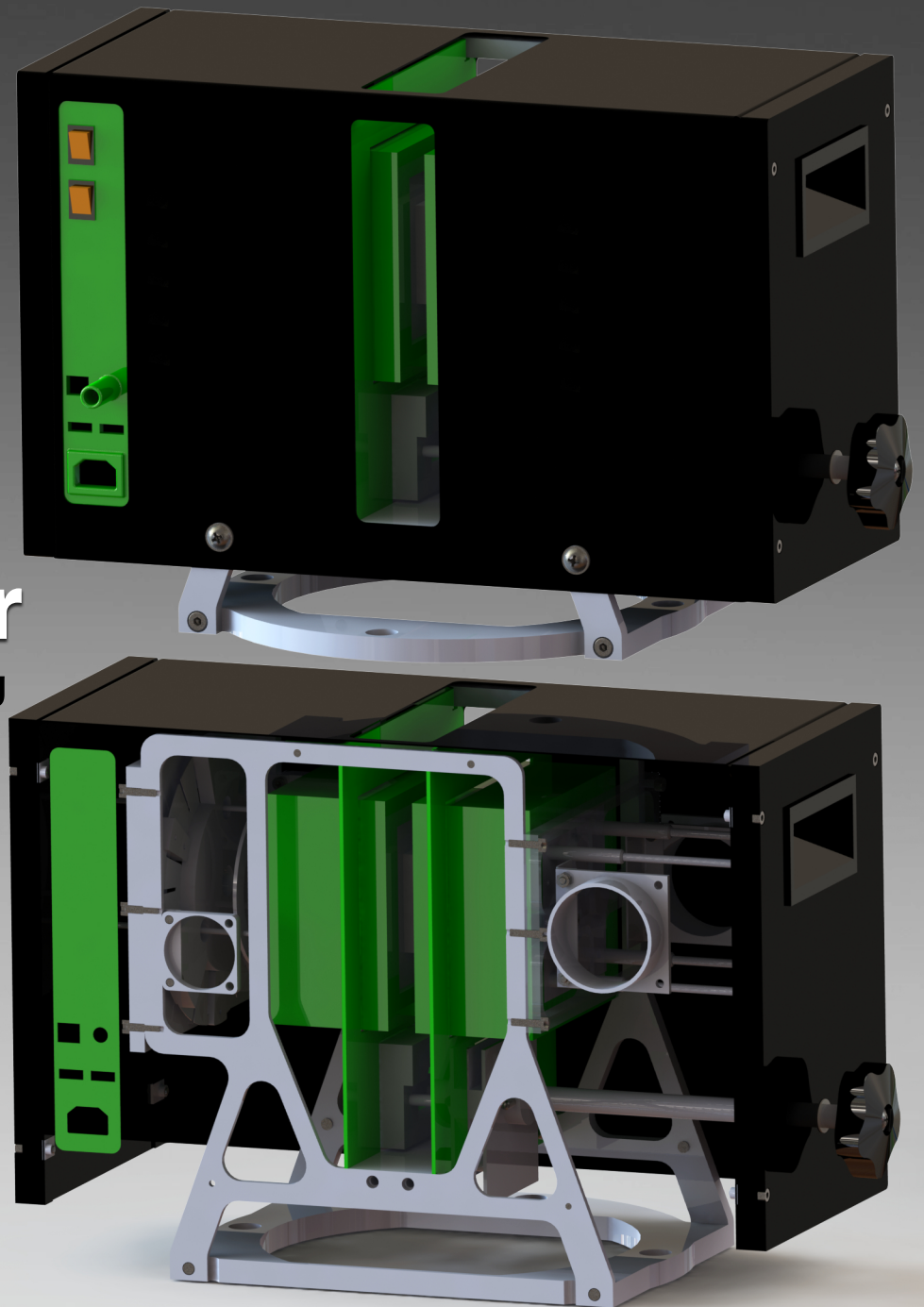


Het ontwerpen van een behuizing voor een frictietester

Aan de hand van een bestaande proefopstelling



Infoblad

Titel afstudeerproject

Het ontwerpen van een behuizing voor een frictietester, aan de hand van een bestaande proefopstelling

Naam student

Karlo Finkers

Studentnummer

s0200220

Opleiding

Industrieel Ontwerpen

Datum van het afsluitende tentamen:

Onbekend

Naam en adres bedrijf

TPRC
Palatijn 15
7521 PN Enschede

Examencommissie

Voorzitter:	Prof. Dr. Ir. Arthur O. Eger
UT-begeleider:	ing. T.G.M. Krone
Bedrijfsbegeleider:	ir. Ulrich Sachs

Voorwoord

Dit rapport is het eindverslag van de Bachelor opdracht van Karlo Finkers, student Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. De Bachelor opdracht is de afsluiting van de driejarige Bacheloropleiding. Dit is de eerste grote ontwerpoperdracht die zelfstandig wordt uitgevoerd.

De opgedane kennis uit vakken als bijvoorbeeld manufacturing, materiaalkunde en technisch product modelleren is bij deze opdracht in de praktijk gebracht. De opdracht is voor mij erg leerzaam en tijdsintensief gebleken. Daarmee was de opdracht zowel een training in ontwerpen als in plannen.

Veel dank aan ir. Ulrich Sachs en ing. T.G.M. Krone voor hun waardevolle begeleiding.

