bekeken worden. De volledige productie van het kuipframe wordt uitbesteed aan een constructiebedrijf. De montage wordt overigens wel in eigen beheer gedaan. De aanwezigheid van het vele plaatmateriaal geeft veel bewerkingen die hier betrekking op hebben. Het plaatmateriaal wordt laser gesneden aan de hand van CAD tekeningen. Alle gaten en gleuven worden gelijk mee gesneden met de lasersnijder. Na het snijden worden de zettingen handmatig onder een zetbank aangebracht. De onderdelen ondergaan geen verdere afwerking en worden in een lasmal gepositioneerd waarna ze handmatig via een TIG lasproces aan elkaar gelast worden. Hierna zijn de onderdelen gereed om op de motorfiets gemonteerd te worden. De montage geschiedt door boutverbindingen. Alleen de gaten ter bevestiging van de voorkuip worden er nu nog ingeboord. Dit om zekerheid te hebben dat de voorkuip goed past.

Opvallend in de productiewijze zijn de vele handmatige handelingen. Dit neemt met zich mee dat het risico op een productiefout aanzienlijk toeneemt. De afbeeldingen hieronder geven voorbeelden van productiefouten weer, die in het kuipframe aanwezig zijn.



Fig. 5.5; Ongewenste inbranding van de las.

Vanwege het verkeerd instellen van het lasapparaat en/of het onkundig lassen brandt de las te ver in, wat de afwerking ten slechte komt, zie Figuur 5.5.

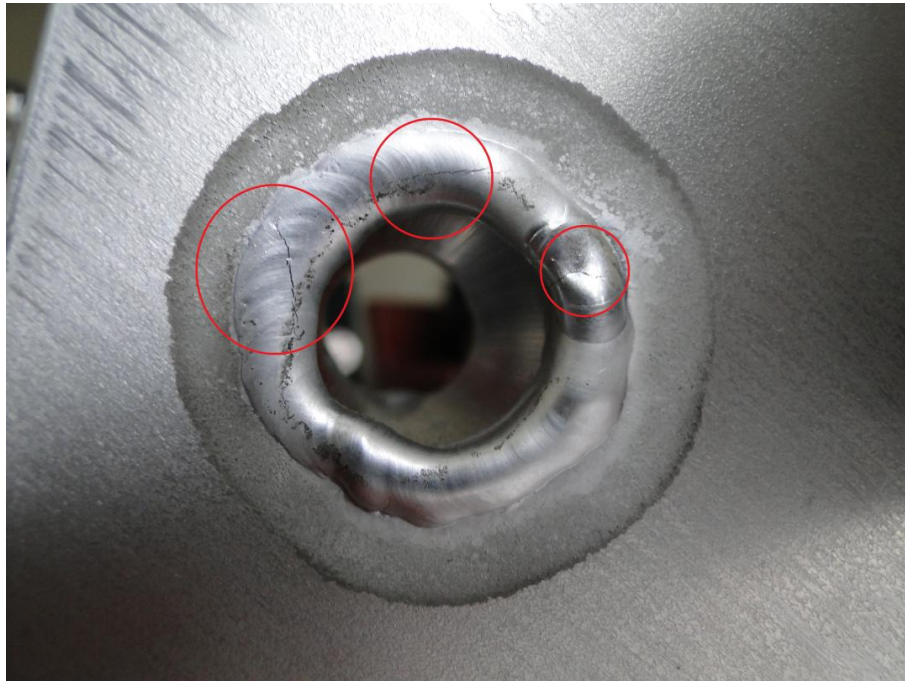


Fig. 5.6; Scheurvorming in de las ten gevolge van inwendige spanningen.

Vanwege het verkeerd lassen treedt er scheurvorming op tijdens het afkoelen ten gevolge van spanningsverhoging in de lasnaden, zie Figuur 5.6.

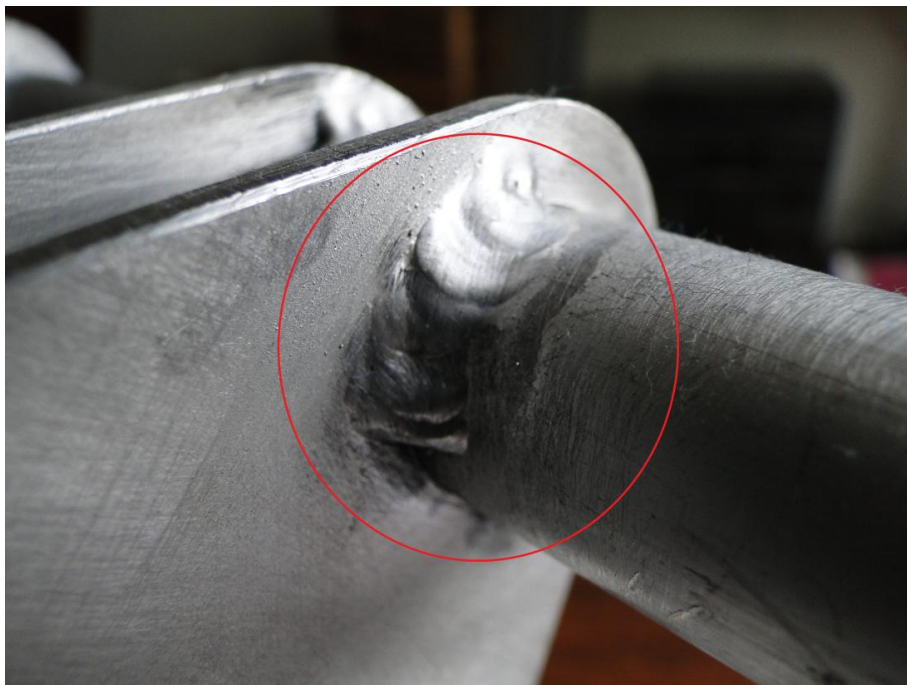


Fig. 5.7; Afgeborstelde zwarte verkleuring.

Bij het verkeerd TIG lassen van aluminium ontstaat er een vervuild gebied dat een zwarte oppervlaktekleur afgeeft. Deze kan er doormiddel van een staalborstel afgeborsteld worden.

Figuur 5.7 geeft een lasnaad weer waarmee dit gebeurd is. Dit zorgt voor extra productietijd en een lelijke afwerking.



Fig. 5.8; Indrukking ten gevolge van het zetten.

Vanwege het scheef plaatsen of het gebruik van de verkeerde messen bij het zetten heeft er plaatselijk indrukking van het materiaal plaatsgevonden, zie Figuur 5.8.

De bovenstaande problemen betekenen voor het PVE dat:

- Productiefouten die leiden tot scheuren en een slechte afwerking verholpen dienen te worden.
- Productiefouten uitgesloten moeten worden en er zo veel mogelijk menselijke handelingen weggehaald moeten worden om de kwaliteit te waarborgen.
- Er wordt gestreefd naar zo min mogelijk ongewenste vibraties tegen scheurvorming en falen.
- Aanpassingen naderhand vermeden moeten worden of anders eenvoudig doorvoerbaar moeten zijn.
- Zo min mogelijk afzonderlijke onderdelen en verbindingen aanwezig moeten zijn die kunnen leiden tot fouten.
- Het geheel modern ogend moet zijn met een nette afwerking, oppervlakten en verbindingen.

### 5.3 Materiaalkeuze

Het volledige kuipframe is opgebouwd uit aluminium 1050A H14. De keuze voor aluminium is in de eerste optiek geen verkeerde keus. Het is een metaal waarmee een lichtgewicht constructie vervaardigd kan worden dat zonder nabehandeling tot op zekere hoogte redelijk tot goed corrosie bestendig is. Verder is het een gehomologeerd materiaal waar veel ervaring mee is en dus tegen een normale kostprijs bij veel bedrijven te bewerken is.

Binnen het metaal aluminium zijn er vele legeringen en leveringscondities te verkrijgen, allen met hun eigen specificaties en kostprijs. Als er gedetailleerd gekeken wordt naar het aluminium dat gebruikt is in het kuipframe, vallen de volgende fouten/onvolmaaktheden op:



Fig. 5.9; Het te ver vervormen van een te harde plaat heeft gezorgd voor scheurvorming.

Wanneer een aluminiumlegering over zijn plastische gebied vervormd wordt, treed er scheurvorming en verjonging op wat te zien is in Figuur 5.9. Over het algemeen kan er gesteld worden dat er een aluminiumlegering gebruikt is van een hogere sterkte, dit brengt een kleiner plastisch vervormbaar gebied met zich mee. Deze legeringen zijn brosser dan legeringen van lagere sterkte, die over het algemeen meer vervorming in het plastische gebied toelaten en dus ook meer geschikt zijn voor omvormtechnieken als zetten.



Fig. 5.10; Grove oppervlaktestructuur van de aluminiumplaat.

Figuur 5.10 laat een grove oppervlaktestructuur zien van de aluminiumplaat. Een zijde van de plaat is glad en de andere zijde van de plaat vertoont een zeer grove oppervlaktestructuur. Dit is te verwijten aan de productiekwaliteit van de aluminiumplaat. Een aluminiumplaat van hogere leveringscondities zal aan beide zijden een gladde afwerking vertonen. Een grove oppervlaktestructuur is in esthetisch oogpunt minder mooi en verhoogd de gevoeligheid voor inwendige spanningen, scheurgroei en invloed van corrosie.

De bovenstaande problemen betekenen voor het PVE dat de materiaalkeuze moet voldoen aan:

- Een juiste materiaalkeuze die leidt tot een kwalitatief beter resultaat.
- Een juiste materiaalkeuze die fouten uitsluit.
- Een juiste materiaalkeuze die een nettere afwerking geeft.

## 5.4 Kosten

De kosten van het kuipframe hangen zowel af van de productie als de montage. Veel onderdelen worden uit plaatmetaal gesneden. Deze onderdelen worden gesneden samen met nog meerdere onderdelen van de motorfiets. Hierdoor is het moeilijk te zeggen wat het kuipframe exact kost, maar de kosten zijn ongeveer 100 euro per kuipframe inclusief fabricage en montage.

De bovenstaande problemen betekenen voor het PVE dat:

- De totale huidige kosten liggen op ongeveer 100 euro en het herontwerp rondt deze prijs dient te liggen, met de voorkeur naar goedkoper.

## 5.5 Evaluatie huidig kuipframe

Het huidige kuipframe is een constructie bestaande uit plaataluminium en aluminiumbuis. Veel bewerkingen die eraan verricht worden, worden handmatig uitgevoerd. Het snijden van het plaatmateriaal is een geautomatiseerd proces. Vanwege de vele te verbinden onderdelen is het een bewerkelijke constructie waar eenvoudig fabricagefouten insluipen. Ook montagetechnisch is het kuipframe niet optimaal, omdat het deel waar de voorkuip nog aan bevestigd moet worden niet gefixeerd is. De constructie is uit zichzelf geen stijve constructie en biedt weinig weerstand tegen de motorvibraties. Enige stijfheid wordt verkregen door plaatmetaal te voorzien van een zetting en zijplaten op afstand van elkaar te lassen om een box te verkrijgen.

## 6. Pakket van eisen en wensen

Om tot een geschikt eindconcept te komen is het van belang dat deze voldoet aan de gestelde eisen en wensen die voortkomen uit de criteria in *Hoofdstuk 5*. Er zijn verscheidene harde eisen waar het herontwerp aan zal moeten voldoen en verscheidene wensen die functioneren als keuze criteria *Methodisch ontwerpen, Kroonenberg & Siers, 1992*. Aan de hand van de keuze criteria onderscheiden de verscheidene concepten zich van elkaar. De eisen en wensen zijn in tabel 6.1 hieronder weergegeven. De eisen en wensen zijn gekoppeld aan de analyse van het huidige ontwerp. De vakken die leeg zijn gelaten zijn gekoppeld aan eisen vanuit het bedrijf of dienen van meerwaarde te zijn als zij meegenomen kunnen worden in het herontwerp.

| Eisen en wensen                                                                                                                           | Terugkoppeling op analyse huidig ontwerp                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Eisen</i>                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                        |
| Koplampen blijven op dezelfde plek.                                                                                                       |                                                                                                                                                                                        |
| De vorm van de kuip blijft onveranderd, wel mag er in gesneden worden.                                                                    |                                                                                                                                                                                        |
| De elektronische gasunit moet aan het subframe gemonteerd blijven.                                                                        |                                                                                                                                                                                        |
| De bevestigingspunten aan de kuip blijven ongewijzigd, wel komt er een bevestigingspunt bij.                                              |                                                                                                                                                                                        |
| Geschikt voor serie fabricage tussen de 200 en 500 stuks.                                                                                 | Totale huidige kosten liggen op ongeveer 100 euro.                                                                                                                                     |
| Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.                                                                               | Productie fouten die leiden tot scheuren en slechte afwerking.<br>Juiste materiaalkeuze sluit fouten uit.                                                                              |
| De productie- en montagekosten mogen niet boven de productiekosten van het huidig kuipframe komen.                                        | Totale huidig kosten liggen op ongeveer 100 euro.                                                                                                                                      |
| Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden. | Uitsluiten van productiefouten en zo veel mogelijk menselijke handelingen weghalen om de kwaliteit te waarborgen.                                                                      |
| Het kuipframe moet niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.                                                                         | Bij een juist ontwerp zijn er achteraf geen verbeteringen meer nodig als het omzetten van een rand.<br>Aanpassingen naderhand moeten vermeden worden of anders eenvoudig doorvoerbaar. |
| Kuipframe geschikt voor montage van Hella koplampen.                                                                                      |                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Wensen                                                                                                                       |                                                                                                                                       |
| Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montagedelen eenvoudig bereikbaar. Het liefst van onderaf.                |                                                                                                                                       |
| Koplampen goed te bereiken om te verstellen.                                                                                 |                                                                                                                                       |
| Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.   |                                                                                                                                       |
| Koplampen uitwisselbaar, denk aan een adapterplaat waardoor er eenvoudig gewisseld kan worden tussen verscheidene koplampen. |                                                                                                                                       |
| Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.                                                                      |                                                                                                                                       |
| Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.                                                                               | De aanwezige productiefouten als las en zet fouten wegnemen.<br>Juiste materiaalkeuze leidt tot een kwalitatief beter resultaat.      |
| Zo ver mogelijk uitbannen van montagefouten.                                                                                 | Bij een eenvoudige opbouw, zonder veel stel mogelijkheden worden montagefouten vermeden.                                              |
| De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.                                                                             | Lagere productie en montage kosten betekenen meer winst.                                                                              |
| Constructie die uit zichzelf zo veel mogelijk stijfheid meebrengt.                                                           | Er wordt gestreefd naar zo min mogelijk ongewenste vibraties tegen scheurvorming en falen.                                            |
| Mogelijkheid om het ontwerp nog aan te passen.                                                                               |                                                                                                                                       |
| Zo eenvoudig mogelijke opbouw.                                                                                               | Zo min mogelijk afzonderlijke onderdelen en verbindingen die kunnen leiden tot fouten.                                                |
| Esthetisch mooi ontwerp (vorm en afwerking)                                                                                  | Mooi modern ogend geheel met een mooie afwerking, oppervlakten en verbindingen.<br>Juiste materiaalkeuze geeft een nettere afwerking. |

Tabel 6.1; Eisen en wensen.



## Deel II

### 7. Concepten

In dit hoofdstuk staan de concepten beschreven die zijn gemaakt als herontwerp voor het kuipframe. De concepten worden getoetst aan het eisen- en wensenpakket om een keuze voor het eindconcept te maken.

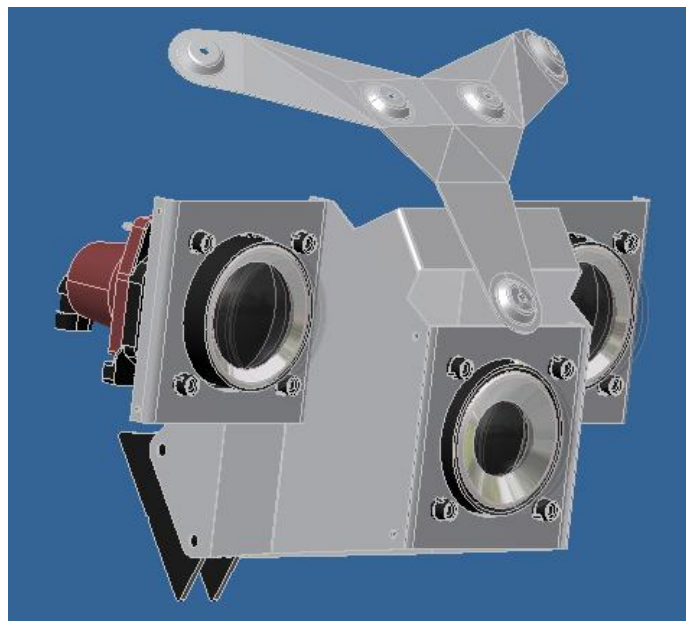
Zowel constructietechnisch als fabricage- en materiaaltechnisch zijn er verscheidene concepten. Eerst staan zij alle beschreven voordat zij getoetst worden aan de eisen en wensen. Aan het eind van ieder concept worden positieve en negatieve eigenschappen weergegeven die betrekking hebben op het herontwerp. Deze eigenschappen zijn gekoppeld aan de eisen en wensen om de keuze te onderbouwen.

Zoals eerder beschreven, zijn alle productfactoren van invloed op elkaar. Zo is bijvoorbeeld een constructieconcept geschikt voor meerdere fabricagetechnieken en materialen. Aan het eind van de besproken concepten is er een tabel opgezet om deze link overzichtelijk weer te geven.

#### 7.1 Constructie (vormgeving)

##### *Plaatframe met adapterplaten*

Dit concept is gebaseerd op een modulaire opbouw, dat wil zeggen dat alle onderdelen uit plaatwerk opgebouwd zijn en de koplamphouder allen hetzelfde van vorm zijn. Onderdelen zijn eenvoudig uit te wisselen en aan te passen aan andere specificaties. Figuur 7.1 geeft een modelschets hiervan weer.



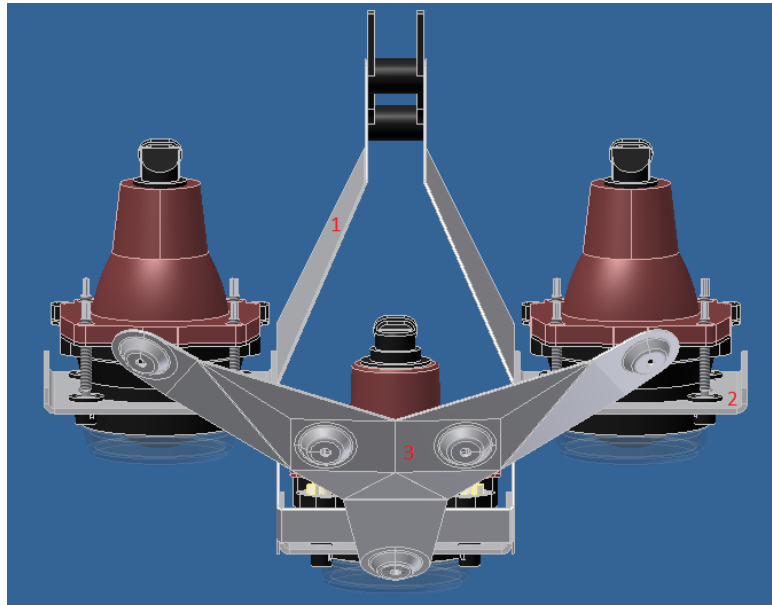


Fig. 7.1; plaatframe concept.