Inhoudsopgave

Infoblad	2
Voorwoord	3
Inhoudsopgave	4
Samenvatting	5
Summary	6
1. Inleiding	7
2. Bedrijf en Opdracht	
2.1. Het bedrijf	8
2.2. De opdracht	9
3. Analyse onderdelen bestaande meetopstelling	
3.1. Een wrijvingsproef	10
3.2. Variabelen	11
3.3. De huidige proefopstelling	12
3.4. De trekbank	13
3.5. Plaatsing van de frictietester	14
3.6. De drukblokken	15
3.7. De warmte elementen	16
3.8. De sensoren	17
3.9. Overige onderdelen	18
3.10. Schematisch overzicht proefopstelling	19
3.11. Aanbevelingen bestaande meetopstelling	20
4 Gebruiksanalyse	22
4.1. Opstarten	23
4.2. Kalibreren	24
4.3. Testsample prepareren	25
4.4. Proef uitvoeren	29
4.5. Meetgegevens analyseren	30
4.6. Afsluiten	30
4.7. Aanbevelingen gebruiksanalyse	31
5. Programma van Eisen	32
6. Ontwerpen behuizing	
6.1. Bestaand frame	33
6.2. Frame concepten	34
6.3. Frame detaillering	35
6.4. Simulatie	36
6.5. Behuizing	37
6.6. Behuizing concepten	38
6.7. Ventilatoren	40
6.8. Plaatstaal detaillering	41
6.9. Zijpanelen	43
6.10. Draaiknop	45
6.11. User interface en elektronica	48
6.12. Kleurstelling	49
7. Conclusie en Aanbevelingen	50
8. Bronvermelding	51

Samenvatting

Dit rapport beschrijft een analyse en een ontwerpproces in opdracht van het bedrijf TPRC in het kader van een Bachelor eindopdracht.

TPRC werkt met een frictietester. Dit is een meetopstelling waarmee wrijving tussen materialen wordt getest. De frictietester is een experimenteel apparaat en TPRC vraagt een student om te helpen om er een commercieel verkoopbaar product van te maken, er moet een behuizing voor de frictietester komen.

Uit analyse van de verschillende delen van de meetopstelling en het gebruik ervan blijkt dat de meetopstelling op verschillende punten moet worden herontworpen zodat deze transportabel wordt, gebruiksvriendelijker en daarnaast esthetischer.

Na de analyse wordt er aan een ontwerpproces begonnen, deze beperkt zich tot het ontwerpen van een frame en een behuizing. Er worden verschillende concepten gepresenteerd voor een frame. Er wordt een concept gekozen, waarna dit concept verder

gedetailleerd wordt.

Na het frame worden concepten voor een behuizing gepresenteerd en er wordt ook hierbij een concept gekozen. Het gekozen concept bestaat uit plaatstaal en kunststof panelen. Bij het ontwerp van de behuizing wordt een draaiknop toegevoegd. Er wordt een concept voor een user interface gepresenteerd maar deze wordt niet verder uitgewerkt, vervolgens wordt er een kleurstelling gekozen.

In de conclusie staat dat het ontwerp voor de behuizing lijkt te voldoen maar op enkele punten verder uitgewerkt en getest moet worden om dit met zekerheid te kunnen zeggen.

Summary

This report describes an analysis and a design acting upon instructions from the company TPRC with reference to the Bachelor assignment.

TPRC works with a friction tester. This is a measurement setup to measure friction between materials. The friction tester is an experimental device and TPRC asks a student to help with turning it into a marketable device, therefore a casing must be designed.

The conclusion of the functional study and the use study is that various parts of the measurement setup need to be redesigned in order to make the friction tester transportable, more user-friendly and more attractive.

The design starts, the design covers a frame and a casing. Various concept for the frame are presented and one concept is chosen. The chosen concept is detailed further.

After aiming at the frame the casing is next. Various concept are presented and one concept is chosen. The chosen casing is made of sheet metal and

plastic. A rotary knob is added to the casing. A concept for a user interface is presented but not detailed. Finally a colour scheme is chosen.

The conclusion says that the design seems to suffice, but needs to be further developed and tested to give certainty.

1. Inleiding

Aanleiding

Het bedrijf TPRC houdt zich bezig met de optimalisatie van productieprocessen en prestaties van composieten. Onderdeel van de activiteiten van TPRC is het meten van materiaaleigenschappen. TPRC heeft zelf een experimenteel meetinstrument ontwikkeld, een frictietester. Met deze frictietester wordt wrijving tussen laagjes composiet gemeten.

De frictietester is nu een experimenteel apparaat. TPRC overweegt om een commercieel verkoopbare frictietester te maken. Om de mogelijkheden voor zo'n commercieel apparaat te onderzoeken schakelde TPRC een student Industrieel Ontwerpen in.

Doelstelling

Het doel van dit rapport is het presenteren van een analyse en een ontwerp. De analyse beschouwt de functionaliteit en het gebruik van de huidige proefopstelling. Het ontwerp is dat van een behuizing, hetgeen in de huidige proefopstelling ontbreekt. Deze behuizing moet het mogelijk maken het apparaat als één geheel te transporteren.

Daarnaast spelen gebruiksvriendelijkheid en esthetiek een rol.

Structuurbeschrijving

De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 beschrijft de activiteiten van het bedrijf TPRC en de opdracht. De onderdelen en het functioneren van de bestaande opstelling worden beschreven in hoofdstuk 3, afgesloten met aanbevelingen. Het gebruik van de bestaande meetopstelling wordt geanalyseerd in hoofdstuk 4 en ook afgesloten met aanbevelingen. Het ontwerpen van de behuizing begint bij hoofdstuk 5 met een programma van eisen. Hoofdstuk 6 toont het ontwerpproces van concept tot detaillering. In hoofdstuk 7 wordt uiteindelijk afgesloten met een conclusie.