#### Positieve eigenschappen:

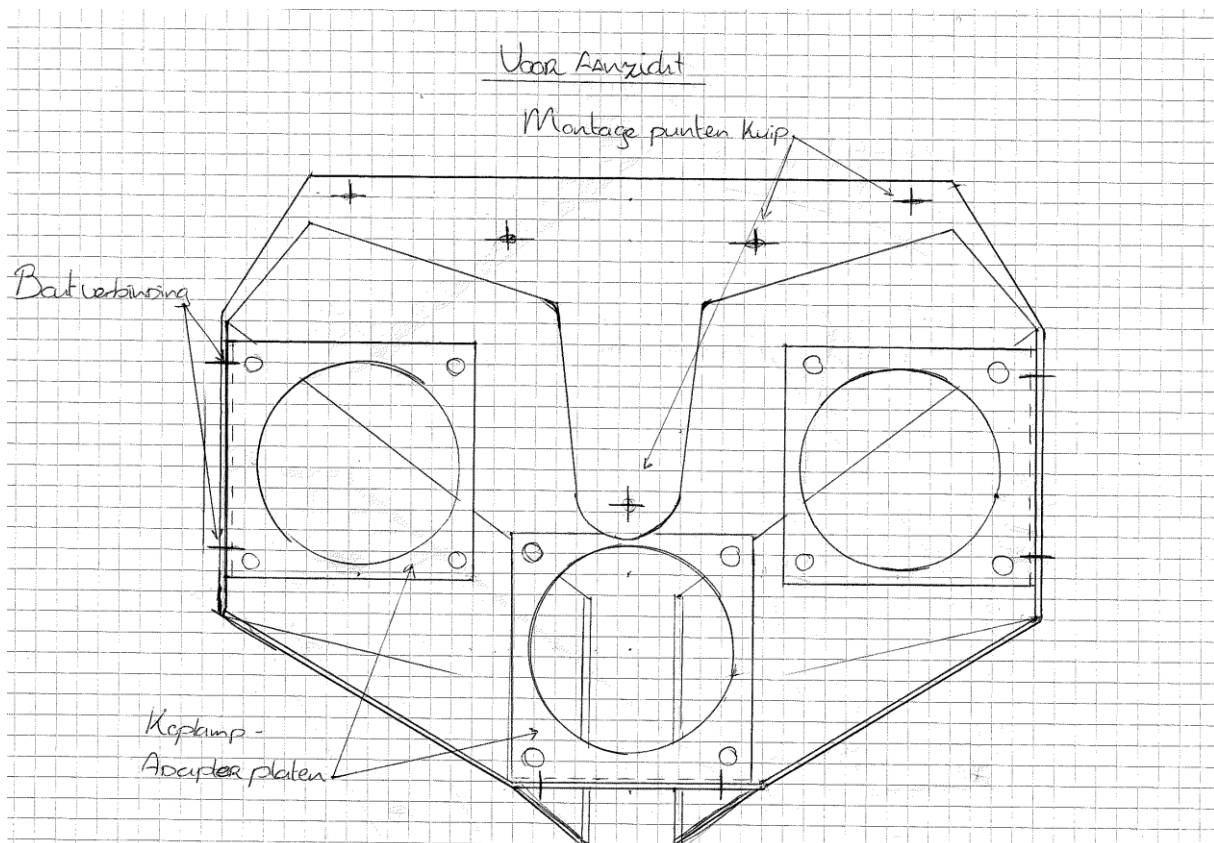
- Onderdelen zijn eenvoudig aan te passen.
  - *Wens: Mogelijkheid om het ontwerp nog aan te passen.*
- Goede bereikbaarheid van onderdelen, stekkers en stel mogelijkheden.
  - *Wens: Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montagedelen zo eenvoudig mogelijk bereikbaar. Het liefst van onderaf.*
  - *Wens: Koplampen eenvoudig verstelbaar.*
- Geen lasverbindingen nodig.
  - *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
  - *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.*

#### Negatieve eigenschappen:

- Moeilijk om eenvoudig voldoende stijfheid in de constructie te brengen.
  - *Eis: Het kuipframe dient niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.*
  - *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
- Relatief veel afzonderlijk te bewerken onderdelen.
  - *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
  - *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*
  - *Wens: Een zo eenvoudig mogelijke opbouw.*

### ***Uitwendig frame***

Dit concept is gebaseerd op een uitwendige constructie die zich vanaf het bevestigingspunt bij het balhoofd vormt tot een kader om de koplampen heen. Bevestigingspunten voor zowel de elektronische gasunit als de voorkuip worden gelijk meegenomen in deze constructie. Figuur 7.2 geeft een schets van het concept weer. Dit concept is opgeschetst als plaatwerk, maar leent zich met aanpassingen in het ontwerp meer voor giet- en perstechnieken dan een opbouw uit plaatmetaal, vanwege een relatief ingewikkelde constructie.



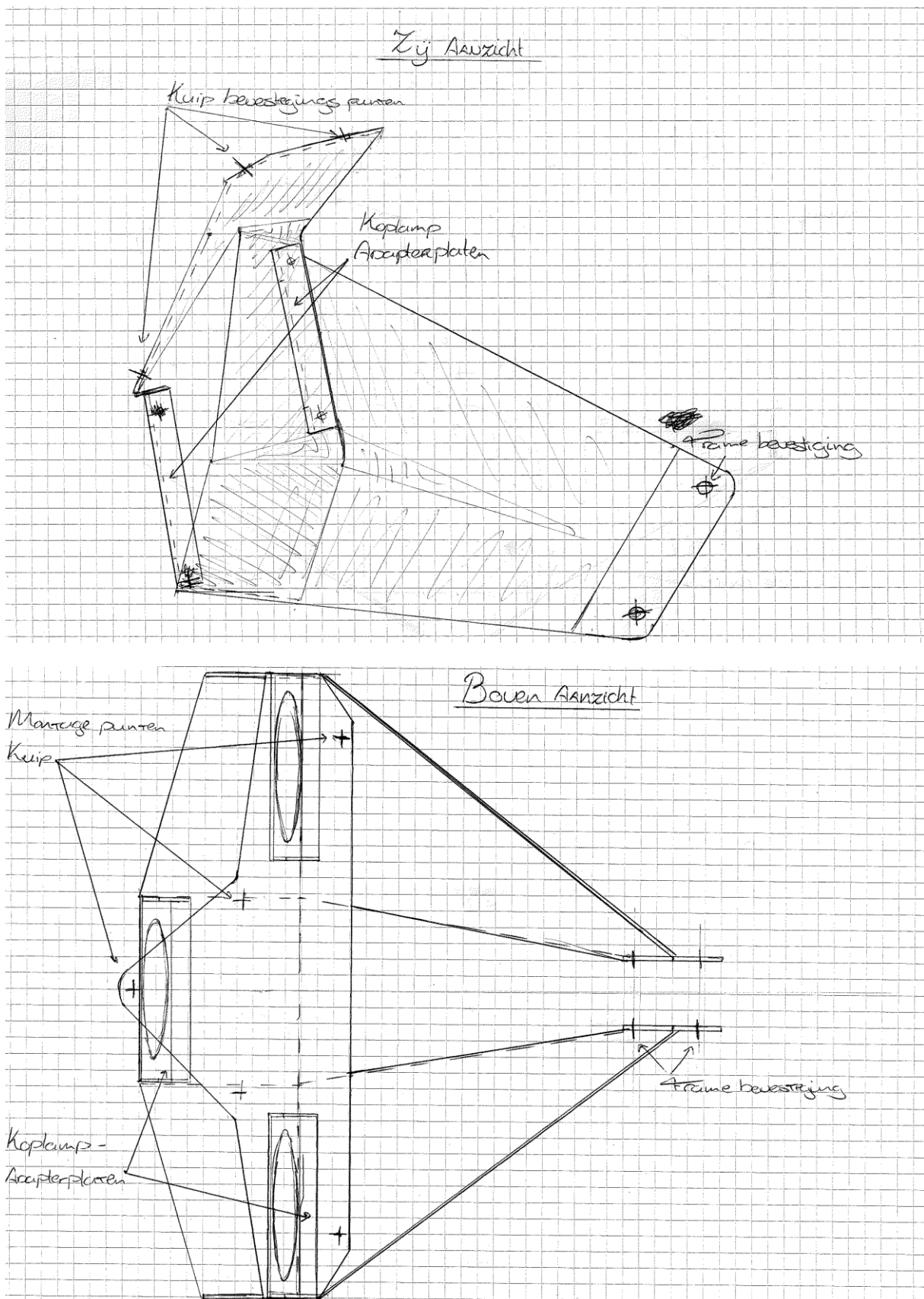


Fig. 7.2; Uitwendig frame concept.

Positieve eigenschappen:

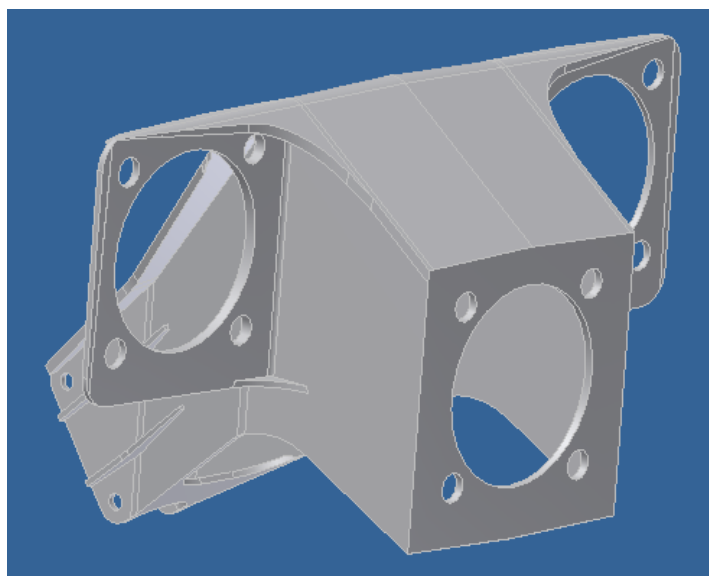
- Vanwege de boxvorm die tot de buitenste koplampen loopt, is het een stijve constructie.
  - *Eis: Het kuipframe dient niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.*
  - *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
- Goede bereikbaarheid van onderdelen, stekkers en stel mogelijkheden.
  - *Wens: Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montage delen zo eenvoudig mogelijk bereikbaar. Het liefst van onderaf.*
  - *Wens: Koplampen eenvoudig verstelbaar.*

Negatieve eigenschappen:

- De vorm is relatief moeilijk te verkrijgen in zowel giettechnieken als plaattechnieken.
  - *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
  - *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*
  - *Wens: Zo eenvoudig mogelijke opbouw.*
- Relatief grote constructie.
  - *Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*

**Hangframe**

Dit concept heeft veel overeenkomsten met het plaatwerk concept, maar heeft als groot verschil dat het van onder een grote uitsparing heeft om de bereikbaarheid van onderaf te vergemakkelijken. Hierdoor krijgt de constructie de vorm van een hangende boog. Zie Figuur 7.3 voor een modelschets. (De beugel voor de kuipbevestiging is niet weergegeven in de schets, maar dit is een enkel gietonderdeel dat direct op het voorste bovenvlak gebout wordt).



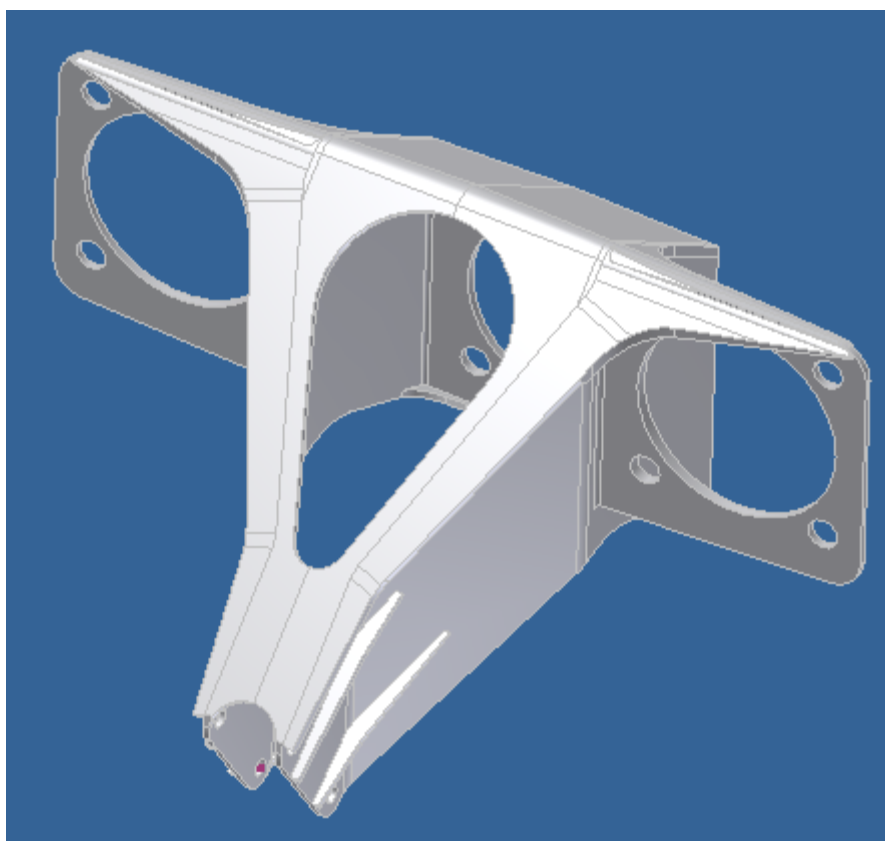
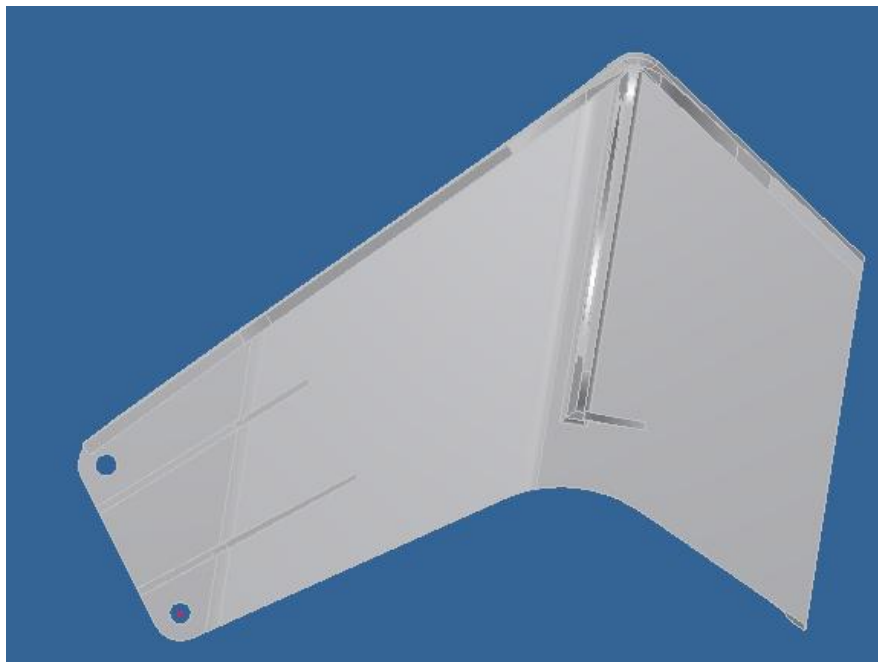


Fig. 7.3; Hangframe

Positieve eigenschappen:

- Vanwege de boxvorm makkelijk stijfheid mee te geven.
  - *Eis: Het kuipframe dient niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.*
  - *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
- Goede bereikbaarheid van onderdelen en stekkers vanwege de uitsparing onder.
  - *Wens: Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montagegedelen zo eenvoudig mogelijk bereikbaar. Het liefst van onderaf.*
- Opbouw uit relatief weinig onderdelen.
  - *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
  - *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*
  - *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van productie en montagefouten.*
  - *Wens: Zo eenvoudig mogelijke opbouw.*

Negatieve eigenschappen:

- Middelste koplamp moeilijker verstelbaar.
  - *Wens: Koplampen eenvoudig verstelbaar.*

## 7.2 Fabricage

Fabricage technisch zijn er een tal opties, dat in aanmerking komen om gebruikt te worden voor de productie van het kuipframe. Hieronder staan zij beschreven. (Kals, Buiting-Csikos, Luttervelt, Moulijn, Ponsen & Streppel, 2007).

### Plaatwerktechnieken

Deze technieken zijn geschikt om het kuipframe uit plaatwerk op te bouwen. Bij plaatwerk wordt er veelal een combinatie van deze technieken gebruikt om tot een eindproduct te komen.

#### Lasersnijden

Plaatwerk wordt computergestuurd uitgesneden door middel van een laser.

Positieve eigenschappen:

- Geautomatiseerd proces met een hoge snij nauwkeurigheid.
  - o *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.*

Negatieve eigenschappen:

- Heat Affected Zone (HAZ) vanwege de warmte inbreng door de laser, dit kan leiden tot plaatselijke verharding van het materiaal aan het snij oppervlak.

#### Watersnijden

Plaatwerk wordt computergestuurd uitgesneden door middel van een hoge druk waterstraal.

Positieve eigenschappen:

- Geautomatiseerd proces met een hoge snij nauwkeurigheid.
  - o *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.*
- Geschikt voor vele soorten materialen vanwege de afwezigheid van warmte inbreng.

Negatieve eigenschappen:

- Relatief duur snij proces vergelijken met lasersnijden.
  - o *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*

### **Zetten en buigen**

Het zetten van plaatmateriaal maakt het mogelijk om de plaat te vervormen over een rechte afstand. Buigen kan vergeleken worden met zetten, maar maakt het mogelijk om een grote radius aan te brengen.

Positieve eigenschappen:

- Veelgebruikte techniek om plaatmateriaal mee te vervormen.
  - o *Eis: Geschikt voor serie fabricage tussen de 200 en 500 stuks.*

Negatieve eigenschappen:

- Bewerking die veelal handmatig wordt uitgevoerd (bij kleine serie productie).
  - o *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
- Meerdere bewerkingen en handelingen nodig om tot een eindproduct te komen.
  - o *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
  - o *Wens: Zo eenvoudig mogelijke opbouw.*

### **Rubberpersen**

Rubberpersen is een perstechniek waarbij er gebruik wordt gemaakt van een enkelzijdige mal. Op deze mal wordt een metalen plaat gelegd, waarna een hydraulische cilinder een rubberblok op de plaat perst. Vanwege de hoge perskracht wordt de metalen plaat vervormd als de ondermal. Het rubberblok wordt namelijk elastisch vervormd aan de hand van de ondermal. Na het wegnemen van de perskracht, neemt het rubberblok zijn oorspronkelijke vorm weer in en is de plaat vervormd. Het grote voordeel van deze techniek zijn de lage gereedschapskosten vanwege het vervallen van een contramal die zeer kostbaar zijn. Dit is de reden waarom deze omvormtechniek geschikt kan zijn voor kleine serie productie tegenover een omvormtechniek als dieptrekken. ([www.phoenixmetaal.nl](http://www.phoenixmetaal.nl))

Positieve eigenschappen:

- Lage gereedschapskosten.
  - o *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*
- Grote vormvrijheid in plaatmetaal waardoor er eenvoudiger stijfheid mee te geven is aan de plaat door bijvoorbeeld ribben mee te persen.
  - o *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*

Negatieve eigenschappen:

- Meerdere bewerkingen en handelingen nodig om tot het eindproduct te komen.
  - o *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*
  - o *Wens: Zo eenvoudig mogelijke opbouw.*

## Giettechnieken

Gieten is een techniek waarbij er een zeer hoge vormvrijheid met metaal verkregen kan worden. Binnen het gieten bestaan er vele varianten in technieken. Vanwege de kleine serie oplage waarin het kuipframe vervaardigd zal worden zijn veel van deze technieken te duur, vanwege hoge kosten die gietmallen met zich meebrengen. Er zijn twee giettechnieken die in aanmerking komen vanwege de lagere investeringskosten in gietmallen.