2.1. Het bedrijf

Het bedrijf waar de bachelor opdracht is uitgevoerd is TPRC. TPRC staat voor 'ThermoPlastic composite Research Center'. De slogan van het bedrijf is 'developing a world of composites' en het houdt zich bezig met de optimalisatie van productieprocessen en prestaties van composieten. TPRC is gevestigd op het Business en Science Park tegenover de Universiteit Twente en komt voort uit de vakgroep productietechnologie van de universiteit. Het bedrijf is in 2008 ontstaan uit een samenwerking tussen TenCate, Fokker en Universiteit Twente. Met minder dan 10 werknemers is het een kleinschalig bedrijf.

Composieten

Een composiet is een materiaal dat is opgebouwd uit verschillende componenten. In het geval van TPRC worden er vezelversterkte kunststoffen mee bedoeld. De vezels, van bijvoorbeeld glas of koolstof, zorgen voor de krachtdoorleiding en liggen in een matrix van kunststof. De combinatie van vezels en een matrix kunnen resulteren in materiaaleigenschappen als licht en sterk. Composieten kunnen worden toegepast in bijvoorbeeld transport, industrie

en de medische wereld.

Materiaaleigenschappen als stijfheid zijn bij composieten sterk afhankelijk van de richting van de vezels. De vezels kunnen in één richting zijn gewoven (uni-directionaal) of in meerdere richtingen (figuur 1).

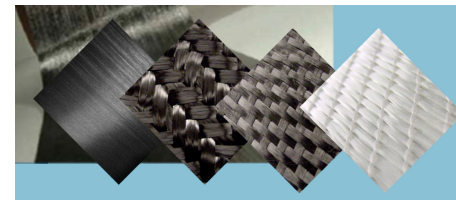
Computersimulatie

Met behulp van computersimulaties voorspelt TPRC eigenschappen en gedrag van composieten tijdens productie en tijdens toepassingen. Gedrag en eigenschappen die hierbij worden voorspeld zijn onder anderen vervorming, stijfheid en massa (figuur 2 en 3).

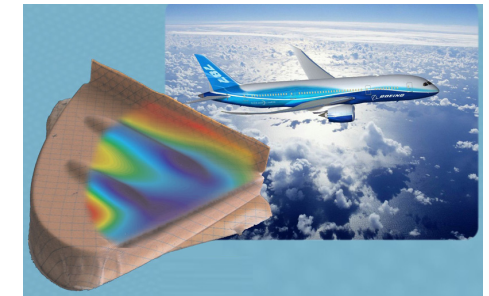
Frictie meten

Temperatuursafhankelijk gedrag, zoals wrijving tussen laagjes van composiet zijn te complex om met een computersimulatie te voorspellen en worden daarom in een proefopstelling gesimuleerd en gemeten. Deze proefopstelling wordt de frictietester genoemd (figuur 4).

Zie voor meer informatie over TPRC www.tprc.nl.



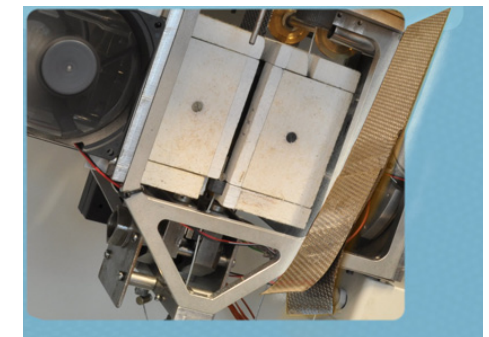
figuur 1 Vezelversterkte kunststoffen, verschillende materialen, op verschillende manieren gewoven.



figuur 2 Een prototype van vezelversterkte kunststof, bedoeld als versteviging voor een vliegtuigvleugel.



figuur 3 Productieproces waarbij een verwarmde stempel een vorm drukt in een vlakke plaat glasvezel versterkt thermoplast. Computer simulatie voorspelt de resulterende vorm.



figuur 4 Frictietester

2.2. De opdracht

De opdrachtomschrijving zoals TPRC hem heeft geformuleerd is te vinden in figuur 5. In deze opdrachtomschrijving wordt 'de afdeling productie technologie' genoemd, TPRC is hier onderdeel van. Laminaat is een ander woord voor composiet plaatmateriaal dat uit verschillende laagjes is opgebouwd.

Samengevat staat er in de opdrachtomschrijving: Help mee om van het experimentele apparaat een commercieel verkoopbaar product te maken en ontwerp een behuizing aan de hand van de bestaande meetopstelling.

Het ontwerpen van de behuizing van een nieuwe frictietester

Bij de afdeling Productie Technologie (UTwente) is een nieuw type pneumatische pers ontwikkeld.

Achtergrond

Het gaat om een pneumatische pers, waarin een laminaat tussen twee vlakke platen geklemd wordt. De pers bevindt zich in een trekbank, waarbij de trekbank ervoor zorgt, dat het laminaat er tussen uit getrokken wordt. Het idee erbij is, dat er gemeten wordt hoe veel kracht nodig is, om een sample uit de pers te trekken. De pers functioneert dus als frictietester. De frictietester is dus eigenlijk een meetinstrument dat in de trekbank wordt geplaatst. Verdere eigenschappen van de frictietester zijn, dat de perskracht (tot 10bar) en temperatuur (tot 450°C) op een ingestelde waarde geregeld kunnen worden, en de afstand tussen de platen op micrometer nauwkeurigheid gemeten kan worden.