### Zandgieten

Zandgieten is een eeuwenoude techniek waarbij het te gieten product eenmaal vervaardigd wordt als positieve mal. Deze mal wordt gebruikt om is speciaal gietzand een negatieve mal te drukken. Na het wegnemen van de positieve mal kan er nog gebruik worden gemaakt van kernen en meerdelige mallen om ingewikkelde vormen te gieten. De gesloten zandmal wordt gevuld met vloeibaar metaal, waarna het zand weggenomen kan worden als het metaal gestold en voldoende afgekoeld is.

Positieve eigenschappen:

- Veel gebruikte conventionele techniek.
- Complexe vormen mogelijk / hoge vormvrijheid.
  - *Wens: Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.*
  - *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
  - *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*

Negatieve eigenschappen:

- Voor een giettechniek een ruwe afwerking met relatief gezien dikke wanddiktes.
  - *Wens: Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*

### CAD/CAST gieten

CAD/CAST gieten kan vergelijken worden met zandgieten en is eigenlijk een variant hierop. Het grote verschil is de manier waarop de positieve mal verkregen wordt. Bij het oorspronkelijke zandgieten is dit veelal een mal die verkregen is via verspanende technieken. De naam CAD zegt het al; De mal wordt verkregen door hem via een 3Dmodel in de computer 3D uit te printen. De negatieve mal kan direct geprint worden waardoor zeer ingewikkelde vormen mogelijk zijn. Er is ook een combinatie mogelijk tussen het direct printen van de negatieve mal en maken van een positief wasmodel. Deze techniek is met name zeer geschikt voor prototypebouw. ([www.verdult.nl](http://www.verdult.nl))

Positieve eigenschappen:

- Complexe vormen mogelijk / hoge vormvrijheid.
  - o *Wens: Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.*
  - o *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
  - o *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*

Negatieve eigenschappen:

- Zeer weinig gebruikte techniek die vooral geschikt is voor kleine serie en enkel stuks oplage.
  - o *Geschikt voor serie fabricage tussen de 200 en 500 stuks.*
  - o *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*

### **Vezelversterkte kunststof**

De eerdergenoemde technieken zijn allen bedoeld voor fabricage uit metalen. Wanneer het kuipframe uit een kunststof vervaardigd moet worden zal hier een andere techniek voor toegepast moeten worden.

#### ***Reaction Injection Moulding (RIM)***

Als er gekeken wordt naar (vezelversterkte) kunststof verwerkingstechnieken valt het op dat veel technieken of geschikt zijn voor enkel stuks tot zeer kleine series of relatief grote producten of massafabricage. Dit heeft te maken met de hoeveelheid handwerk die bij enkel stuks komt kijken of hoge investeringskosten in mallen bij massafabricage. Een techniek die geschikt kan zijn om dit relatief gezien ingewikkeld van vorm kuipframe uit een composiet te vervaardigen is Reaction Injection Moulding.

Bij deze techniek worden twee reactieve componenten vanuit verschillende vaten in een gesloten matrijsholte gespoten. In de matrijs reageren ze met elkaar, waarna uitharding volgt. Het is bij deze techniek mogelijk om zowel korte vezels als vulstoffen mee te spuiten. De techniek wordt dan aangeduid als RRIM (Reinforced RIM). Daarnaast kunnen van tevoren versterkingsmaterialen worden aangebracht in de matrijs. De toegepaste materialen zijn voornamelijk poly-urethaan (PUR) en nylon (NYRIM). *Bron: [www.vkcn.nl](http://www.vkcn.nl)*

Zeer waarschijnlijk zal het vervaardigen van onderdelen met deze techniek niet snel gebruikt worden in de Track T-800 CDI motorfiets. Wanneer de productieaantallen toenemen, kunnen technieken als Reaction Injection Moulding zeer interessant zijn voor meerdere soorten componenten. Een zeer hoge vormvrijheid is mogelijk bij een lage soortelijke massa. Soortgelijke technieken als SMC en BMC worden al veel als massafabricage in de automobiellindustrie gebruikt, waarbij zeer korte cyclustijden mogelijk zijn bij relatief complexe onderdelen.

Positieve aspecten:

- Hoge vormvrijheid
  - *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*
  - *Wens: Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.*
  - *Zo eenvoudig mogelijke opbouw.*
- Zeer stijve producten mogelijk bij een lage massa.
  - *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
  - *Wens: Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*

Negatieve eigenschappen:

- Aanzienlijke investeringskosten vergelijken met traditionele methodes als zandgieten.
  - *Eis: De productie- en montagekosten mogen niet boven de productiekosten van het huidig kuipframe komen.*
- Productie en nabewerking zijn minder conventioneel. Grotere stap voor het bedrijf om deze techniek te gaan gebruiken.
  - *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.*
  - *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van montagefouten.*
  - *Brengt altijd extra kosten met zich mee.*

## 7.3 Materialen

Er zijn meerdere mogelijkheden binnen de materialen om het kuipframe uit te vervaardigen. Degene die in aanmerking komen worden hier kort besproken. Binnen een materiaal zijn er nog vele legeringen en varianten mogelijk, maar deze komen pas aan bod wanneer het hoofdmateriaal gekozen is en het eindconcept verder uitgewerkt kan worden.

### ***Staal***

Staal is een metaal dat voor zeer veel toepassingen gebruikt wordt en is niet meer weg te denken uit de hedendaagse samenleving. Wel wordt staal steeds vaker vervangen voor andere metaal legeringen of kunststoffen en composieten.

Positieve eigenschappen:

- Zeer veel toegepast materiaal.
  - *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.*
  - *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van montagefouten.*

Negatieve eigenschappen:

- Heeft een oppervlaktebehandeling nodig om corrosiebestendig te zijn.
  - *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*
- Relatief hoge specifieke dichtheid (al betekent dit niet direct dat er geen lichtgewicht constructies van een hoge sterkte en/of stijfheid mee verkregen kunnen worden, maar giettechnieken zullen hierdoor afvallen).
  - *Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*

## Aluminium

Aluminium is een metaal met een relatief lage specifieke dichtheid tegenover staal. Al is het een metaal dat op gewichtseenheid wel een stuk kostbaarder is dan staal. Aluminium is een metaal dat hedendaags zeer veel toegepast wordt in vele branches en zo ook de motorindustrie. Lichtgewicht onderdelen van hoge sterkte en /of stijfheid zijn er mee te verkrijgen zonder de toepassing van veel dure en ingewikkelde technieken.

Positieve eigenschappen:

- Relatief lage specifieke dichtheid.
  - *Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*
- Passieve oxidehuid die er voor zorgt dat veel aluminiumlegeringen van nature corrosiebestendig zijn.
  - *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*

Negatieve eigenschappen

- Gevoelig voor scheurvorming.
  - *Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
- Zachter materiaal dan staal en daardoor gevoeliger voor oppervlaktebeschadigingen.

## Roestvast staal

Roestvast staal ook wel rvs is over het algemeen te vergelijken met staal, maar door de toevoeging van legeringen als Chroom biedt het de nodige weerstand tegen corrosie. Rvs is over het algemeen een duurder materiaal in gewichtseenheid dan staal en ook de productiekosten liggen veelal hoger. Hier in tegen leent rvs zich wel uitstekend voor omvormtechnieken als rubberpersen vanwege zijn hoge taatheid waardoor grote plastische rekken mogelijk zijn zonder scheurvorming.

Positieve eigenschappen:

- Grotendeels corrosie bestendig.
- Grote vervorming mogelijk.
  - *Eis: Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.*

Negatieve eigenschappen:

- Hoge prijs/kilo verhouding.
  - *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*
- Hoge verwerkingskosten.
  - *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*

## Magnesium

Magnesium is een metaal dat niet in de hoeveelheden toegepast wordt als staal en aluminium, maar vanwege zijn specifieke gunstige eigenschappen wel in opkomst is in branches als bijvoorbeeld de automobiellindustrie. Vanwege zijn uitstekende gieteigenschappen zou magnesium een geschikt materiaal kunnen zijn voor het kuipframe.

Positieve eigenschappen:

- Zeer hoge vormvrijheid, complexe vormen en dunne wanddiktes mogelijk bij gieten.
  - o *Wens: Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.*
  - o *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*
- Zeer lage specifieke dichtheid ( $1740 \text{ kg/m}^3$ ).
  - o *Wens: Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*

Negatieve eigenschappen:

- Weinig bedrijven die magnesium verwerken.
  - o *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*
- Duurdere nabewerking omdat het sterk corrosief is met een hoge kans op zelfontbranding.
  - o *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*

## Composieten

Composieten is een materiaal dat al vele jaren oud is, maar pas de laatste jaren steeds meer gebruikt wordt voor vele toepassingen. Vanwege de combinatie van hars en vezels zijn er vele mogelijkheden binnen de composieten. Door te 'spelen' met het soort vezel, hars, vezelrichting of vezelvolumefractie kunnen er vele eigenschappen zeer specifiek aan het materiaal meegegeven worden. Hierdoor zijn er lichtgewicht constructies mogelijk die meerdere eigenschappen kunnen hebben, zoals een hoge stijfheid, goede crashabsorptie of goed bestand tegen weersinvloeden. (Bron: [www.vkcn.nl](http://www.vkcn.nl))

Positieve eigenschappen:

- Specifieke eigenschappen mee te geven die van toepassing zijn op het gewenste product.
  - o *Wens: Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.*
- Hoge vormvrijheid.
  - o *Eis: Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden.*
- Lichtgewicht onderdelen mogelijk met een hoge stijfheid en/of sterkte.
  - o *Wens: Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.*

Negatieve eigenschappen:

- Relatief dure verwerkingstechnieken.
  - o *Eis: De productie- en montagekosten mogen niet boven de productiekosten van het huidig kuipframe komen.*
- Niet zo conventioneel materiaal als metalen en vraagt om hoge zorgvuldigheid bij het verwerken en bewerken ervan.
  - o *Wens: Zo ver mogelijk uitbannen van montage- en productiefouten.*
  - o *Wens: De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.*

## 7.4 Conceptmogelijkheden

Tabel 7.1 geeft de relatiemogelijkheden weer tussen de verschillende productfactoren.

| Kruistabel conceptmogelijkheden |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
|---------------------------------|-----------------|------------|-----------------|-----------|-------------------|-----------------|------------|-----------------|-----|-----------|-------|-----------|-----|-----------|-------------|
| Constructievorm                 |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Plaatframe                      |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Uitwendig frame                 |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Hangframe                       |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Productietechniek               |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Plaattechnieken                 |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Zandgieten                      |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| CAD/CAST gieten                 |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| RIM                             |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Materiaal                       |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Staal                           |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Aluminium                       |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Rvs                             |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Magnesium                       |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
| Composieten                     |                 |            |                 |           |                   |                 |            |                 |     |           |       |           |     |           |             |
|                                 | Constructievorm | Plaatframe | Uitwendig frame | Hangframe | Productietechniek | Plaattechnieken | Zandgieten | CAD/CAST gieten | RIM | Materiaal | Staal | Aluminium | Rvs | Magnesium | Composieten |

Tabel 7.1; Relatiemogelijkheden tussen productfactoren: Rood = niet mogelijk, Geel = mogelijk – niet optimaal, Groen = goed mogelijk.

Deze tabel levert een conclusie van de conceptmogelijkheden. De link wordt gelegd tussen mogelijke combinaties van; vormgeving, productietechniek en materialen. Tevens is er eenvoudig te zien welke combinaties afvallen of niet optimaal zijn.

## 8. Conceptkeuze

Om tot een volledige conceptkeuze te komen wordt er bij ieder aspect dus zowel constructie- als productie- als materiaaltechnisch gekeken naar de meest ideale optie. De concepten worden getoetst aan het pakket van eisen en wensen om de meest ideale optie te kiezen. Aan de eisen dienen zij te voldoen en de wensen functioneren als keuze criteria waarvoor de volgende punten zijn te behalen:

0 = voldoet niet

1 = voldoet, maar niet optimaal

2 = voldoet

3 = voldoet optimaal

Na de afzonderlijke keuzes kan er aan de hand van tabel 7.1 in het voorafgaande hoofdstuk gekeken worden of deze relatie tussen de productfactoren mogelijk is.

## 8.1 Constructiekeuze

Keuzetabel 8.1 geeft de constructiekeuze weer.

| Constructievorm concepten                                                                                                                 | Plaatframe | Uitwendig frame | Hangframe |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------|
| <i>Eisen</i>                                                                                                                              |            |                 |           |
| Koplampen blijven op dezelfde plek                                                                                                        | ja         | ja              | ja        |
| De vorm van de kuip blijft onveranderd, wel mag er in gesneden worden.                                                                    | ja         | ja              | ja        |
| De elektronische gasunit moet aan het subframe gemonteerd blijven.                                                                        | ja         | ja              | ja        |
| De bevestigingspunten aan de kuip blijven ongewijzigd, wel komt er een bevestigingspunt bij.                                              | ja         | ja              | ja        |
| Geschikt voor serie fabricage tussen de 200 en 500 stuks.                                                                                 | ja         | ja              | ja        |
| Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.                                                                               | ja         | ja              | ja        |
| De productie- en montagekosten mogen niet boven de productiekosten van het huidig kuipframe komen.                                        | ja         | ja              | ja        |
| Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden. | ja         | ja              | ja        |
| Het kuipframe dient niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.                                                                        | ja         | ja              | ja        |
| Kuipframe geschikt voor montage van Hella koplampen.                                                                                      | ja         | ja              | ja        |
| <b><i>voldoet/voldoet niet</i></b>                                                                                                        | voldoet    | voldoet         | voldoet   |

| <i>Wensen</i>                                                                                                                | Plaatframe | Uitwendig frame | Hangframe |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------|-----------|
| Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montagedelen zo eenvoudig mogelijk bereikbaar. Het liefst van onderaf.    | 2          | 2               | 3         |
| Koplampen eenvoudig verstelbaar.                                                                                             | 3          | 2               | 2         |
| Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.   | 2          | 1               | 2         |
| Koplampen uitwisselbaar, denk aan een adapterplaat waardoor er eenvoudig gewisseld kan worden tussen verscheidene koplampen. | 3          | 3               | 0         |
| Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.                                                                      | 2          | 1               | 2         |
| Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.                                                                               | 2          | 1               | 3         |
| Zo ver mogelijk uitbannen van montagefouten.                                                                                 | 2          | 2               | 3         |
| De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.                                                                             | 2          | 2               | 2         |
| Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.                                                 | 1          | 2               | 3         |
| Mogelijkheid om het ontwerp nog aan te passen.                                                                               | 1          | 1               | 1         |
| Zo eenvoudig mogelijke opbouw.                                                                                               | 2          | 1               | 3         |
| Esthetisch mooi ontwerp.                                                                                                     | 2          | 1               | 3         |
| <b><i>totaal</i></b>                                                                                                         | <b>24</b>  | <b>19</b>       | <b>27</b> |

Tabel 8.1; Keuzetabel constructievorm keuze.

## Conclusie

Als constructievorm voldoet het hangframe het beste aan de keuzecriteria. Een groot voordeel van dit constructieconcept is dat de opbouw uit relatief weinig afzonderlijke onderdelen bestaat, waarbij er gemakkelijk stijfheid meegegeven kan worden vanwege de basisvorm van de constructie. Dit zorgt op zijn beurt weer voor een afname in de kans op productie- en montagefouten en een kostenbesparend ontwerp.

## 8.2 Productietechnische keuze

Keuzetabel 8.2 geeft de productietechnische keuze weer.

| Productietechnische concepten                                                                                                             | Plaatwerk       | Zandgieten | CAD/CAST<br>gieten | RIM             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|--------------------|-----------------|
| <i>Eisen</i>                                                                                                                              |                 |            |                    |                 |
| Koplampen blijven op dezelfde plek.                                                                                                       | n.v.t.          | n.v.t.     | n.v.t.             | n.v.t.          |
| De vorm van de kuip blijft onveranderd, wel mag er in gesneden worden.                                                                    | n.v.t.          | n.v.t.     | n.v.t.             | n.v.t.          |
| De elektronische gasunit moet aan het subframe gemonteerd blijven.                                                                        | n.v.t.          | n.v.t.     | n.v.t.             | n.v.t.          |
| De bevestigingspunten aan de kuip blijven ongewijzigd, wel komt er een bevestigingspunt bij.                                              | n.v.t.          | n.v.t.     | n.v.t.             | n.v.t.          |
| Geschikt voor serie fabricage tussen de 200 en 500 stuks.                                                                                 | ja              | ja         | ja                 | ja              |
| Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.                                                                               | ja              | ja         | ja                 | ja              |
| De productie- en montagekosten mogen niet boven de productiekosten van het huidig kuipframe komen.                                        | ja              | ja         | ja                 | nee*            |
| Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden. | nee             | ja         | ja                 | ja              |
| Het kuipframe dient niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.                                                                        | ja              | ja         | ja                 | ja              |
| Kuipframe geschikt voor montage van Hella koplampen.                                                                                      | n.v.t.          | n.v.t.     | n.v.t.             | n.v.t.          |
| <b>voldoet/voldoet niet</b>                                                                                                               | voldoet<br>niet | voldoet    | voldoet            | voldoet<br>niet |

\* Investeringskosten zijn te hoog om in deze techniek te stappen.

| <i>Wensen</i>                                                                                                                | Plaatwerk | Zandgieten | CAD/CAST gieten | RIM    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----------------|--------|
| Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montagedelen zo eenvoudig mogelijk bereikbaar. Het liefst van onderaf.    | n.v.t.    | n.v.t.     | n.v.t.          | n.v.t. |
| Koplampen eenvoudig verstelbaar.                                                                                             | n.v.t.    | n.v.t.     | n.v.t.          | n.v.t. |
| Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.   | 2         | 2          | 2               | 3      |
| Koplampen uitwisselbaar, denk aan een adapterplaat waardoor er eenvoudig gewisseld kan worden tussen verscheidene koplampen. | n.v.t.    | n.v.t.     | n.v.t.          | n.v.t. |
| Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.                                                                      | 2         | 3          | 3               | 2      |
| Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.                                                                               | 1         | 3          | 3               | 1      |
| Zo ver mogelijk uitbannen van montagefouten.                                                                                 | 2         | 3          | 3               | 2      |
| De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.                                                                             | 2         | 3          | 2               | 1      |
| Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.                                                 | 1         | 3          | 3               | 3      |
| Mogelijkheid om het ontwerp nog aan te passen.                                                                               | 2         | 2          | 3               | 1      |
| Zo eenvoudig mogelijke opbouw.                                                                                               | 1         | 2          | 2               | 2      |
| Esthetisch mooi ontwerp.                                                                                                     | 1         | 2          | 2               | 3      |
| <i>totaal</i>                                                                                                                | 14        | 23         | 23              | 18     |

Tabel 8.2; Keuzetabel productietechnische keuze.

## Conclusie

Wanneer er naar de eisen gekeken wordt, zal een opbouw uit plaatwerk niet snel eenvoudiger zijn dan het huidige kuipframe. Giettechnieken maken het daarentegen mogelijk, dat er een eenvoudig geheel uit zo min mogelijk losse componenten vervaardigd wordt. Stijfheid is hierbij al vanuit de basisvorm goed mee te geven aan het geheel vanwege de ronde vormen. Zowel zandgieten als CAD/CAST gieten zijn beide een interessante overweging, zij komen namelijk beide op 23 punten uit, maar de keuze gaat hierbij uit naar zandgieten. CAD/CAST gieten is een techniek die door zeer weinig bedrijven toegepast wordt. Voor de productie van de Track T-800 CDI bij EVA products B.V. betekent dit een groot risico. De productie van het kuipframe zal namelijk volledig afhangen van het bedrijf dat over deze techniek beschikt.