Opdracht

De frictietester is nu nog een experimenteel apparaat. De afdeling Productie Technologie vraagt een enthousiaste student IO van dit apparaat een commercieel verkoopbaar product te helpen maken (zie voorbeeld van Anton Paar onderaan dit document) Het accent ligt hierbij op het ontwerpen van een behuizing die de verschillende onderdelen herbergt, de bediening mogelijk maakt en het apparaat als één geheel transportabel maakt.

Daarnaast spelen gebruikersvriendelijkheid en een esthetisch uiterlijk een belangrijke rol, zodat het apparaat commercieel verkoopbaar wordt.

De regeling van temperatuur en druk gebeurt allemaal softwarematig in een aparte computer. Elegant zal het natuurlijk zijn, als tenminste de temperatuur regeling in de apparatuur zelf kan gebeuren.

Interesse?

Neem dan contact op met:

Ir. Ulrich Sachs

Department of Mechanical Engineering (CTW)

Phone: +31 (0)53 489 43 46

email: u.sachs@utwente.nl

Room: Mechanical Engineering, N128



De pneumatische pers, onderdeel van de frictietester



Voorbeeld van een ander professioneel meetinstrument, dat als commercieel product op de markt is (bron: Anton Paar)

figuur 5 Opdrachtomschrijving (bron: Ulrich Sachs)

3.1. Een wrijvingsproef

Frictie of wrijving is te complex om exact te berekenen. Het kan echter wel experimenteel bepaald worden. Een zorgvuldige wrijvingsproef kan bruikbare data opleveren. Deze wrijvingsproef moet wel aan een aantal voorwaarden voldoen.

Wrijving

Wrijving is het verschijnsel dat optreedt wanneer twee oppervlakken langs elkaar schuiven, terwijl ze tegen elkaar aan gedrukt worden. De mate van wrijving wordt uitgedrukt doormiddel van een wrijvingscoëfficiënt.

Hoewel de wrijvingscoëfficiënt vaak wordt omschreven als een materiaal-eigenschap, kan deze beter worden gecategoriseerd als een systeemeigenschap, omdat een gemeten wrijvingscoëfficiënt afhangt van de omstandigheden in het systeem waarin de wrijving optreedt.

De wrijvingscoëfficiënt verkrijgen

In het eenvoudigste model voor wrijving in een systeem is de grootte van de wrijvingskracht evenredig met de kracht waarmee de oppervlakken

tegen elkaar worden gedrukt (figuur 6). De genoemde normaalkracht kan door zwaartekracht ontstaan (figuur 6), maar ook door een drukkracht (figuur 7). Deze drukkracht gecombineerd met een trekkracht die daar loodrecht op staat resulteert in dat geval in wrijving. Bij een grote wrijvingskracht en een relatief kleine massa is de zwaartekracht in dit geval verwaarloosbaar klein.

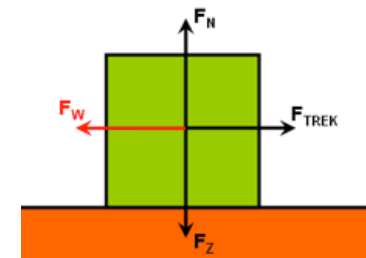
Het model voor wrijving maakt het mogelijk om de wrijvingscoëfficiënt in een proefopstelling te berekenen, wanneer de wrijvingskracht en de normaalkracht bekend zijn en daarbij loodrecht op elkaar staan.

Voor een proefopstelling volgens het wrijvingsmodel gelden de voorwaarden zoals hiernaast weergegeven. Hierbij is uitgegaan van normaalkrachten gevolge van drukkracht. Dit omdat de kracht in dat geval handmatig varieerd kan worden, hetgeen bij zwaartekracht niet kan.

$$F_w = \mu_w F_n$$

met

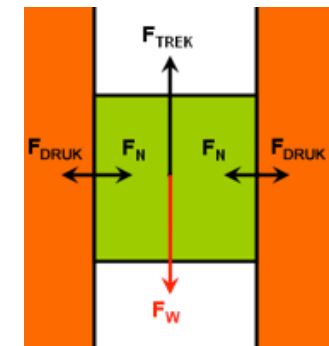
F_w : de wrijvingskracht (N)
 μ_w : de wrijvingscoëfficiënt ()
 F_n : de normaalkracht (N)



figuur 6 Wrijving op een blok, waarbij er normaalkracht ontstaat door zwaartekracht

Voorwaarden proefopstelling

- Er wordt een trekkracht op het systeem uitgeoefend
- De trekkracht wordt gemeten
- Er wordt een drukkracht op het systeem uitgeoefend
- De drukkracht wordt gemeten
- De trekkracht staat loodrecht op de drukkracht



figuur 7 Wrijving op een blok, waarbij er aan twee kanten normaalkracht ontstaat door drukkracht.

3.2. Variabelen

In een systeem waarin wrijving optreedt, raken twee oppervlakken elkaar. Er zijn veel variabelen die de mate van wrijving bepalen. Een oppervlak van rubber zal bijvoorbeeld in andere wrijving resulteren dan een oppervlak van metaal. Een oppervlak met ribbels reageert anders dan een effen oppervlak. Een nat oppervlak reageert weer anders dan een droog oppervlak. Het is moeilijk om een allesomvattende lijst met variabelen van invloed te maken, de lijst in het nevenstaande kader 'variabelen van invloed' is daarom ook niet compleet, maar benadert de variabelen voor een groot deel.