### 8.3 Materiaaltechnische keuze

Keuzetabel 8.3 geeft de materiaaltechnische keuze weer.

| Materiaaltechnische concepten                                                                                                             | Staal   | Alu-minium | Rvs     | Mag-nesium | Com-posiet |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------|---------|------------|------------|
| <i>Eisen</i>                                                                                                                              |         |            |         |            |            |
| Koplampen blijven op dezelfde plek                                                                                                        | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| De vorm van de kuip blijft onveranderd, wel mag er in gesneden worden.                                                                    | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| De elektronische gasunit moet aan het subframe gemonteerd blijven.                                                                        | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| De bevestigingspunten aan de kuip blijven ongewijzigd, wel komt er een bevestigingspunt bij.                                              | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| Geschikt voor serie fabricage tussen de 200 en 500 stuks.                                                                                 | ja      | ja         | ja      | ja         | ja         |
| Huidige voorkomende fabricagefouten moeten vermeden worden.                                                                               | ja      | ja         | ja      | ja         | ja         |
| De productie- en montagekosten mogen niet boven de productiekosten van het huidig kuipframe komen.                                        | ja      | ja         | ja      | ja         | ja         |
| Het herontwerp dient eenvoudiger qua opbouw te zijn dan het huidige kuipframe, dit betekent minder onderdelen, montage plekken, lasnaden. | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| Het kuipframe dient niet onnodig te vibreren onder motorvibraties.                                                                        | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| Kuipframe geschikt voor montage van Hella koplampen.                                                                                      | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.  | n.v.t.     | n.v.t.     |
| <b>voldoet/voldoet niet</b>                                                                                                               | voldoet | voldoet    | voldoet | voldoet    | voldoet    |

| <i>Wensen</i>                                                                                                                | Staal  | Alu-<br>minium | Rvs    | Mag-<br>nesium | Com-<br>posiet |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------|--------|----------------|----------------|
| Stekkers, elektronische gasunit en overige stel of montagedelen zo eenvoudig mogelijk bereikbaar. Het liefst van onderaf.    | n.v.t. | n.v.t.         | n.v.t. | n.v.t.         | n.v.t.         |
| Koplampen eenvoudig verstelbaar.                                                                                             | n.v.t. | n.v.t.         | n.v.t. | n.v.t.         | n.v.t.         |
| Het gewicht dient zo laag mogelijk te zijn, dit houdt in ongeveer gelijk aan het huidige kuipframe en bij voorkeur minder.   | 1      | 2              | 1      | 3              | 3              |
| Koplampen uitwisselbaar, denk aan een adapterplaat waardoor er eenvoudig gewisseld kan worden tussen verscheidene koplampen. | n.v.t. | n.v.t.         | n.v.t. | n.v.t.         | n.v.t.         |
| Gemakkelijk te integreren van de elektronische gasunit.                                                                      | 1      | 2              | 1      | 3              | 3              |
| Zo ver mogelijk uitbannen van productiefouten.                                                                               | 2      | 2              | 2      | 2              | 2              |
| Zo ver mogelijk uitbannen van montagefouten.                                                                                 | 2      | 2              | 2      | 2              | 1              |
| De productie- en montagekosten zo laag mogelijk.                                                                             | 3      | 3              | 1      | 1              | 1              |
| Stijve constructie die niet onnodig vibreert en bestand is tegen vermoeiing.                                                 | 2      | 2              | 2      | 2              | 2              |
| Mogelijkheid om het ontwerp nog aan te passen.                                                                               | 2      | 2              | 2      | 2              | 1              |
| Zo eenvoudig mogelijke opbouw.                                                                                               | 2      | 2              | 2      | 2              | 1              |
| Esthetisch mooi ontwerp.                                                                                                     | 1      | 2              | 2      | 3              | 2              |
| <b><i>totaal</i></b>                                                                                                         | 16     | 19             | 15     | 20             | 16             |

Tabel 8.3; Keuzetabel materiaaltechnische keuze.

## Conclusie

Aan de hand van de keuzecriteria kan er geconcludeerd worden dat aluminium en magnesium geschikte materialen zijn om het kuipframe uit te vervaardigen. Hierbij is wel rekening gehouden met de mogelijkheid van gieten. Magnesium is een metaal met eigenschappen als zeer goed gietbaar en een lage specifieke dichtheid, die van toepassing zijn op het kuipframe. Het nadeel van magnesium is dat de productiekosten hoger liggen dan die van aluminium en dat er aanzienlijk minder gieterijen zijn die magnesium verwerken. Hierbij speelt dezelfde factor als bij de keuze in de productietechniek, dat de voorkeur gaat naar een materiaal dat veel toegepast wordt en verwerkt wordt door een aanzienlijk aantal bedrijven. Dit zorgt voor lagere productiekosten met minder risico's voor het bedrijf.



## Deel III

---

### 9. Eindconcept

Aan de hand van de concepten en keuzetabellen is er gekozen voor een aluminium gietmodel die qua constructievorm op het hangframe lijkt. Dit concept dient zo ontworpen te worden dat hij geschikt is om via zandgieten verkregen te worden. Gedurende de opbouw van het 3D model is het van belang dat er rekening wordt gehouden met de volgende technische aspecten:

- Ontwerpen van voldoende stijfheid en sterkte.
- Ontwerpen tegen vermoeiing.
- Gietoptimalisatie.

Voordat er verder ingegaan wordt op deze punten, wordt het 3D model eerst nader besproken.

## 9.1 3D model

Het 3D model van het kuipframe is gemodelleerd in Autodesk Inventor Professional 2010. In dit hoofdstuk worden enige aspecten van het model nader toegelicht. Het totaal van de afbeeldingen is terug te vinden in de bijlage. De constructie van het kuipframe bestaat hoofdzakelijk uit drie delen:

- Linker hoofddeel;
- Rechter hoofddeel;
- Kuipdrager.

Het linker- en rechter hoofddeel zijn nagenoeg identiek aan elkaar. Het enige verschil is dat het rechter hoofddeel voorzien is van bevestigingspunten voor de elektronische gasunit. Het rechterdeel is bij de vier verbindingpunten van de twee hoofd delen voorzien van doorlopende gaten en het linkerdeel is voorzien van schroefdraad. Twee van de vier verbindingpunten zijn voorzien van pasbussen, zie hiervoor Figuur 9.1. Dit om uitlijning te garanderen en sterkte en stijfheid van het geheel te verbeteren.

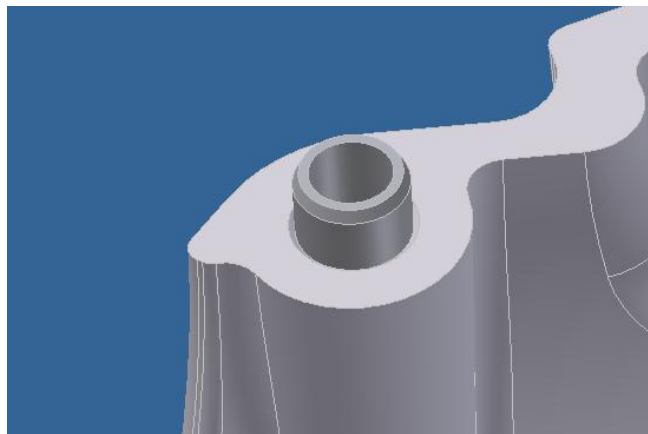


Fig. 9.1; Pasbus in pasvlak van boutverbinding.

Één van de verbindingpunten dient tevens als één van de twee bevestigingspunten voor de elektronische gasunit, zie Figuur 9.2.

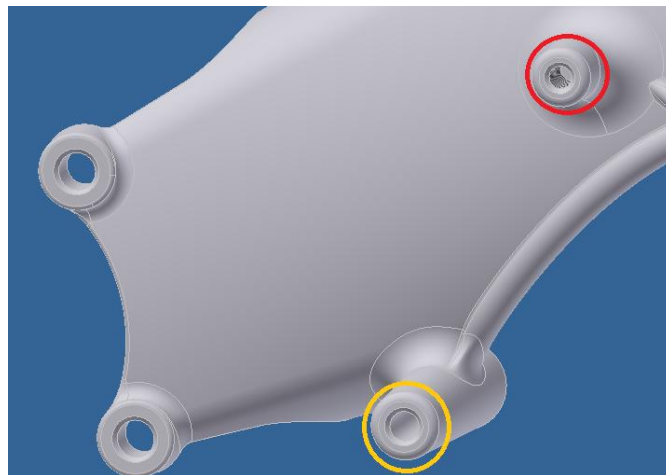


Fig. 9.2; Geel = bevestigingspunt elektronische gasunit en tevens verbindingpunt linker en rechter hoofddeel. Rood = 2<sup>e</sup> bevestigingspunt elektronische gasunit.

Om een goede bereikbaarheid van de middelste koplamp te bewerkstelligen is het kuipframe voorzien van een uitsparing aan de onderzijde. De rand is voorzien van een verdikking om spanning te verminderen zie Figuur 9.3.

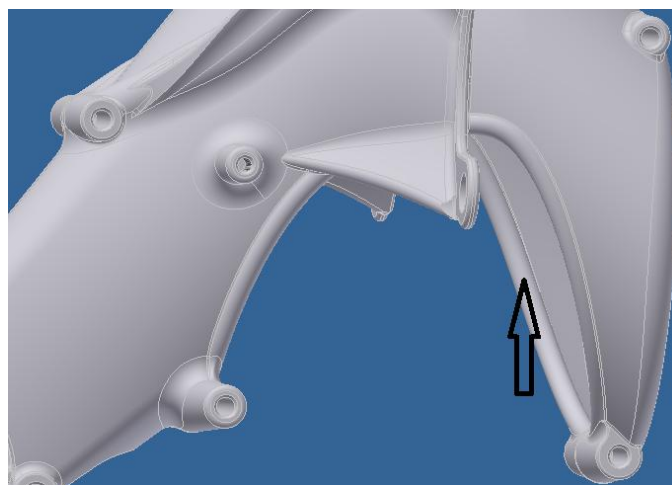


Fig. 9.3; Verdikking aan de rand van de uitsparing.

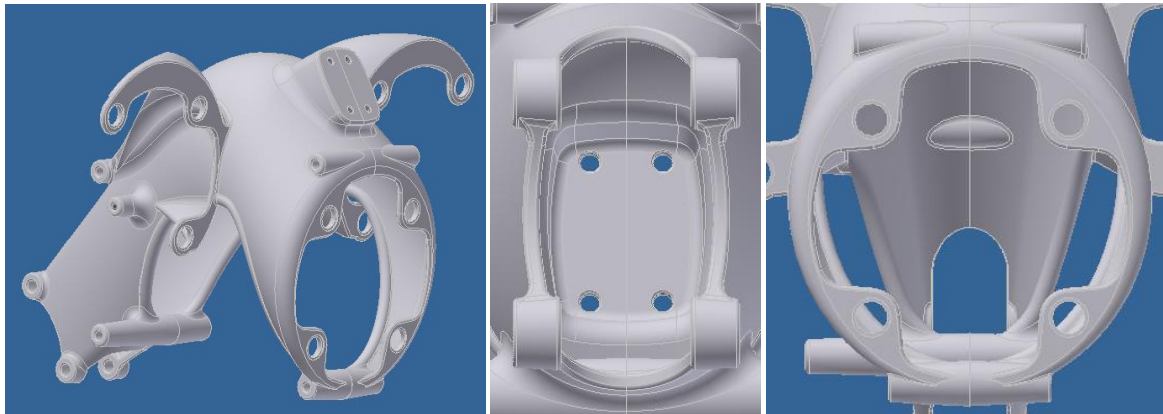


Fig.9.4; Verloop van de doorsnede van de hoofdvorm.

De hoofdvorm van het kuipframe is opgebouwd uit een doorhangende buis. In Figuur 9.4 is de hoofdvorm goed te zien. De doorsnede verloopt vanaf een ovale vorm bij het uiteinde bij het balhoofd met een toenemend diameter tot een ronde vorm bij het uiteinde bij de koplamp. De constructievorm van de grootlichten aan de buitenzijde zijn ook op deze manier opgebouwd, alleen is er hier veel overbodig materiaal weggelaten waardoor er minder van deze vorm te zien is.

De middelste koplamp wordt met alle vier zijn bevestigingspunten vast gemonteerd. De twee lampen aan de buitenzijde worden daarentegen met drie bevestigingspunten vast gemonteerd. De reden hiervoor is, dat dit giet-technisch voordelen geeft. Het vierde bevestigingspunt is vanwege zijn grote afstand tot de rest van de constructie moeilijk te verwezenlijken met zandgieten. Het weglaten van dit vierde bevestigingspunt levert overigens geen problemen op. Hij is nog steeds te verstellen via drie punten. Het bestaande ontwerp werkt overigens ook met dit systeem.

De bevestigingspunten voor de voorkuip zijn verwerkt in een afzonderlijk onderdeel *de kuipdrager*, omdat deze giet-technisch zeer moeilijk te integreren zijn in de hoofddelen. Dit vanwege de grote afstand naar de hoofdconstructie. De kuipdrager wordt doormiddel van vier M6 imbus bouten vastgeschroefd aan de hoofdconstructie welke is voorzien van vier gaten met inwendig M6 schroefdraad. Figuur 9.5 laat het bevestigingspunt zien.

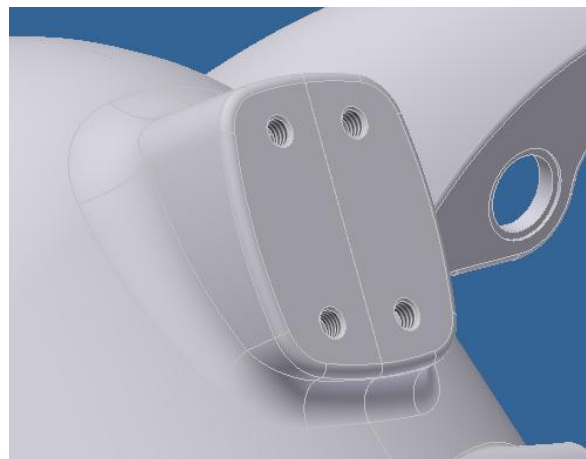


Fig. 9.5; Bevestigingspunten t.b.v. de kuipdrager.

De kuipdrager is zelf afgebeeld in Figuur 9.6, dit is als het ware een vleugel welke vastgeschroefd wordt aan de hoofdconstructie. De kuipdrager is ter hoogte van de vijf kuipbevestigingspunten voorzien van een verhoging met een gat met inwendig M6 schroefdraad. Deze plaatselijke verhoging zorgt ervoor dat de kuipdrager alleen draagt bij de bevestigingspunten en niet in de weg zit voor de rest van de voorkuip. Tevens zitten de bovenzijden van deze verhogingen onder de juiste hoek ten opzichte van de voorkuip, wat niet het geval is voor de rest van de kuipdrager. De rand van de kuipdrager is verhoogd om de stijfheid te verhogen.



Fig. 9.6; Kuipdrager.

Figuur 9.7 geeft een totaal beeld van het kuipframe zonder de gemonteerde onderdelen en Figuur 9.8 met de gemonteerde onderdelen (exclusief de voorkuip). Meer afbeeldingen van het 3D model zijn te vinden in de bijlagen.



Fig. 9.7; Kuipframe

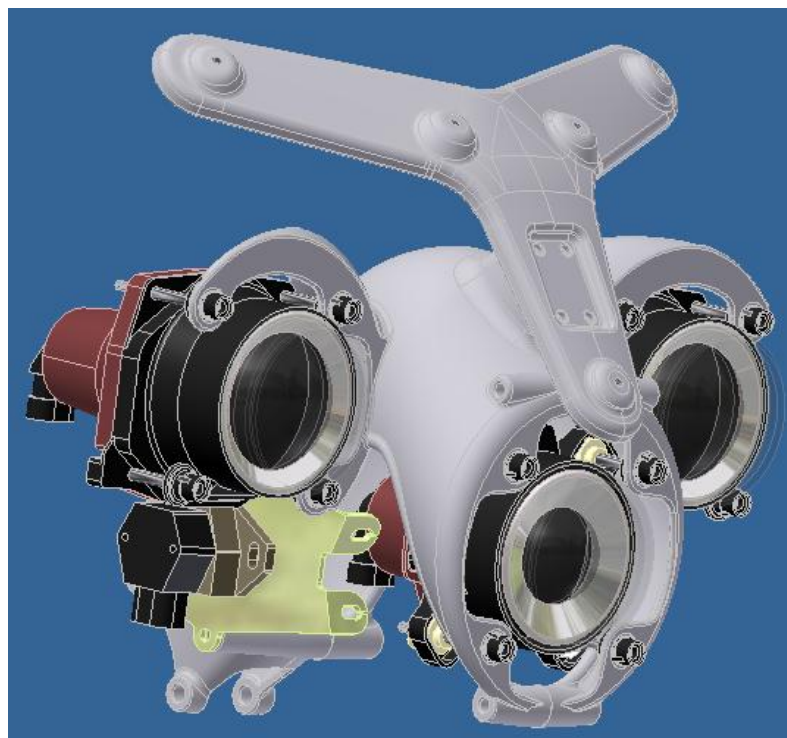


Fig. 9.8; Kuipframe inclusief onderdelen (exclusief voorkuip).

## 9.2 Trillingen

Trillingen veroorzaakt door de motor zijn onherroepelijk aanwezig in een motorfiets. Door de jaren heen zijn er al vele systemen en constructies ontworpen om de trillingen in de motorfiets zo ver mogelijk te beperken, maar deze zijn altijd nog in zekere mate aanwezig. De Track T-800CDI is voorzien van een dieselmotor als krachtbron. Een dieselmotor heeft als eigenschap dat deze meer trillingen veroorzaakt dan een benzinemotor. Dit is te verwijten aan een hogere compressieverhouding en hoger drukverschil in de verbrandingskamers dan bij een benzinemotor. Dit zorgt voor de nodige trillingen in het motorfietsframe. De krukas van de motor ligt longitudinaal in de motorfiets, dit zorgt voor veel zijdelingse trillingen in de motorfiets die merkbaar aanwezig zijn. Bij merendeel van de motoren ligt de krukas dwars in de motorfiets wat zorgt voor trillingen in de lengterichting van de motorfiets, welke ook merkbaar aanwezig zijn, maar in mindere maten dan dwars trillingen. Dwars trillingen laten de motor gevoelsmatig meer schudden omdat deze moeilijker gedempt kunnen worden, vanwege de bouw en geometrie van een motorfiets. Deze trillingen zijn dan ook zeker aanwezig in het kuipframe.

Buiten de motortrillingen om zijn er ook nog trillingen aanwezig die door het rijden zelf veroorzaakt worden. (*Cossalter, 2006*) Trillingen als gevolg van het rijden kunnen verdeeld worden in vier hoofdgroepen:

- Omslaan, een niet-oscillerende beweging veroorzaakt en gecontroleerd door de rijder.
- Weven, een oscillerende beweging van de gehele motorfiets.
- Slingeren van de voorkant rond de stuuras.
- Hobbels, veroorzaakt door oneffenheden in het wegdek.

Het kuipframe dient dan ook voldoende stijfheid te bieden om niet te vervormen onder de trillingen van de motor en om vooral niet in resonantie te raken. Op lange termijn kunnen de aanwezige trillingen in de motorfiets zorgen voor vermoeiing in het materiaal, waardoor er haarscheuren in het kuipframe kunnen ontstaan en het een kwestie van tijd is waaronder het kuipframe zal bezwijken. Om dit tegen te gaan zal het kuipframe voldoende vermoeiingsweerstand moeten bieden om een lange levensduur te garanderen.

Het feit van de aanwezige trillingen zorgt voor de volgende ontwerpstudies aan het kuipframe:

- Ontwerp van stijfheid en sterkte.
- Ontwerp tegen vermoeiing.

## 10. Ontwerp van stijfheid en sterkte

Het kuipframe wordt ondervonden aan verscheidene belastingen. De onderdelen die aan het kuipframe bevestigd worden, hebben een zeker gewicht dat zorgt voor een belasting vanwege de zwaartekracht. Wanneer de motorfiets zich voortbeweegt en over hobbels rijdt, zal een versnelling en vertraging zorgen voor belastingswisselingen in het kuipframe, uitgeoefend door de gemonteerde onderdelen. Verder is het kuipframe onderhevig aan de nodige trillingen. Het model hieronder geeft de belastingen weer:

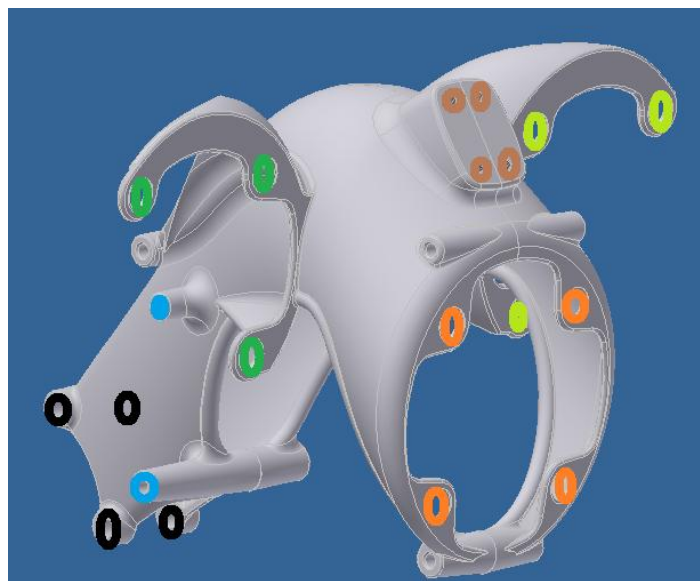


Fig. 10.1; Montage punten onderdelen (voorkuipdrager niet afgebeeld).

Bovenstaand Figuur 10.1 geeft de montagepunten weer van de te monteren onderdelen. Hieronder is de massa van de onderdelen weergegeven.

|                                         |                          |           |
|-----------------------------------------|--------------------------|-----------|
| - Zwart                                 | montage aan het balhoofd |           |
| - Blauw                                 | Elektronische gasunit    | 400 gram  |
| - Groen                                 | Grootlicht rechts        | 700 gram  |
| - Limoen                                | Grootlicht links         | 700 gram  |
| - Oranje                                | Dim/stand licht          | 580 gram  |
| - Bruin                                 | Voorkuip                 | 900 gram  |
| - Eigengewicht kuipframe (incl. bouten) |                          | 2050 gram |

Het totaal gewicht is 5,33 kg. Het huidige kuipframe heeft een constructiegewicht van 1660 gram, dit betekent dat de constructie van het nieuwe ontwerp zo'n 400 gram is toegenomen. Dit gewicht is te wijten aan de minimale wanddiktes die mogelijk zijn bij zandgieten. Om ervoor te zorgen dat het kuipframe niet bezwijkt onder de belasting van de onderdelen is het van belang dat het beschikt over voldoende sterkte. De belasting die, grotendeels afhankelijk is van het gewicht van de gemonteerde onderdelen, is dusdanig laag, dat deze belasting verwaarloosbaar is bij het bezwijken van het kuipframe. Het feit dat de wanddiktes bij zandgieten niet dunner kunnen dan ongeveer 4mm, zorgt ervoor dat het kuipframe dusdanig veel sterkte met zich meekrijgt dat hij vanuit dit oogpunt ver over

gedimensioneerd is. Gekeken naar het meest kritische punt in het kuipframe bij sterkte, treedt de hoogste spanning op bij de ophangpunten aan het balhoofd. Voor een eenvoudige vergelijking van de sterkte; Vanwege het gietontwerp zijn deze ophangpunten twee maal zwaarder uitgevoerd dan het bestaande ontwerp. De oppervlakte van de doorsnede van de ophangpunten is namelijk globaal twee maal toegenomen vergeleken met het huidige ontwerp. Sterkte speelt hierdoor geen rol bij het kuipframe.

Hier in tegen kan stijfheid wel problemen opleveren. Voldoende stijfheid is hetgeen dat ongewenste vibraties (vervorming) in het kuipframe moet voorkomen. Stijfheid zegt niets over de sterkte van de constructie maar wel over de vervorming in de constructie. Vervorming is terug te zien in aspecten als buiging en torsie. De meeste kans op vervorming is zijdelings op het kuipframe als gevolg van motorvibraties en verticaal op het kuipframe als gevolg van de belasting van het gewicht van de gemonteerde onderdelen. Om ongewenste vervorming, die zich zullen uiten in het 'zwabberen' en trillen van het kuipframe, te voorkomen dient het kuipframe voldoende stijfheid te hebben.

Door hier gedurende het gehele ontwerpproces rekening mee te houden, kan de opbouw en constructie van het kuipframe zo uitgevoerd worden dat het bestand is tegen de factoren, die ongewenste vervorming kunnen veroorzaken. Buiging is hierbij hetgeen wat hierbij vermeden dient te worden. Wanneer het kuipframe namelijk een dusdanige stijfheid bezit, of ook wel weerstand biedt tegen buigen, zal het ook weerstand bieden tegen het 'zwabberen' of ook wel uitbundig trillen van het kuipframe.

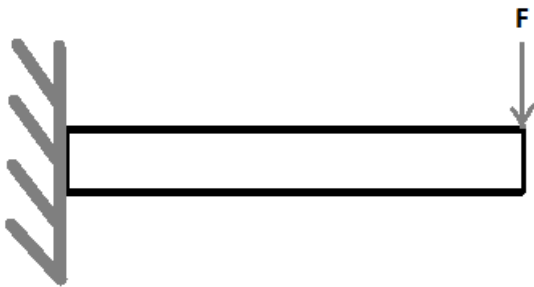
Doordat er als materiaal voor aluminium gekozen is, staan de materiaalparameters vast. Aluminium heeft een elasticiteitsmodulus van 70 Mpa. De elasticiteitsmodulus van het materiaal is te definiëren als de treksterkte  $[\sigma]$  gedeeld door de rek  $[\varepsilon]$  (P. van Mourik & J. van Dam 2006).

De stijgende lijn  $[E]$  geeft hierbij de stijfheid van het materiaal weer. Des te steiler de helling van deze lijn, des te stijver is het metaal. Een stijver metaal heeft veelal als gevolg dat de maximale toelaatbare rek afneemt en het metaal dus ook broosser wordt. Omdat deze parameter vast staat, kan er alleen stijfheid verkregen worden door middel van constructieparameters; Het vergroten van het weerstandsmoment tegen buigen en het 'slim' kiezen van vormen om flexibele richtingen te voorkomen. Juist dit slim omgaan met vormen is van groot belang bij het kuipframe om stijfheid te verkrijgen. Gieten geeft hierbij als groot voordeel dat de vormvrijheid zeer groot is. Door het kuipframe als het ware op te bouwen uit één geheel wordt er een zeer stijve constructie gevormd.

De basis van het kuipframe kan gezien worden als een ovaal / ronde buis die vanaf het balhoofd doorloopt tot de middelste koplamp. Wanneer de doorsnede van dit profiel bekeken wordt, geeft dit een zeer groot traagheidsmoment en dus weerstand tegen buiging. Dit vanwege de grote aanwezige uiterste vezelafstand. Deze hoofdvorm van de constructie levert een buis die zich vormt tot om de voorste koplamp. Op deze manier wordt er een boxvorm gecreëerd die een zeer groot traagheidsmoment met zich meebrengt en een eenvoudige integratie van de te monteren onderdelen biedt. Het buiten diameter van deze doorsnede is bij het balhoofd 80 x 50 (ovaal) en  $\phi 160$  bij de voorkant van het kuipframe. De wanddikte is hier overal 4mm.

Voorbeeld van het gevolg van het toenemen van de uiterste vezelafstand:

Als voorbeeld nemen we de volgende vereenvoudigde situatie aan.



Gesteld:

De bovenstaande situatieschets geeft een rond aluminium buisprofiel van  $\phi 50 \times 4\text{mm}$  en heeft een lengte van 250mm. Enerzijds is hij vast in geklemd (in dit geval het balhoofd van de motorfiets) en anderzijds wordt hij belast met een belasting  $F = 1000\text{ N}$ . De vervorming (maximale doorbuiging  $[f]$ ) die optreedt, geeft ook de mate van stijfheid aan. (*L.C. van den Boom & J.H. Jonkeren, 2006*).

$$f = \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$F = 1000\text{ N}$$

$$L = 0,25\text{ m}$$

$$E = 70\text{ Mpa}$$

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$$

$$I = \frac{\pi}{64}(50^4 - 42^4)$$

$$I = 15,4051 \times 10^4\text{ mm}^4$$

$$f = \frac{1000 \times 250^3}{3 \times 70000 \times 154051}$$

$$f = 0,48\text{mm}$$

Wanneer deze doorbuiging of ook wel uitwijking verkleind moet worden, dan kan er in deze situatie alleen een verandering in de  $I$  (traagheidsmoment) aangebracht worden. Dit omdat alle overige parameters in het geval van het kuipframe vaststaan. Het traagheidsmoment tegen buigen  $[I]$  wordt gegeven door het weerstandsmoment tegen buigen  $[W_b]$  te vermenigvuldigen met de uiterste vezelafstand  $[e]$ . Wanneer er dus gekozen wordt voor bijvoorbeeld een profiel met doorsnede  $\phi 70 \times 2\text{mm}$  geeft dit een  $[I]$  van  $247168\text{ mm}^4$  tegenover  $154051\text{ mm}^4$  van het  $\phi 50 \times 4\text{mm}$  profiel. Het traagheidsmoment is aanzienlijk toegenomen vanwege de toename van de diameter en dus ook uiterste vezelafstand  $[e]$ . Het profiel is in gewicht zelfs afgenomen vanwege de afnemende wanddikte. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de uiterste vezelafstand in het geval van het kuipframe een zeer belangrijke rol speelt in de stijfheid van de constructie. Deze regel is terug te vinden in de hoofdvorm van het kuipframe welke eerder besproken is.

Een voorwerp dat via zandgieten verkregen dient te worden, moet voldoen aan enkele vormeisen om geschikt te zijn voor deze productiemethode. Een zeer belangrijk aspect hierbij is de aanwezigheid van zo veel mogelijk rondingen en zo min mogelijk grote vlakke stukken. Dit aspect is zeer gunstig voor de stijfheid van de constructie.

Vlakke platen zijn veel flexibeler dan bijvoorbeeld een plaat die bol gevormd is. Dit is ook weer volledig te danken aan een vergroting van de uiterste vezelafstand, die zorgt voor een groter traagheidsmoment. Het ontwerp van het kuipframe dient zoveel mogelijk rondingen en gevormde delen te bezitten en zo min mogelijk grote vlakke oppervlaktes. Dit is zowel gunstig voor de stijfheid als de gietbaarheid van het kuipframe. Om deze vormvrijheid goed te benutten is de hoofdconstructie van het kuipframe opgebouwd uit een ovaal / ronde doorgehangen buisprofiel. Deze vorm is alle kanten opgebogen en biedt uit zichzelf vele malen meer stijfheid dan de originele opbouw uit vlakke platen. Figuur 10.2 geeft de gekromde hoofdvorm weer.

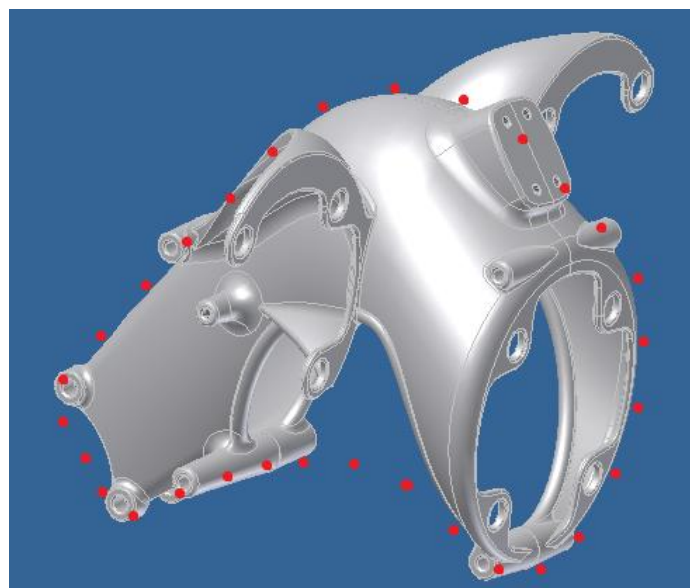


Fig. 10.2; Hoofdvorm

De zijhouders voor de grootlichten zijn op dezelfde manier opgebouwd als het hoofddeel. Een rond profiel waar aan de voorzijde de bevestiging voor de koplamp zit. Uit deze hoofdvormen is veel materiaal weggehaald, om montage en bereikbaarheid mogelijk te maken en te verbeteren. Ook neemt dit onnodig gewicht weg. De hoofdconstructie blijft hierdoor alsnog stijf van opbouw en zorgt ervoor dat er geen extra ribben of vormingen nodig zijn om voldoende stijfheid in de constructie te brengen.

Ook de kuipdrager dient genoeg stijfheid te bieden. De kuip vangt tijdens het rijden een aanzienlijke hoeveelheid wind die trillingen kan veroorzaken in het kuipframe. Om de gietbaarheid en stijfheid te verbeteren is ook dit onderdeel gekromd. Tevens is hij voorzien van opstaande randen aan de zijkant waarmee het traagheidsmoment vergroot wordt en zo ook de weerstand tegen buigen. Figuur 10.3 geeft de doorsnede van de kuipdrager weer, waar de kromming en opstaande randen goed te zien zijn.

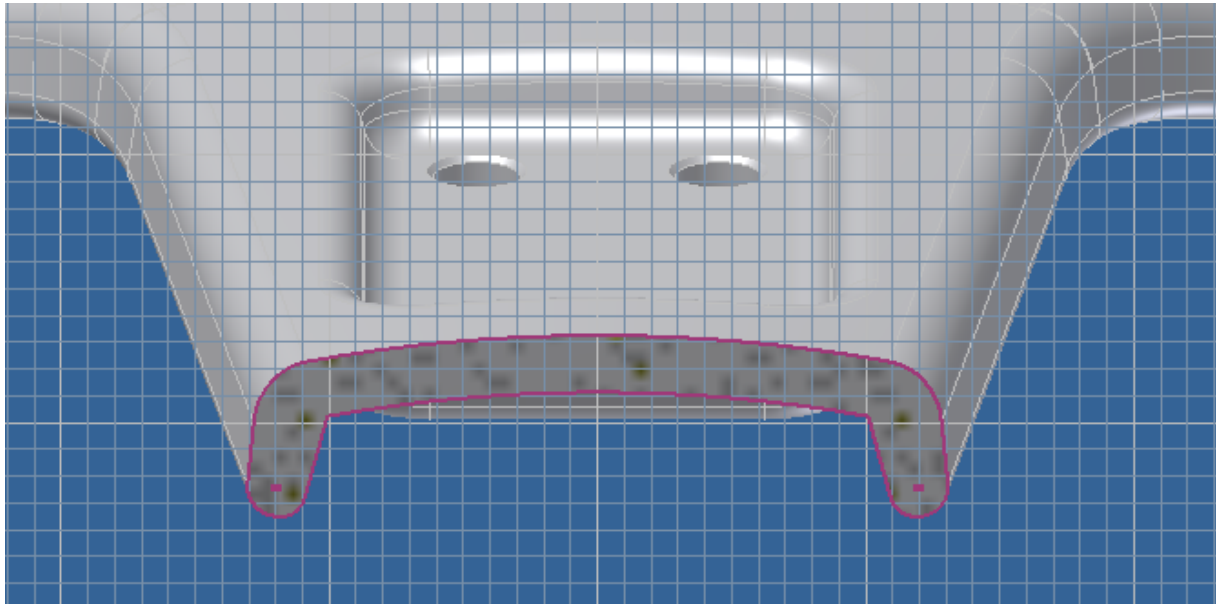


Fig. 10.3; Doorsnede kuipdrager.

## 11. Ontwerpen tegen vermoeiing

Vermoeiing in metalen constructies is een welbekend technisch probleem. Belastingen die ver onder de statische sterkte van een constructie kunnen fatale gevolgen hebben wanneer zij vele malen achter elkaar herhaald worden. Dit aspect is aanwezig in het kuipframe. De belastingen die zich uitoefenen op het kuipframe zijn dusdanig laag dat het kuipframe in eerste instantie hier niet op zal bezwijken. Wanneer er belastingswisselingen optreden en frequente trillingen aanwezig zijn, kunnen er ongemerkt scheuren optreden in de constructie die het kuipframe kunnen laten bezwijken onder vermoeiing.

Om scheurgroei exact te achterhalen en de constructie zo te ontwerpen dat deze niet zal optreden is zeer lastig. Door hier rekening mee te houden tijdens het ontwerp, kan de kans op scheurgroei wel verkleind worden waarmee onnodige problemen uitgesloten worden. Om te ontwerpen tegen vermoeiing, is het van belang om eerst te begrijpen hoe vermoeiing voorkomt en wat dit exact is. Hieronder een korte inleiding in scheurgroei gebaseerd op de theorie van *J. Schijve, 2008*.

### 11.1 Scheurgroei

Het ontstaan van scheuren in een metaal bestaat uit twee belangrijke periodes: De *scheur initiëringperiode* en de *scheur groeiperiode*. Het begrijpen van het verschil tussen de twee periodes is van groot belang, omdat verscheidene oppervlakte factoren effect hebben op de initiëringperiode maar een verwaarloosbaar effect hebben op de groeiperiode. Oppervlakte ruwheid is er hier één van. De spanning concentratiefactor [ $K_t$ ] is de belangrijkste parameter voor het voorspellen van de scheurinitiatie. De spanning-intensiteitsfactor [ $K$ ] is van belang voor de voorspelling van de scheurgroei. Figuur 11.1 hieronder geeft de verschillende fases weer.

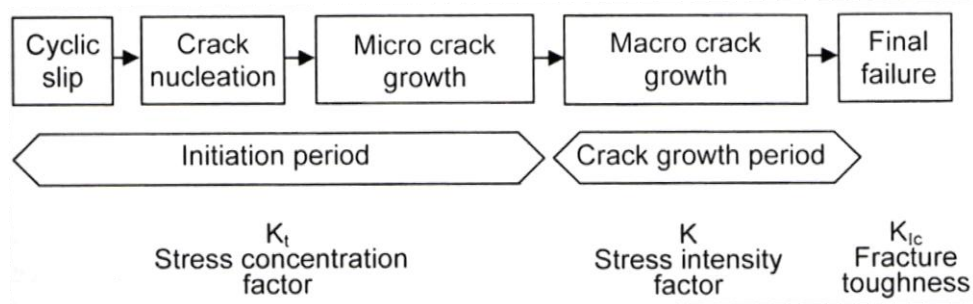


Fig. 11.1; Fases in scheurvorming.

#### Scheur initiatie

Vermoeiing, scheurinitiëring en scheurgroei zijn consequenties van periodieke slip. Het voorkomen van periodieke plastische deformatie, of ook wel dislocaties. Vermoeiing ontstaat bij een spanningsamplitude onder de vermoeiingsspanning. Bij zo'n lage spanning is plastische deformatie gering aan een klein aantal materiaalkorrels. Deze microplasticiteit komt het liefst voor in de oppervlakte van het materiaal vanwege de lagere weerstand tegen slip. Aan de andere kant bevindt zich de omgeving als lucht of vloeistoffen. Wanneer slip of ook wel dislocatievorming voorkomt in de materiaalstructuur, dan vormt zich een dislocatiestap aan de oppervlakte van het materiaal. Zie Figuur 11.2a.