Metten en variëren

Tijdens een proef die bedoeld is om de wrijvingscoëfficiënt te verkrijgen is het gewenst om de waarden van deze variabelen vast te leggen om tot betrouwbare meetresultaten te komen. Daarnaast is het wenselijk om variabelen te kunnen variëren om daarmee wrijving onder verschillende omstandigheden te kunnen meten. Aan de hand van deze twee uitgangspunten kan tot de voorwaarden in het kader 'metten en variëren' gekomen worden.

Wanneer aan deze voorwaarden wordt voldaan dan zal dit de consistentie van de meetresultaten ten goede komen, al kunnen vuil, vocht, veranderingen in de atmosfeer of andere variabelen nog invloed uitoefenen op de meetresultaten.

Kwalificaties en kwantificaties

Bij het regelen van de temperatuur van het systeem zou een maximum van 450 graden Celcius voldoende zijn om vezelversterkte kunststof tot boven de smelttemperatuur te kunnen verwarmen.

Wrijving hangt nauw samen met snelheid en varieert sterk over het gehele spectrum van snelheden. Daarom is het wenselijk om van hele lage snelheden (1mm/min) tot hogere snelheden (5000 mm/min) te kunnen variëren.

Wanneer de oppervlakken die elkaar raken vlak zijn en exact parallel lopen dan is de druk op de oppervlakken zo gelijkmatig mogelijk verdeeld. Een bobbel zou de meetresultaten daarentegen verstoren. Hierom is het wenselijk om de paralleliteit te meten.

Variabelen van invloed

- Materiaal van oppervlaktes
- Geometrie van contactoppervlak
- Temperatuur
- Snelheid
- Atmosfeer
- Vuil
- Vocht

Voorwaarden voor het meten en variëren van variabelen

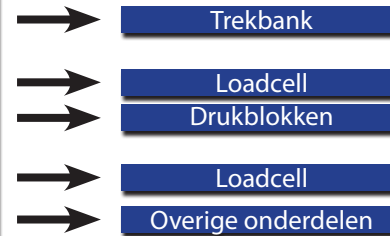
- De temperatuur van het systeem is regelbaar (tot 450 °C)
- De temperatuur wordt gemeten
- De snelheid tijdens de wrijving is regelbaar (1mm/min tot 5000 mm/min)
- De snelheid wordt gemeten
- De paralleliteit van het contactoppervlak wordt gemeten

3.3. De huidige proefopstelling

In de huidige proefopstelling worden zowel de eerdergenoemde voorwaarden voor een proefopstelling als de voorwaarden voor het meten en variëren van variabelen vervuld door een aantal modules. In het nevenstaande diagram is te vinden uit welke voorwaarden de modules voortvloeien. In de komende hoofdstukken zullen deze modules beschreven worden.

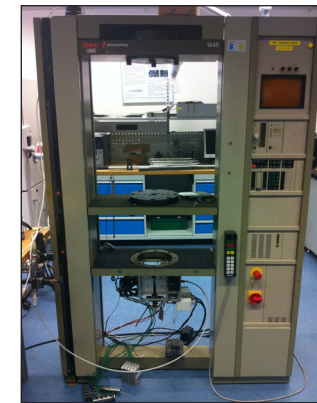
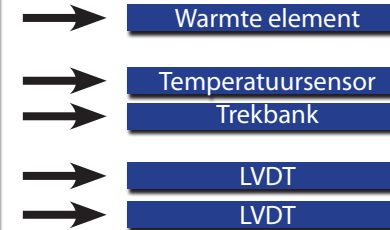
Voorwaarden proefopstelling

- Er wordt een trekkracht op het systeem uitgeoefend
- De trekkracht wordt gemeten
- Er wordt een drukkracht op het systeem uitgeoefend
- De drukkracht wordt gemeten
- De trekkracht staat loodrecht op de drukkracht

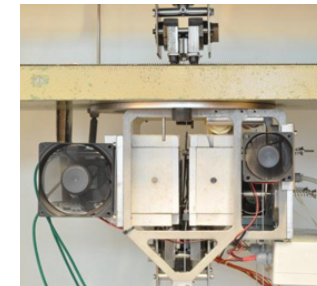


Voorwaarden voor het meten en variëren van variabelen

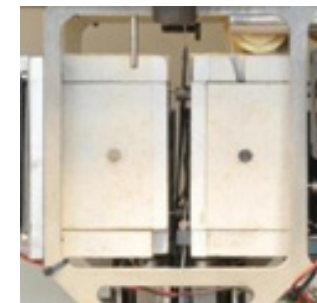
- De temperatuur van het systeem is regelbaar
- De temperatuur wordt gemeten
- De snelheid tijdens de wrijving is regelbaar
- De snelheid wordt gemeten
- De paralleliteit van het contactoppervlak wordt gemeten



figuur 8 Trekbank



figuur 9 Onderdelen van de meetopstelling in de trekbank



figuur 10 Drukblokken

3.4. De trekbank

De trekkracht voorwaarde

Één van de voorwaarden is dat er een trekkracht op het systeem wordt uitgeoefend. Deze voorwaarde moet nader gespecificeerd worden. De gemeten wrijvingscoëfficiënt is afhankelijk van onder anderen de snelheid (zie §3.2). Om tot betrouwbare meetresultaten te komen moet daarom de snelheid tijdens de proef constant gehouden worden. Bij een constante trekkracht zou de versnelling tijdens de proef gelijk blijven, maar dit zou resulteren in een oplopende snelheid (zie Newton's traagheidswet, figuur 11).

Daarnaast zou de snelheid variëren afhankelijk van de weerstand in het geval van een constante trekkracht. Dit is niet gewenst. Er moet een actuator gevonden worden die een constante snelheid kan leveren, terwijl de kracht daarbij kan variëren.

Trekbank

Bij het vervullen van de voorwaarde heeft TPRC gebruik gemaakt van de omgeving waarin de proefopstelling zich bevindt. In het betreffende laboratorium staan verschillende trekbanken. Trekbanken zijn meetinstrumenten die gebruikt worden om trekproeven uit te voeren.

Trekproef

Bij een trekproef wordt een proefstuk, met gestandaardiseerde afmetingen, in een trekbank geplaatst en vastgezet met twee klemmen. Een klem zit vast aan een gefixeerde ondergrond, terwijl de andere vastzit aan een beweegbaar deel. Het beweegbare deel van de trekbank zit horizontaal

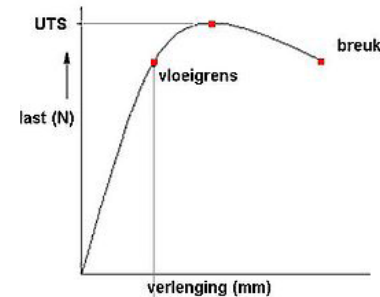
tussen twee zuilen en heet een traverse. Op de trekbank zit een user interface waarmee de gebruiker de beweging van de traverse aanstuurt.

Het proefstuk wordt door de trekbank uit elkaar getrokken. De uitgeoefende trekkracht wordt gemeten met een loadcel en de verlenging van het proefstuk met een sensor die afstand meet.

Over het algemeen zijn trekproeven computerbestuurd, maar dit wil zeggen dat de snelheid van de traverse gelijk wordt gehouden. Het verloop van de trekkracht wordt meestal weergegeven in een spanning-verlenging diagram (figuur 14), waarbij de spanning (figuur 13) wordt gemeten en de verlenging (figuur 13).



figuur 15 Een trekbank



figuur 14 Spanning-rekdiagram

$$F_t = ma$$

met

F_t : de trekkracht (N)
 m : de massa (kg)
 a : de versnelling (m/s^2)

figuur 11 Newton's traagheidswet

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

met

ε : de rek (%)
 ΔL : de lengteverandering (m)
 L_0 : oorspronkelijke lengte (m)

figuur 12 Definitie van rek

$$\sigma = F/A$$

met

σ : de spanning (Pa)
 F : de trekkracht (N)
 A : doorsnede oppervlak (m^2)

figuur 13 Definitie van spanning

3.5. Plaatsing van de frictietester

TPRC gebruikt een trekbank van het type Zwick 1445 (figuur 16). Hoewel deze over het algemeen voor trekproeven wordt gebruikt, gebruiken zij deze om de trekkracht te leveren tijdens de wrijvingsproef. Zie voor specificaties van de trekbank het kader 'Specs Zwick 1445 trekbank'.

Koppelen

Dit type trekbank werkt met een beweegbare traverse en daaronder een gefixeerde traverse. Beide hebben ringen met gaten waaraan gewenste onderdelen gekoppeld kunnen worden (figuur 17). Voor het monteren van een klem zijn er standaard koppelringen verkrijgbaar (figuur 18). De standaard koppelring heeft in het midden een gat met schroefdraad waaraan een klem vastgemaakt kan worden (figuur 20).

Klem

Klemmen zijn verkrijgbaar in diverse afmetingen. Er zijn klemmen voor kleine proefstukken, grote proefstukken, grote krachten en kleine krachten.

De proefstukken die TPRC bij wrijvingsproeven wil gebruiken zijn dunne

reepjes materiaal (figuur 21). Omdat er hiervoor geen geschikte klemmen bestonden hebben zij zelf een klem ontworpen.

De zelf ontworpen stalen klem kan aan de beweegbare traverse gekoppeld en ontkoppeld worden. Met een steeksleutel kan de klem dankzij een schroefdraad dichtgedraaid worden en zo het proefstuk vastklemmen (figuur 22).

Proefstuk

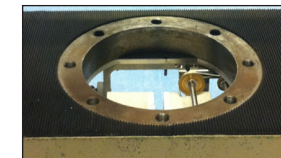
De reepjes materiaal, ook wel 'samples', zijn afkomstig van leveranciers als Ten-Cate en zijn slechts een fractie van een millimeter dik.

Frame

Hoewel er bij een normale trekproef slechts een klem aan de onderste traverse wordt bevestigd, is er voor de wrijvingsproef naast de klem een heel extra frame aan gehangen (figuur 19). Dit frame is door TPRC ontworpen en herbergt een groot deel van de onderdelen van de frictietester.



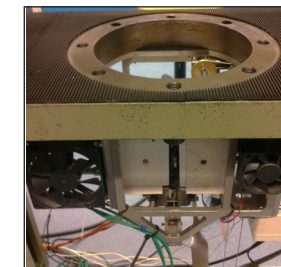
figuur 16 Zwick 1445



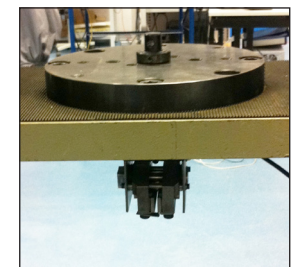
figuur 17 Ring met gaten



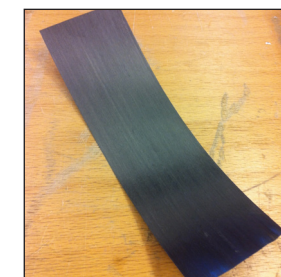
figuur 18 Koppelring



figuur 19 Frame onder traverse



figuur 20 Klem onder traverse



figuur 21 Proefstuk



figuur 22 Klem met steeksleutel

Specs Zwick 1445 trekbank

Trekkracht:	tot 10 kN
Verplaatsing:	tot 600 mm
Snelheid:	vanaf 0.2mm/min

3.6. De drukblokken

Nu duidelijk is hoe de frictietester geplaatst is, zal ingegaan worden op de onderdelen in de frictietester, allereerst de drukblokken. Om tot wrijving te komen moet er een drukkracht op het proefstuk worden uitgeoefend die tot een normaalkracht leidt, dit was een van de voorwaarden. Het is wenselijk dat deze kracht constant is zodat betrouwbare metingen verricht kunnen worden.

Perslucht

Een standaardvoorziening in de laboratoria van TPRC is de aanwezigheid van perslucht. Een compressor perst daarbij lucht samen en slaat deze op in een buffervat. Een luchtslang leidt de perslucht van het buffervat naar een regelaar (figuur 23). De regelaar maakt het voor de gebruiker mogelijk om een druk in te stellen, deze is af te lezen op een barometer. De ingestelde druk kan gebruikt worden voor diverse toepassingen.

Balg

De perslucht kan naar een balg geleid worden. Een balg kan hiermee opgepompt worden en vervolgens op het

proefstuk drukken. Om kracht op een proefstuk uit te oefenen moet een balg zich af kunnen zetten. Daarom is er een gefixeerd frame nodig waaraan een zijde van de balg gemonteerd is. Voor een betrouwbare meting is het gewenst een vlak en effen drukoppervlak te creëren (zie 'geometrie van het contactoppervlak' onder 3.2). Om deze reden zijn er twee vlakke gelijke drukblokken gemaakt waartussen het proefstuk geklemd kan worden. Aan de ene kant een gefixeerd drukblok, aan de andere kant een drukblok dat door de balg in beweging wordt gezet.

Specs drukblokken

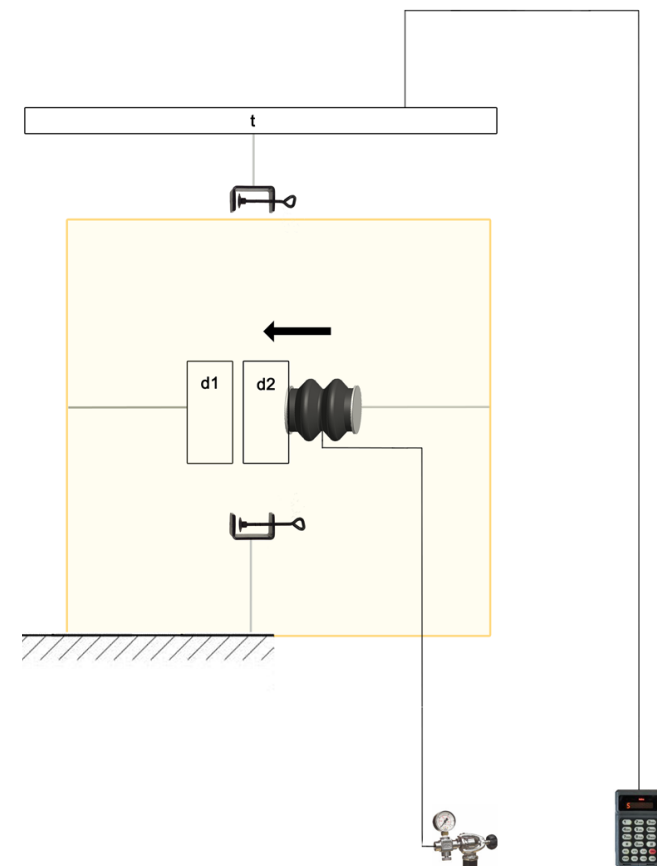
Drukkracht: tot 5 kN
Verplaatsing: 10 mm



figuur 23 Drukregelaar



figuur 24 Frame met twee drukblokken



FRAME
wordt in trekbank vastgemaakt



TRAVERSE
kan omhoog/omlaag bewegen



TREKBANK INTERFACE
laat gebruiker traverse aansturen



BOVENKLEM
laat gebruiker testsample vastklemmen
zit vast aan traverse
kan van traverse losgemaakt worden



ONDERKLEM
laat gebruiker contrasamples vastklemmen
zit vast aan frame



DRUKBLOK 1
zit vast aan frame



DRUKBLOK 2
kan naar drukblok 1 en terug bewegen
zit vast aan balg



BALG
kan opgepompt worden
kan drukblok 2 tegen drukblok 1 drukken
zit vast aan frame



COMPRESSOR
laat gebruiker druk in balg regelen

3.7. De warmte elementen

Één van de voorwaarden voor het meten en variëren van de variabelen is dat de temperatuur regelbaar is.