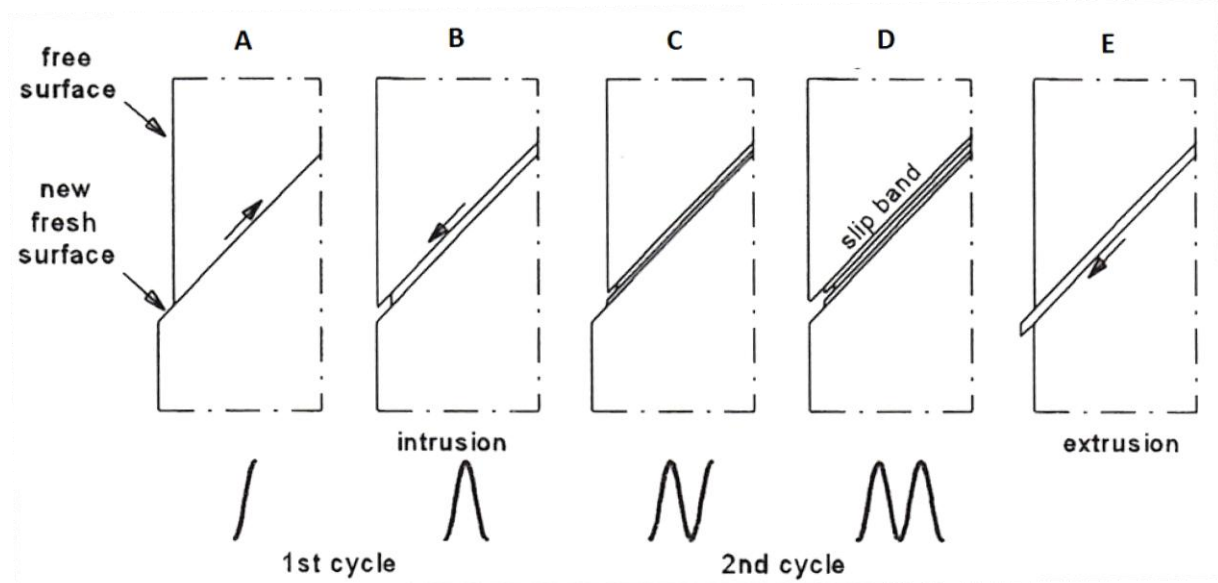


Fig. 11.2; Dislocatie (slip) vorming.

Een dislocatiestap zorgt ervoor dat er een rand van nieuw materiaal blootgesteld wordt aan omgevingsinvloeden. Het nieuwe oppervlak zal in de meeste gevallen direct bedekt worden met een oxidatielaag. Wanneer de belasting toeneemt en meerdere dislocaties optreden zal er plaatselijke materiaalverharding plaatsvinden in het dislocatiegebied. Als gevolg hiervan, tegen ontlasting (Figuur 11.2b) een groter spanning vormt zich in hetzelfde dislocatiegebied, maar nu in tegengestelde richting. Deze dislocatie vorming kan zich herhalen bij verdere periodieke belastingen, zie Figuur 11.2c en d. Figuur 11.2 is een vereenvoudigd model, maar hier kunnen de volgende belangrijke conclusies uit getrokken worden:

1. Een enkele belasting cycli is voldoende om een microscopische inbreuk te doen in het materiaal, wat in feite een microscheur is.
2. Deze microscheur in de eerste cycli kan zich herhalen in de tweede cycli en verder groeien in opeenvolgende cycli.
3. De eerste initiatie van een microscheur en verdere scheurgroei ontstaan aan het oppervlak als een dislocatieband.
4. Het wisselen van de spanning leidt tot een breuk, zie Figuur 11.2e.
5. Dit vereenvoudigde model in Figuur 11.2 is het begin van scheurgroei, waar vele varianten op mogelijk zijn. Wanneer de scheurgroei het oppervlakte doorbreekt is er ook scheurgroei mogelijk aan het uiteinde van de scheur in het materiaal. De scheurgroei kan sterk versneld worden bij een agressieve omgeving.

Uit het bovenstaande kunnen we als belangrijkste conclusie trekken dat:

*In de scheur initiatieperiode, is vermoeiing een materiaal oppervlakte fenomeen.*

## Scheurgroei

Zolang de grootte van de microscheur zich binnen een enkele structuurnerf van het materiaal bevindt, is de microscheur duidelijk aanwezig in een elastisch anisotroop materiaal met een kristallijne structuur en verscheidene verschillende dislocatiesystemen.

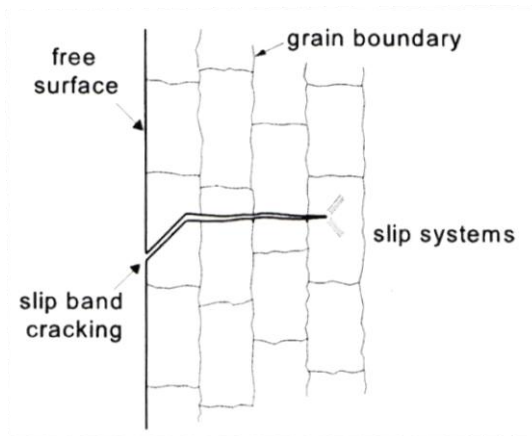


Fig. 11.3; Doorsnede microscheur.

De microscheur groeit tot een inhomogene spanningsverplaatsing op microniveau, met een spanningsconcentratie aan het uiteinde van de microscheur. Als gevolg hiervan kunnen er meerdere dislocaties ontstaan. Dat wil zeggen, wanneer de scheur groeit in het materiaal tot sommige aangrenzende korrelranden, de grootte van dislocatie verplaatsing toeneemt vanwege de aanwezigheid van naastliggende korrelranden. Vanwege de aanwezigheid van de materiaalstructuur, wijkt de scheurgroei af van de ontstane richting en heeft als voorkeur om haaks op de belastingsrichting te groeien. Zie Figuur 11.3.

De scheurgroei is afhankelijk van de spanningswisselingen, barrières tegen de dislocaties vormen drempels voor de scheurgroei. Figuur 11.4 laat zien hoe scheurgroei reageert op de korrelranden in een materiaalstructuur die als zo'n drempel fungeren. Telkens wanneer de voorkant van de scheur een korrelgrens bereikt, neemt de scheursnelheid af. Wanneer hij voorbij deze grens is en de afstand toeneemt, neemt ook de scheurafstand per spanningscycli weer toe. Oppervlakteaspecten als ruwheid en omgevingsinvloeden zijn nu niet verder van belang voor de scheurgroei.

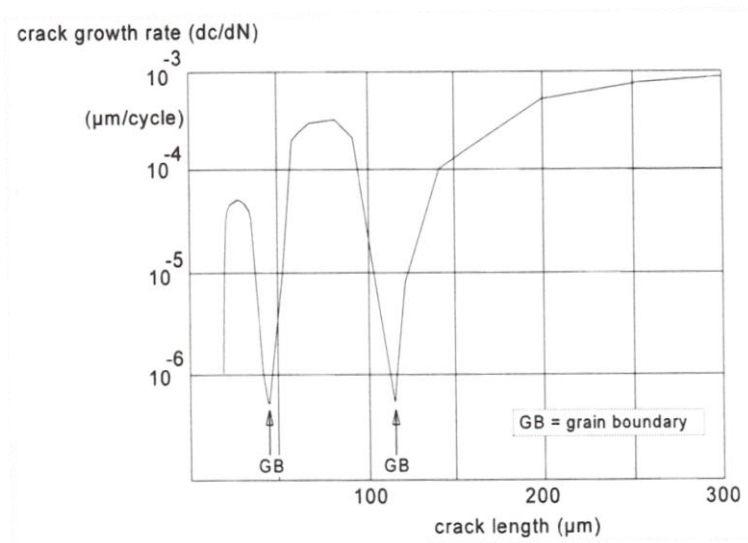


Fig. 11.4; Korrelgrens effect op de scheurgroei.

Uit het bovenstaande kunnen we als belangrijkste conclusie trekken dat:

*Weerstand tegen scheurgroei, wanneer de scheur het materiaal binnendringt, hangt af van het materiaal als bulk hoeveelheid. Scheurgroei is niet langer een oppervlakte fenomeen.*

## 11.2 Scheurgroei aspecten

Verscheidene factoren spelen een rol bij het ontstaan van scheuren en het verder scheuren hiervan. Deze factoren spelen ook een rol in het kuipframe. Hieronder een toelichting op deze factoren.

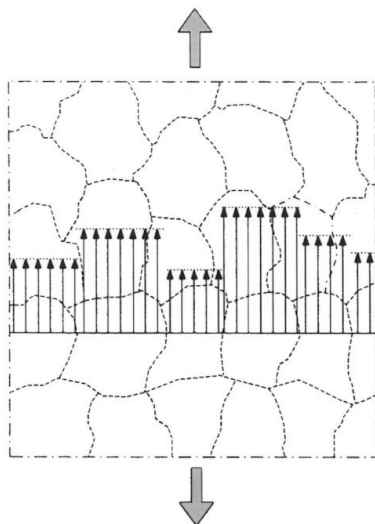
### Kristalstructuur aspecten

De kristalstructuur van een materiaal is van invloed op de scheurgroei in een materiaal.

Microscheuren hangen af van de volgende aspecten in een materiaal:

- Soort kristalrooster.
- Manier van slip (dislocatie) vorming.
- Korrelgrootte en vorm.
- Variatie van de kristaloriëntatie van korrel tot korrel (structuur).

In het geval van het kuipframe wordt de constructie opgebouwd uit gietaluminium. Het kristalrooster van aluminium is kubisch vlak gecentreerd evenals staal, maar toch is er binnen hetzelfde kristalrooster verschil in scheurvorming. Aluminium heeft een lage elastische anisotropie, dat wil zeggen dat de waarde van de minimale en maximale E-modulus dicht bij elkaar liggen. Staal heeft hierin tegen een groter verschil tussen deze waarden, waardoor ook een hogere elastische anisotropie. Een hogere elastische anisotropie geeft een inhomogene spanning in het materiaal zoals in Figuur 11.5 te zien is. De manier van het optreden van een dislocatie is grotendeels afhankelijk van de kristalstructuur. In aluminium bevatten stapelfouten relatief veel energie, waardoor er gemakkelijk slip haaks op de aanwezige scheurlijn plaatsvindt. Hierdoor komen scheurlijnen in aluminium golvend voor en kan periodieke dislocatievorming zorgen voor een meetbare brede dislocatieband.



**Fig. 11.5; Vereenvoudigde afbeelding van de inhomogene spanningsverdeling van korrel tot korrel als gevolg van elastische anisotropie.**

### Scheurvorming bij bellen

In de meeste technische materialen komen kleine holtes voor in de vorm van bellen. Bij gieten komen deze veelal door materiaal onzuiverheden gedurende het smeltproces. Door spanningen in het materiaal kan er scheurvorming optreden in zo'n holte in het materiaal, deze is dan nog niet aan de oppervlakte waarneembaar. Wanneer deze door de oppervlakte breekt, is hij in het materiaal al ver gegroeid wat ervoor zorgt dat de scheur aan het oppervlak snel uitbreidt. Zie Figuur 11.6.

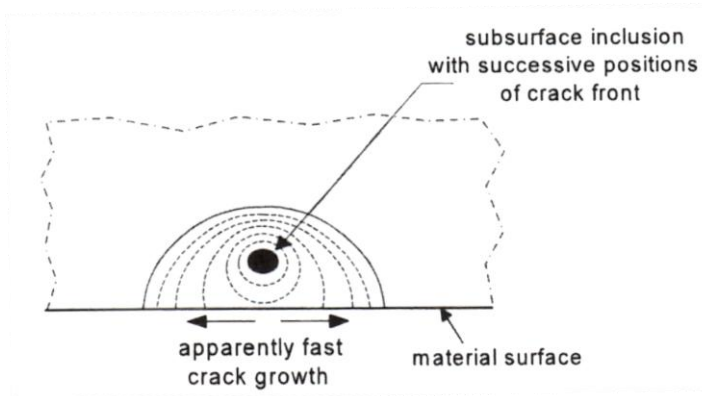


Fig. 11.6; Ontstaan van scheurgroei onder het oppervlak, met als gevolg snelle scheurgroei aan het oppervlak.

### Oppervlakte effecten

De oppervlakteconditie van een materiaal is van grote invloed op de scheurvorming. Als eerder vermeld, hebben oppervlakte-effecten met name invloed op de scheurinitiatie. Globaal zijn de volgende oppervlakte-effecten van invloed:

- Oppervlakte ruwheid;
- Oppervlakte beschadigingen;
- Oppervlakte behandelingen;
- Zachte lagen (bekleden).

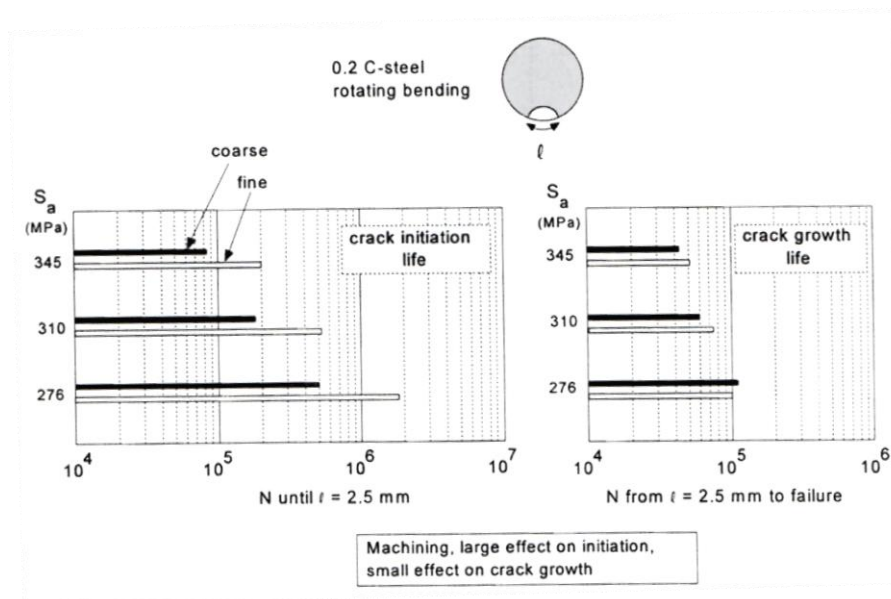


Fig. 11.7; Effect van oppervlakteruwheid op scheurinitiatie en scheurgroei.

Oppervlakteruwheid en -beschadigingen zorgen ervoor dat het oppervlak niet langer meer glad is. Hierdoor ontstaan er plaatselijke spanningsverhogingen aan het oppervlak. Figuur 11.7 geeft de invloed van oppervlakteruwheid weer op scheurinitiatie en scheurgroei. In dit figuur valt te zien dat het effect op de scheurinitiatie vele malen groter is dan op de scheurgroei. Figuur 11.8 geeft de S-N curve van een materiaal met en zonder oppervlakte beschadigingen. Oppervlakteruwheid speelt voornamelijk een rol bij constructies die een zeer lange levensduur moeten hebben, waarbij falen uitgesloten moet worden. Oppervlakte-effecten zijn van minder belang bij constructies met een korte levensduur.

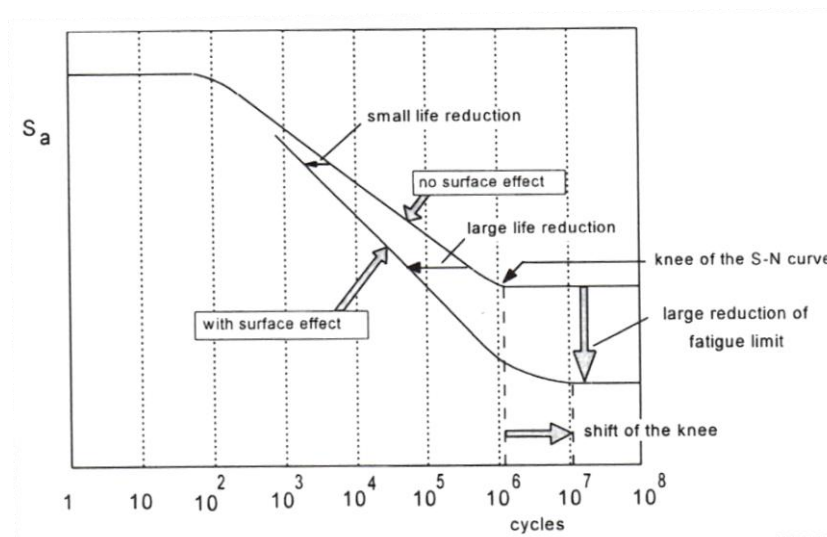


Fig. 11.8; Oppervlakte effecten op de S-N curve.

## Omgevingsinvloeden

Het corroderen van metalen heeft een nadelige invloed op de levensduur ervan. Corrosie geeft als het ware een beschadiging aan het materiaaloppervlak en deze beschadigingen zorgen voor nadelige spanningsverhogingen. Figuur 11.9 geeft de invloed van corrosie weer, met in dit geval een corrosie diepte van 0,33mm. De invloed van corrosie is van grotere invloed op lage frequenties van spanningswisselingen. Dit komt doordat corrosie enige tijd nodig heeft om zich te vormen en van nadelige invloed te zijn op de scheurgroei. Figuur 11.10 geeft een beeld van de invloed van lucht, water en zout water. Hierin is goed de invloed van corrosie bij een lage frequentie tegenover een hogere frequentie te zien.

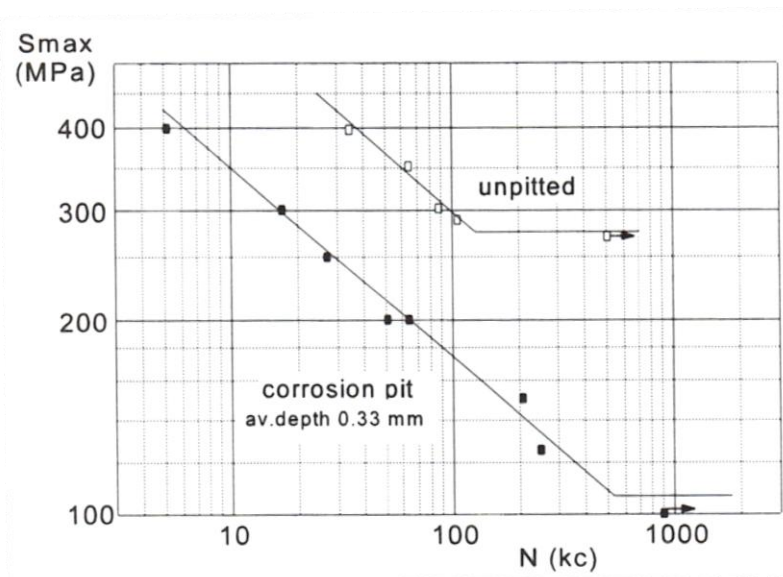


Fig. 11.9; Effect van corrosie putten op de S-N curve.

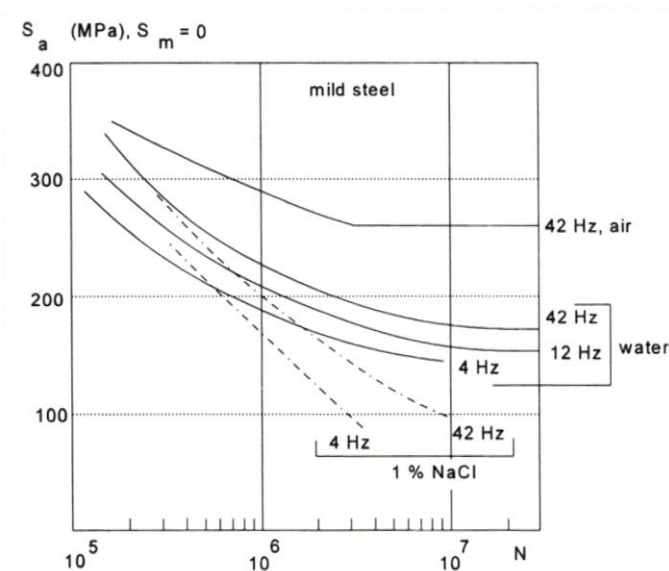


Fig. 11.10; Omgevingsinvloeden en belastingsfrequentie op de S-N curve.

## Spanningsconcentratie bij gaten, randen en verjongingen

Berekeningen bij de sterkte en stijfheid van constructies is hoofdzakelijk gebaseerd op de elasticiteitstheorie. Wanneer de spanning oploopt tot boven de trekspanning, treedt er plastische deformatie op. Bij vermoeiing ligt de spanning vaak ver onder de maximaal toelaatbare trekspanning. Het elasticiteitsgedrag van het materiaal wordt gebruikt om vermoeiing te berekenen. Het macroscopische elastische gedrag van een isotroop materiaal hangt af van drie elasticiteit constante; De elasticiteit modulus [E], glijdingsmodulus [G] en de Poisson factor [ $\nu$ ]. De relatie tussen de constante is  $E = 2G(1 + \nu)$ . Met deze constante kan de invloed van gaten, randen en verjongingen in het materiaal berekend worden.

In een constructie kunnen uitsparingen als gaten vaak niet voorkomen worden. Echter deze uitsparingen zorgen voor een verhoogde spanningsconcentratie in het materiaal. Dit kan weergegeven worden met een (theoretische) spanningsconcentratie factor,  $Kt$ . Deze factor geeft de verhouding tussen de piekspanning en de nominale aanwezige spanning. Figuur 11.11 geeft een voorbeeld van de  $Kt$  factor.

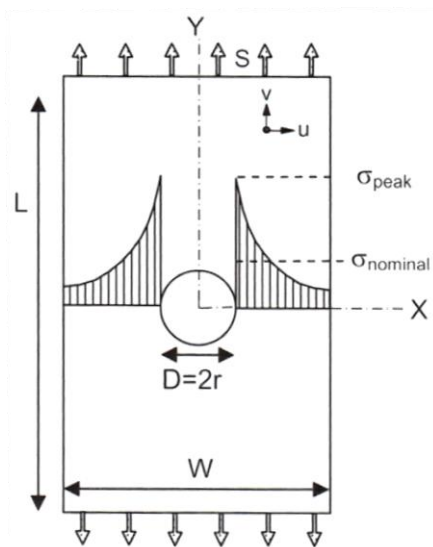


Fig. 11.11; Spanningsconcentratie in een strip met een gat.

$$Kt = \frac{\sigma_{piek}}{\sigma_{nominaal}}$$

Een lagere  $Kt$  factor geeft een langere levensduur. Om dit te verwezenlijken, dient de piekspanning in het materiaal zo laag mogelijk gehouden te worden. De piekspanning is van grote invloed op de geometrie van het gat, rand of verjonging in het materiaal. Om praktisch inzicht te krijgen in de spanningsconcentratie bij verscheidene geometriën geven Figuur 11.12, 11.13, 11.14 en 11.15 enige voorbeelden hiervan.

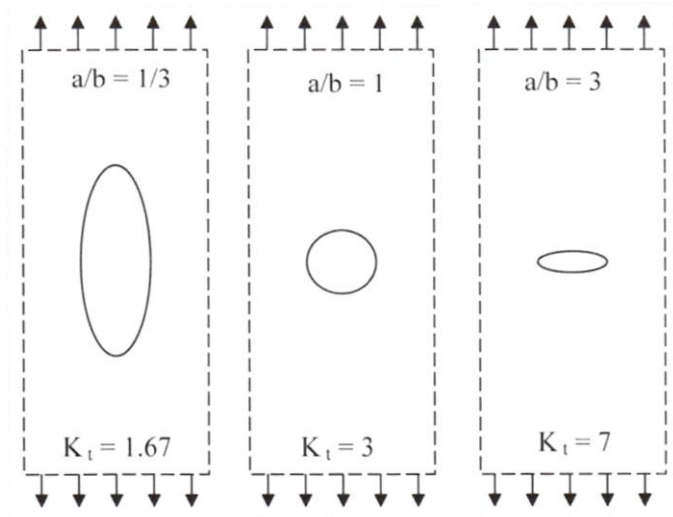


Fig. 11.12; Effect van de vorm van het gat op de  $K_t$  factor.

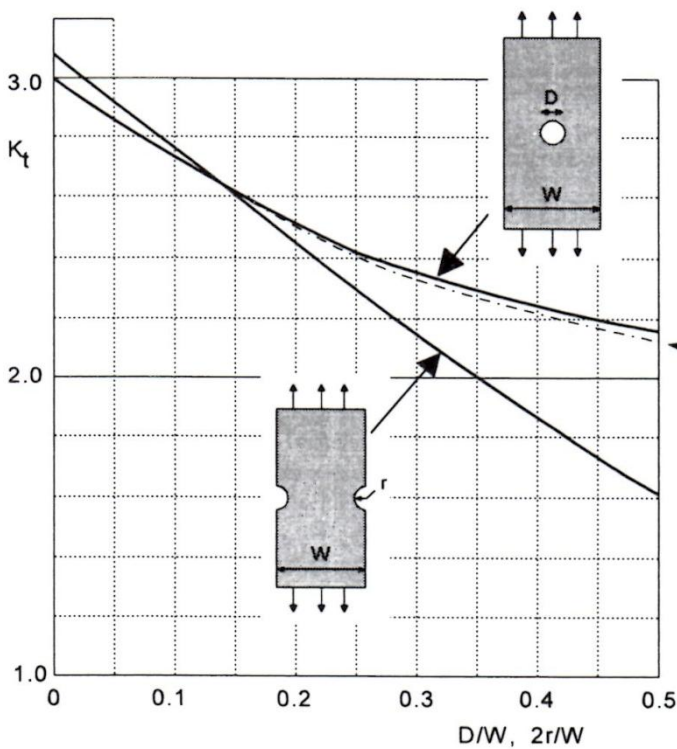


Fig. 11.13; Verschil in  $K_t$  in een teststuk met een gat en met inkepingen.

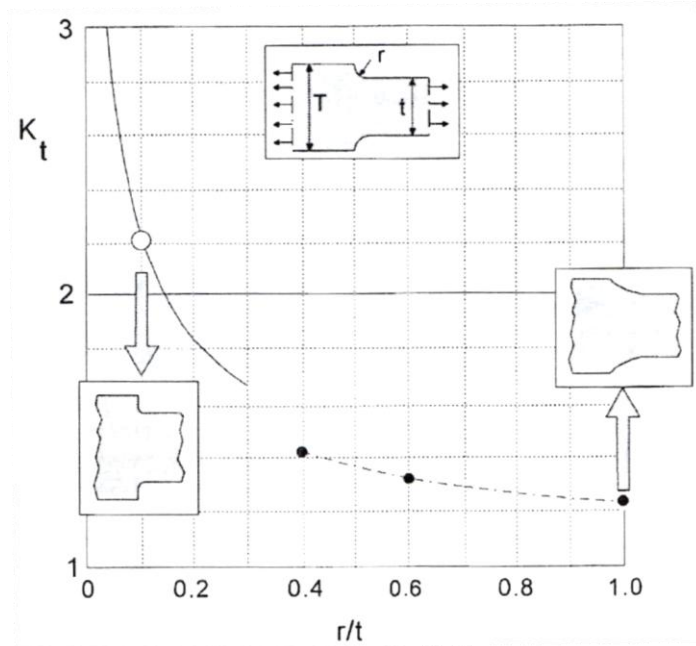


Fig. 11.14;  $K_t$  voor afrondingen.

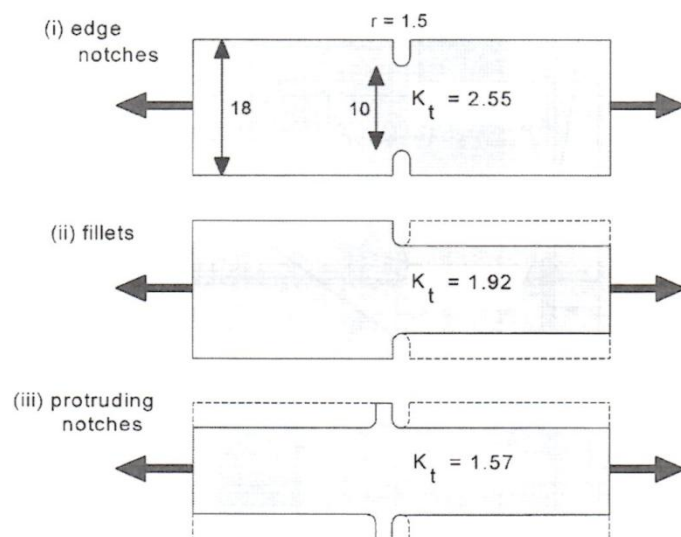


Fig. 11.15; Drie voorbeelden met dezelfde inkeping, maar verschillende stijfheidovergangen.

Buiten de spanningsconcentratie factor  $Kt$  is ook de spanningsintensiteit factor  $K$  van belang voor de gevoeligheid voor vermoeiing. De spanningsconcentratie factor is belangrijk voor de spanningsverloop rond een inkeping. De scheurinitiatie is groots afhankelijk van de  $Kt$ -waarde. Wanneer de scheurinitiatie periode opgevolgd wordt door de scheurgroei periode is de  $Kt$ -waarde niet meer langer van invloed. Dit komt omdat bij een scheur de tip radius nul is,  $Kt$  zou oneindig worden. De spanningsintensiteit factor  $K$  geeft inzicht in het spanningsverloop bij de voorkant (tip) van de scheur. De  $K$ -waarde kan verkregen worden via de volgende formule:

$$K = \beta S \sqrt{\pi a}$$

$S$  = aanwezige spanning

$a$  = scheurlengte

$\beta$  = dimensieloze factor, afhankelijk van de geometrie van het onderdeel.

### **Belasting**

Vermoeiing doet zich alleen voor wanneer er belasting en dus spanning in het materiaal optreedt. Het type belasting en de frequentie hiervan zijn van invloed op de levensduur. Gekeken naar het aantal belastingswisselingen, wordt er onderscheid gemaakt in laag frequente vermoeiing, dit zijn bijvoorbeeld drukvaten die een paar keer per jaar op druk gebracht worden, en hoog frequente vermoeiing. Over het algemeen zijn dit constructies die meer dan  $10^5$  belastingswisselingen ondergaan, maar een exact aantal belastingswisselingen is hier niet aangegeven. De belasting zelf is in het geval van het kuipframe afhankelijk van de motortrillingen, maar ook grotendeels van het rijden van de motorfiets zelf. Dit zijn factoren als: Hoe vaak er met de motor gereden wordt, over welke wegcondities en hoe de bestuurder rijdt en er mee omgaat. Vanwege deze vele factoren die meespelen in de gehele automobiel- en motorindustrie wordt er in dit onderwerp veel uitgegaan van ervaring, metingen en tests.

### **Conclusie**

Deze inleidende informatie over vermoeiing geeft een aantal criteria waar rekening mee gehouden kan worden in het ontwerp van het kuipframe om onnodige scheurvorming te voorkomen. Een exacte levensduur uitrekenen is zeer ingewikkeld, zoals eerder vermeld komen hier veelal velen test en meetresultaten aan te pas om inzicht te krijgen in het vermoeiingsfenomeen.

Ontwerp parameters:

- Zo glad mogelijke oppervlakte kwaliteit (voor zo ver mogelijk bij zandgieten).
- Zo constant mogelijke gietkwaliteit om materiaalonzuiverheden te voorkomen.
- Aluminiumlegering die zo goed mogelijk oxidewerend is.
- Het kuipframe voorzien van zo veel mogelijk afrondingen.
- Gaten zo veel mogelijk beperken.
- Piekspanningen zo veel mogelijk voorkomen.

Om de scheurgevoeligheid te verminderen zijn de volgende ontwerpparameters meegenomen:

- Het kuipframe is voorzien van zo veel mogelijk rondingen en zo min mogelijk hoeken en abrupte overgangen om spanningsverhogingen tegen te gaan.
- Het kuipframe is voorzien van zo min mogelijk gaten en uitsparingen om voor een vloeiend spanningsverloop te zorgen.
- De rand bij de onderste uitsparing is voorzien van een verdikking om de spanning te verminderen.
- Het kuipframe is voorzien van zo min mogelijk obstakels, onnodige vormen en bevestigingspunten om een zo egaal en vloeiend mogelijk geheel te verkrijgen.
- Het kuipframe heeft geen punten waar water kan blijven liggen, wat kan zorgen voor onnodige corrosie.
- Wanddiktes zijn zo veel mogelijk gelijk gehouden om gietspanningen te voorkomen.
- De twee hoofddelen zijn voorzien van twee pasbussen in de delingshelft. Dit verbetert de spanningsoverdracht tussen de twee delen.

## 12. Gieten

Gieten behoort tot de techniek die oervormen wordt genoemd. Dit houdt in dat er een voorwerp wordt vervaardigd uit vormloos materiaal zoals vloeistoffen, poeder, pasta's, vezels, folies of mengsels daarvan, die door afkoeling of een ander chemisch of fysisch proces overgaan in vast materiaal.

Gieten is in veel gevallen de kortste weg tussen uitgangsmateriaal en het product. Toleranties en oppervlaktekwaliteit zijn zeer afhankelijk van de gekozen gietmethode. Voor het kuipframe is er gekozen voor zandgieten. Tabel 1.1 in de bijlage geeft de verschillende specificaties van giettechnieken weer. Dit hoofdstuk geeft informatie weer over zandgieten en het gieten van het kuipframe via deze techniek.

### 12.1 Zandgieten

(Bron: Prof. dr. ir. Kals, H.J.J., Ir. Cs, Buiting-Csikós, Ir. C.A. van Luttervelt, Ir. K.A. Moulijn, Ir. J.M. Ponsen, Ir. A.H. Streppel, 2007).

Bij zandgieten wordt er gebruik gemaakt van een eenmalige vorm, dit wil zeggen dat de vormen na het gieten verloren gaan en dus voor ieder gietstuk opnieuw vervaardigd moeten worden. Zandgieten behoort tot de verloren-modelmethode. Het principe van zandgieten gaat als volgt te werk:

Figuur 12.1 laat de werkwijze voor het vervaardigen van de vormholte voor een eenvoudig gietstuk zien. Aan de hand van tekeningen wordt er een model gemaakt. Veelal wordt deze uit hout of kunststof vervaardigd. Tegenwoordig wordt er hierbij ook steeds meer gebruik gemaakt van CAD/CAM technieken. Dit maakt het mogelijk om modellen te vervaardigen die uit meerdere delen bestaan en aan elkaar verbonden kunnen worden. Zo kunnen er complexe gietstukken verkregen worden. Het model wordt vervolgens op een onderplaat gelegd, waarna er een vormkast om heen gezet wordt. Deze wordt gevuld met zand en het zand wordt verdicht met een stamper en/of schudden. Vervolgens wordt de bovenkant vlak gestreken en de vormkast omgedraaid. De onderkast wordt nu op de bovenkast geplaatst. Het model wordt nu voorzien van een gietloop en opkomer en volgestort met zand. Hierna kan het model verwijderd worden en wordt er een aansnijding aangebracht. Vervolgens kan de mal volgegoten worden met vloeibaar metaal.

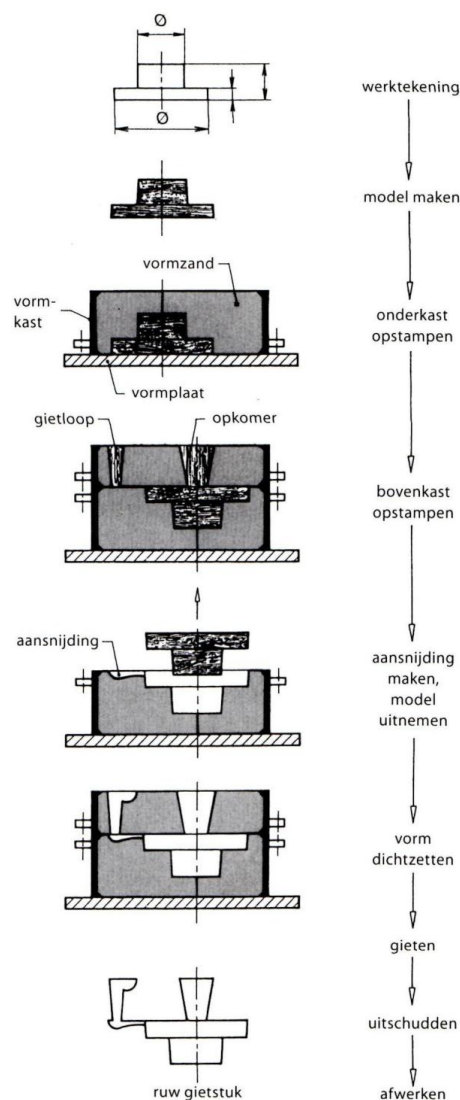


Fig. 12.1; Zandgietproces.

De aansnijding wordt altijd in de onderkast op de vormdeling aangebracht. Belangrijk is dat de aansnijding zorgt voor een rustige en geleidelijke vulling van de holte. Wanneer het vloeibaar metaal van een te grote hoogte in de vormt terecht komt, kan er vormzand worden los gespoeld.

Wanneer vloeibaar metaal stolt, ondervindt dit enige slink. Om dit tekort aan materiaal op te vangen is de opkomer aangebracht. Dit voorkomt het optreden van macro- en microporeusheid in het gietstuk. De plaatsing van de opkomer moet zodanig gekozen worden dat hier het laatste metaal stolt. Bij het vervaardigen van de vorm moet de modelmaker ook rekening houden met volumekrimp, die plaatsvindt bij het stollen van het gietstuk. De krimptoeslag die aan het model gegeven moet worden is afhankelijk van het materiaal. Tabel 12.1 geeft een idee van het verschil tussen metalen.

| Gietlegering                      | Lineaire krimp |
|-----------------------------------|----------------|
| Gietijzer                         | max. 1%        |
| Gietstaal                         | max. 3%        |
| Temperijzer, frisijzer            | max. 2,5%      |
| Brons                             | max. 1,5%      |
| Messing                           | max. 2%        |
| Koper en tin                      | max. 0,5%      |
| Zink                              | max. 1,5%      |
| Lood                              | max. 1%        |
| Aluminium- en magnesiumlegeringen | max. 1,5%      |

Tabel 12.1; 1 Krimp in metalen tijdens het stollen. Bron: (Prof. dr. ir. Kals, H.J.J., Ir. Cs. Buiting-Csikós, Ir. C.A. van Luttervelt, Ir. K.A. Moulijn, Ir. J.M. Ponsen, Ir. A.H. Streppel, 2007).

## 12.2 Gieten van het kuipframe

Het kuipframe wordt uit drie delen gegoten, hiervan zijn het linker en rechter hoofddeel nagenoeg identiek aan elkaar. De kuipdrager verschilt hier wel van. De kuipdrager is het eenvoudigst om te gieten, deze kan verkregen worden door een eenvoudige tweedelige mal zoals hiervoor als voorbeeld beschreven is.

Het linker en rechter hoofddeel hebben als nadeel dat vanwege de koplamphouder voor de buitenste lampen het gietdeel niet meer losbaar is. Om ervoor te zorgen dat de mal toch lossend is, kan er gebruik worden gemaakt van een uitwendige kern. Figuur 12.2 geeft hiervan een voorbeeld weer.