Temperatuur regelen

Wrijving is afhankelijk van temperatuur (zie 3.2.). Omdat het wenselijk is om wrijving bij verschillende temperaturen te kunnen meten is het belangrijk dat de temperatuur van de drukoppervlakken nauwkeurig ingesteld kan worden. Een maximum van zo'n 450 graden Celcius zou voldoende zijn om vezelversterkte kunststof tot boven de smelttemperatuur te kunnen verwarmen. Een kant en klare interface van het merk national instruments (figuur 25) kan de computer verbinden met een relais (figuur 26) dat op het lichtnet en de warmte elementen aangesloten zit. Dit maakt het mogelijk om de hoeveelheid spanning op de warmte elementen met de computer aan te sturen. Op de computer bevindt zich standaard laboratorium software (figuur 27) waarmee de temperatuur ingesteld kan worden.

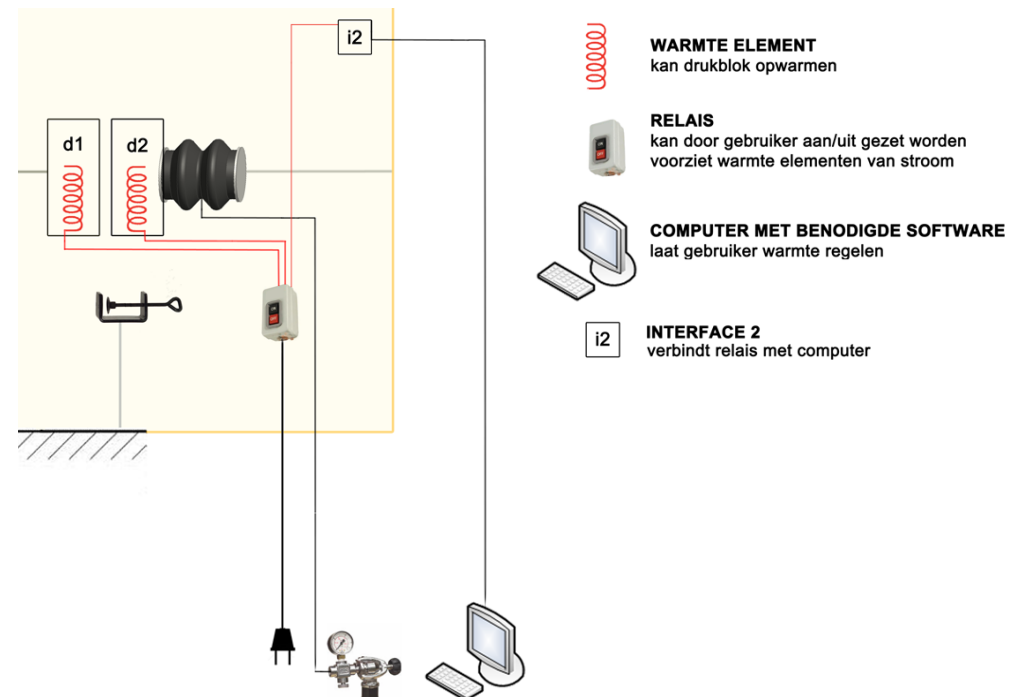
Isolatie

Een warmte element dat dicht op het

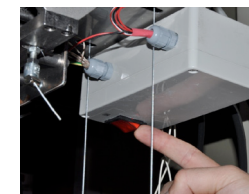
drukoppervlak geplaatst is geeft een directe warmte aan het proefstuk af. Andere delen van de meetopstelling zouden echter beïnvloedt kunnen worden door de hoge temperaturen, voor een nauwkeurige meting zou dit voorkomen moeten worden. Daarom heeft TPRC de drukblokken van binnen uitgerust met warmte elementen en van de buitenkant bedekt met isolerend schuim (figuur 28).

Specs warmte elementen

Temperatuur: tot 450 graden C°



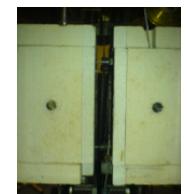
figuur 25 Computer met interface



figuur 26 Relais



figuur 27 Software om de temperatuur mee in de stellen



figuur 28 Drukblokken bedekt met isolerend schuim

3.8. De sensoren

Load cell

Voor het meten van trek- en drukkrachten, zijn zogenaamde load cells te koop (figuur 29). Dit is een elektronische sensor die gebruikt wordt om een kracht om te zetten in een elektrisch signaal. Via een kabel en een interface kan de load cell een waarde doorgeven die op de computer afgelezen kan worden. Een load cell is de gangbare manier om krachten te meten en is relatief eenvoudig te installeren. De sensor moet zo gemonteerd worden dat de kracht er doorheen geleid wordt. Voor het meten van de trekkracht betekent dit dat hij tussen de traverse en de klem gemonteerd wordt (figuur 32). Voor de drukkracht tussen de balg en de behuizing.

Thermokoppel

Voor een betrouwbare meting is het gewenst om de temperatuur van het gehele contactoppervlak gelijk te houden. Daarom is het vereist om de temperatuur van de drukblokken op meerdere plekken in de gaten te houden. Hiervoor heeft TPRC de keuze gemaakt om twee thermokoppels (figuur 30) per drukblok te plaatsen. De waarde van de meting wordt weergegeven op het computerscherm.

LVDT

Wanneer het oppervlak van drukblok 1 en dat van drukblok 2 exact parallel met elkaar lopen dan is de druk op de oppervlakken zo gelijkmatig mogelijk verdeeld. Een bobbel zou de meetresultaten daarentegen verstoren. Hierom is het wenselijk om de paralleliteit te meten. Dit wordt gedaan met afstand sensoren van het type LVDT; Linear