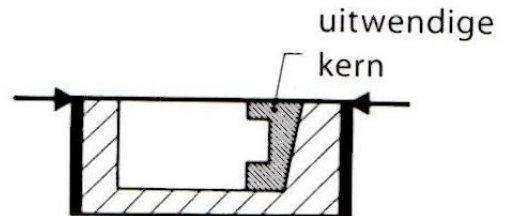


Fig. 12.2; Voorbeeld van mal met uitwendige kern.

Deze uitwendige kern kan toegepast worden bij het kuipframe op de manier als in figuur 12.3 te zien is. Om alle delen lossend te maken is het van belang de geometrie een lossingshoek tussen de 2 en 8° heeft.

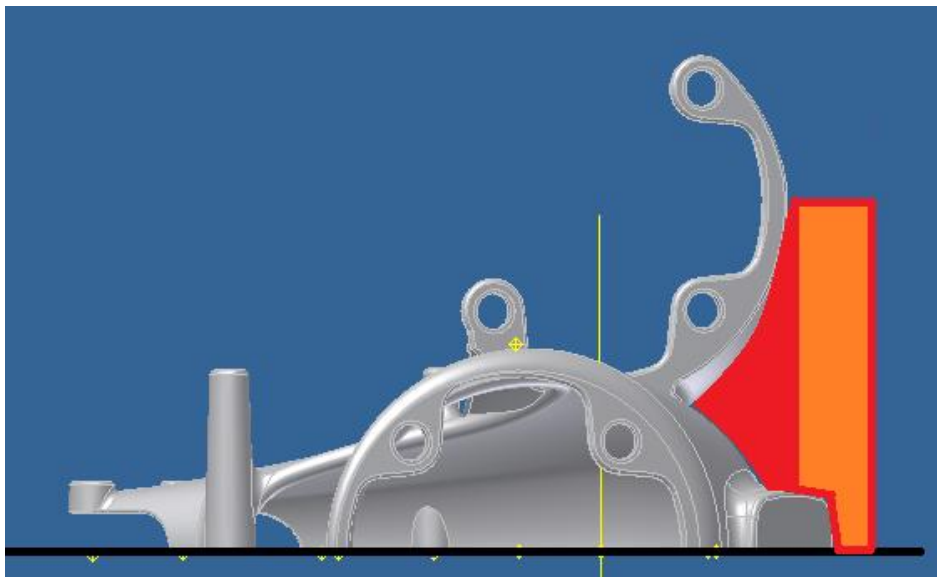


Fig. 12.3; Uitwendige kern bij het kuipframe (rood).

Om poreusheid als gevolg van slink te voorkomen is het belangrijk dat materiaalopeenhopen voorkomen worden. Materiaalopeenhoping wordt tegengegaan door de wanddiktes over het gehele werkstuk zo gelijkmatig mogelijk te houden. Bij het kuipframe zijn de wanddiktes zo veel mogelijk rond de 4 a 5 mm gehouden (*Kals, Buiting-Csikos, Luttermelt, Moulijn, Ponsen & Streppel, 2007*). Bij voorkeur zou de wanddikte dunner zijn om onnodig gewicht te besparen, maar zandgieten heeft als nadeel dat dunne wanddiktes niet mogelijk zijn. Tabel 12.2 laat de minimaal mogelijke wanddikte bij zandgieten zien.

| Gietmethode     | Minimale wanddikte (mm) |           |           |           |
|-----------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                 | Zink                    | Aluminium | Magnesium | Gietijzer |
| zandgieten      | –                       | 3         | 4         | 6         |
| verloren-was    | –                       | 1 - 1,5   | 1 - 1,5   | 1 - 1,5   |
| coquilllegieten | –                       | 2,5       | 3         | –         |
| sputgieten      | 0,5 - 1                 | 1 - 2     | 1,5 - 2   | –         |

Tabel 12.2; Verhouding van wanddiktes bij verschillende materialen en technieken.

Materiaalopeenhopping kan ook ontstaan bij grote vlakke, dunne delen. Deze vlakke delen zijn zo veel mogelijk vermeden in het kuipframe ontwerp. Figuur 12.4 laat een voorbeeld zien. Waar mogelijk zijn vlakke delen gevormd tot rondingen om de materiaalstroom te verbeteren. Tevens biedt dit meer sterkte en stijfheid dan vlakke delen.

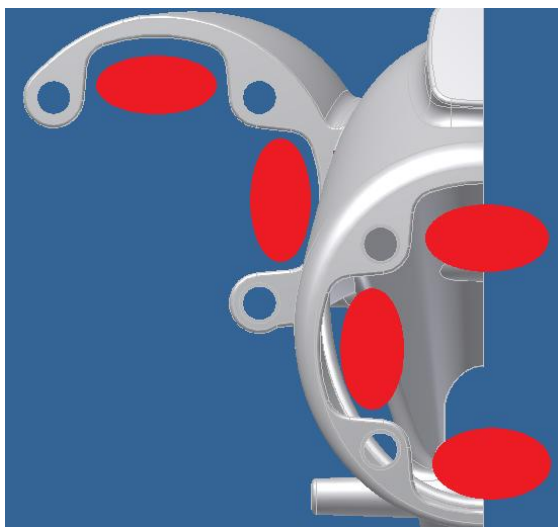


Fig. 12.4; Vermijden van grote vlakke, dunne delen. De rode plekken geven uitsparing weer waar vlakke delen zijn verwijderd waar zij niet nodig zijn.

Gedurende het ontwerp zijn er nog meerdere factoren die in het achterhoofd gehouden dienen te worden. Hieronder staan ontwerpregels opgesteld:

#### Voeding

- Vermijd materiaalopeenhopping.
- Breng uitsparingen van voldoende grootte in knooppunten aan.
- Gebruik in plaats van ribben gegolfde profielen.
- Voorzie naven en dergelijke van voldoende grote boring.
- Vermijd grote horizontale vlakken of lange profielen, zij kunnen slecht gevoed worden.
- Houd er rekening mee dat een ongelijke wanddikte ongelijke afkoeling heeft.

### *Gietspanningen*

- Gebruik gebogen vlakken of profielen.
- Gebruik een oneven aantal spaken.
- Construeer met gelijkmatige wanddiktes.
- Laat ruggen verspringen.
- Vermijd scherpe overgangen in doorsneden.

### *Maatnauwkeurigheid*

- Construeer zodanig dat zoveel mogelijk belangrijke maten in één vorm of kerndeel liggen.
- Maak de constructie zo compact mogelijk.
- Plaats gietstukken met lange kernen zoveel mogelijk verticaal.
- Vermijd zoveel mogelijk losse vormdelen of losse kerndelen.
- Houd rekening met gietspanningen, zij geven vervorming.

## 12.3 Nabewerking

Het kuipframe is voorzien van de nodige verbindingen en pasvlakken. Zandgieten is een dusdanig grove methode dat op deze plekken nabewerking noodzakelijk is voor een goed eindresultaat. Om de kosten zo laag mogelijk te houden, is het van belang om het aantal verspanende nabewerkingen te drukken en ze zo eenvoudig mogelijk te houden. Het kuipframe bevat enkele punten die nabewerking vereisen:

- Pasvlakken van het linker en rechter hoofddeel dienen vlak gefreesd te worden.
- Verbindingspunten van de twee helften dienen geboord te worden en de linkerzijde dient van M6 schroefdraad voorzien te worden.
- Twee van de vier verbindingpunten moeten worden voorzien van een gedeeltelijk ruimer gat t.b.v. pasbussen.
- De linker en rechterhelft dienen ieder voorzien te worden van 2 gaten met M6 schroefdraad op het vlak waar de kuipdrager gemonteerd wordt.
- De rechterhelft moet worden voorzien van een extra M6 schroefdraad verbinding t.b.v. de bevestiging van de elektronische gasunit.
- De bevestigingspunten van de koplampen dienen geboord te worden tot een diameter van 14,2 mm. Tevens moet het voorvlak van deze gaten gevlakt worden.  $\phi 17\text{mm}$  tot de wanddikte 3mm bedraagt, dit voor de klikverbinding van de koplampen.
- De kuipdrager dient voorzien te worden van vier 6,5mm gaten t.b.v. de boutbevestiging aan de hoofd delen.
- De kuipdrager moet voorzien worden van 5 gaten met M6 schroefdraad op de bevestigingspunten van de voorkuip.

## Conclusie

In het huidige kuipframe zijn de nodige fabricagefouten aanwezig. Het herontwerp biedt een kuipframe waar deze fouten en onvolmaaktheden uitgesloten worden. Een relatief eenvoudige constructie die hoofdzakelijk door middel van zandgieten uit aluminium vervaardigd wordt. Het herontwerp levert tevens een stijve constructie met een moderne uitstraling. Het 3D model levert een goede basis voor productie van het herontworpen kuipframe.

Hieronder een antwoord op de hoofd- en deelvragen:

Hoofdvraag:

- Is er een herontwerp van het kuipframe van de Track T-800 CDI mogelijk die de negatieve eigenschappen uit de probleemstelling niet met zich meebrengt?
  - o *Het herontwerp dat in dit rapport is uitgewerkt biedt een oplossing tegen de problemen die aanwezig zijn in het bestaande ontwerp.*

Deelvragen:

- Wat is een geschikte constructiekeuze (vormkeuze) om zo doeltreffend mogelijk te voldoen aan de gestelde eisen, wensen overige criteria?
  - o *Er is gekozen voor een opbouw die als hoofdvorm is opgebouwd uit een ronde buis om voldoende stijfheid mee te geven.*
- Welke productietechniek is geschikt om het kuipframe mee te vervaardigen en te voldoen aan de constructie en vormeisen?
  - o *Zandgieten is een zeer geschikte techniek om het kuipframe uit te vervaardigen. Deze techniek is geschikt voor kleine serieoplage en heeft relatief gezien lage instapkosten. De vormvrijheid is zeer ruim bij zandgieten.*
- Welk materiaal is geschikt om met de juiste productietechniek het kuipframe uit te vervaardigen?
  - o *Het kuipframe kan het beste uit aluminium gegoten worden. Dit materiaal is relatief veel toegepast en biedt een lichtgewicht constructie die bestand is tegen omgevingsinvloeden.*
- Blijven de productiekosten rendabel?
  - o *Het vervaardigen van gietmallen en het omschakelen naar het herontwerp levert hogere instapkosten, maar uiteindelijk zal de productietijd afnemen, omdat vele handmatige bewerkingen weggenomen zijn.*
- Biedt het herontwerp voldoende stijfheid, sterkte en betrouwbaarheid om niet onnodig te trillen onder de motorvibraties en vermoeiing tegen te gaan en voldoet deze aan de gestelde eisen, wensen en overige criteria?
  - o *Het herontwerp biedt voldoende stijfheid. Vanwege de constructie opbouw biedt het meer stijfheid dan het origineel. In het ontwerp is er rekening gehouden met aanwezige motortrillingen en kans op scheurgroei.*



## Evaluatie

Deze afstudeerperiode is anders verlopen dan dat ik vooraf in gedachte had. Ik ben erg blij dat ik de mogelijkheid heb gekregen om binnen EVA Products B.V. af te studeren. Een plek binnen de motorbranche, die zeer klein en gesloten is in Nederland, is iets dat ik heel graag wilde.

Het verloop van de afstudeerperiode is helaas niet volledig naar mijn zin verlopen. Wegens de bedrijfsomstandigheden, waardoor ik thuis ben gaan werken, heeft het een andere wending gekregen dan waar ik vooraf op gehoopt had.

Voordat ik aan de afstudeerstage begon was mijn motivatie zeer hoog. Ik wilde graag een mooi einde van mijn studieperiode maken en hiervoor was deze opdracht binnen de motorbranche helemaal perfect. Door het vele thuiswerken, weinige contact en de bewustwording dat het project naar alle waarschijnlijkheid fictief is uitgevoerd (wat overigens wel begrijpbaar is dat andere zaken voorrang hebben binnen het bedrijf) heeft dit gevolgen gehad op de mate van leerzaamheid en plezier gedurende het afstuderen.

Ondanks het verloop van de afstudeerperiode is het wel een leerzame periode geweest. Er is mij duidelijk geworden dat volledig thuiswerken niet voor mij weggelegd is en dat het in het bedrijfsleven ook anders kan gaan dan gehoopt. Daarnaast heb ik ervaring opgedaan met het ontwerpen van gietproducten en deze modelleren in Inventor waar ik tot voorheen nog niet veel ervaring mee had. Gedurende mijn Mbo- en Hbo-opleiding heb ik nu 7 stages gelopen waarin ik veel geleerd heb, maar na deze afstudeerstage hoop ik niet meer als stagiair binnen een bedrijf werkzaam te zijn, maar als werknemer.

## Competentie evaluatie

Hieronder in de tabel de competenties waar ik gedurende deze afstudeerperiode aan gewerkt heb. Onder de tabel is een argumentatie gegeven of er aan voldaan is.

| Nr. | niveau | Hoe te voldoen                                                                                             |
|-----|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 4      | Zelfstandig het afstuderen goed afronden.                                                                  |
| 2   | 4      | Onderzoek naar nieuwe keuzes in materiaal en fabricagetechniek en opbouw van kuipframe.                    |
| 3   | 3      | Juiste definities van probleemstelling en te wensen resultaat maken en het via de juiste manier uitwerken. |
| 4   | 4      | Via de juiste weg komen tot een goed beargumenteerde eindconclusie.                                        |
| 5   | 4      | Het uitvoeren van de opdracht met voldoende technische diepgang en uitgewerkt tot de vereiste diepgang.    |
| 6   | 3      | Een 3D model opleveren van het herontworpen kuipframe.                                                     |
| 10  | 4      | Structurele en systematische aanpak van de opdracht.                                                       |
| 11  | 4      | PVA opleveren en out of the box denken.                                                                    |
| 12  | 3      | Functioneren in het bedrijf en werken in overleg met de opdrachtgever.                                     |
| 13  | 4      | Het verwerken van nieuwe informatie en nieuwe technologieën gebruiken.                                     |
| 14  | 4      | Zelfstandig de opdracht uitvoeren met een eigen verantwoordelijkheid.                                      |

1. Projectmanagement uitvoeren (organiseren, plannen, uitvoeren, verslag opstellen).

*Voldaan; Bijna volledige afstudeerperiode zelfstandig gewerkt en het tot een eindschrijving gebracht.*

2. Een onderzoeksopdracht uitvoeren.

*Voldaan; Onderzoek naar het huidige ontwerp en een oplossing gezocht voor de problemen.*

3. Het kunnen opstellen van productdefinitie, pva en pve voor een duurzaam product of proces.

*Voldaan; PVA, PVE opgesteld om een goed eindrapport op te leveren.*

4. Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces.

*Voldaan; Herontwerp opgeleverd dat een oplossing biedt voor de problemen in het bestaande ontwerp.*

5. Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces.

*Voldaan; Model opgeleverd dat onderbouwd is met een rapport.*

6. Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces.

*Voldaan; Een 3D model opgeleverd van het herontwerp van het kuipframe.*

10. Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen, oordeelsvorming).

*Voldaan; Probleem geanalyseerd en oplossingen voor de problemen uitgewerkt, welke theoretisch onderbouwd zijn.*

11. Systematisch een probleem aanpakken (creatieve, plan- en projectmatige werkhouding).

*Voldaan; Scriptie structureel opgebouwd, afstudeerperiode projectmatig doorgelopen.*

12. samenwerken (sociaal communicatieve vaardigheden).

*Voldaan; Gecommuniceerd over proces en feedback.*

13. Persoonlijke en professionele ontwikkeling.

*Voldaan; Nieuwe informatie opgedaan en verwerkt en een leerproces ondergaan.*

14. Zelfverantwoordelijk werken.

*Voldaan; Zelfstandig de opdracht uitgevoerd met een eigen verantwoordelijkheid.*

## Literatuurlijst

Hoogland, Wim, Roel Dick, *Rapport over rapporteren*. 5<sup>e</sup> druk, Rotterdam/Delft, 2006.

van den Boom, L.C., J.H. Jonkeren, *Tabellen en formules*, 1<sup>e</sup> druk, Baarn, 2000.

Cossalter, Vittore, *Motorcycle dynamics*, 2<sup>e</sup> druk, 2006.

Prof. dr. ir. Kals, H.J.J., Ir. Cs, Buiting-Csikós, Ir. C.A. van Luttervelt, Ir. K.A. Moulijn, Ir. J.M. Ponsen, Ir. A.H. Streppel, *Industriële productie*, 4e druk, Enschede, 2007.

Prof. dr. ir. Van den Kroonenberg, H.H, F.J. Siers, *Methodisch ontwerpen*, 1e druk, Culemborg, 1992.

van Mourik, P., J. van Dam, *Materiaalkunde voor Ontwerpers en Constructeurs*, 4<sup>e</sup> druk, Delft, 2006.

Schijve, Jaap, *Fatigue of Structures and Materials*, 1e druk, Delft, 2008.

Both, W., G.L.J. van Vliet, P. Boelens, H. Hebels, J.H. Jonkeren, P.Q.M. Sprinkhuizen, R.F.A. Sars, *Materialenleer (kernboek 2)*, 2<sup>e</sup> druk, Culemborg, 1999.

Muhs, Dieter, Herbert Wittel, Manfred Becker, Dieter Jannasch, Joachim Voßiek, *Roloff/Matek Machine onderdelen (tabellenboek)*, 4<sup>e</sup> druk, Lexmond, 2010.

[www.phoenixmetaal.nl](http://www.phoenixmetaal.nl)

[www.verdult.nl](http://www.verdult.nl)

[www.vkcn.nl](http://www.vkcn.nl)

## Bijlagen

- Giettabel 1.1
- Afbeeldingen 3D model

|                                       | Zandvormen                              |                                         |                           |               | Keramische vorm      | Permanente vormen                                         |                                                          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|---------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                       | kleigebonden vormzand                   |                                         | furaan-zand               | schaal-vormen |                      | coquille-gieten                                           | spuit-gieten                                             |
|                                       | hand-vormen                             | vorm-machine                            | automaat                  |               |                      |                                                           |                                                          |
| te gieten legering                    | staal, gietijzer, niet ijzer legeringen | staal, gietijzer, niet-ijzer legeringen |                           |               | alle giet-legeringen | gietijzer, niet-ijzer met $T_{sm} < 1000^{\circ}\text{C}$ | niet-ijzer legeringen met $T_{sm} < 900^{\circ}\text{C}$ |
| grootte                               | klein tot groot                         | klein tot midden                        | klein tot midden          | klein         | klein                | klein tot midden                                          | klein tot midden                                         |
| haalbare complexiteit                 | eenvoudig tot vrij hoog                 | middelmatig                             | middelmatig               | vrij hoog     | zeer hoog            | matig                                                     | hoog                                                     |
| haalbare detaillering                 | middelmatig                             | middelmatig                             | goed                      | vrij hoog     | zeer hoog            | vrij hoog                                                 | zeer hoog                                                |
| maatnauwkeurigheid                    | matig                                   | middelmatig                             | middelmatig tot vrij goed | vrij goed     | zeer goed            | goed                                                      | zeer goed                                                |
| haalbare ruwheid: $R_a (\mu\text{m})$ | 12,5 - 25                               | 12,5 - 25                               | 6,3                       | 3,2           | 1,6 - 3,2            | 3,2                                                       | 0,8 - 1,6                                                |
| nabewerking                           | matig                                   | matig tot weinig                        | weinig                    | weinig        | geen of zeer weinig  | weinig                                                    | geen of zeer weinig                                      |
| minimum aantal                        | 1                                       | 50                                      | 200                       | 1             | 5                    | 1000                                                      | 5000                                                     |
| aanlooptijd (weken)                   | 4 - 8                                   | 4 - 8                                   | 4 - 12                    | 4 - 8         | 6 - 12               | 6 - 26                                                    | 15 - 52                                                  |

tabel 1.1; Specificaties giettechnieken en materialen.

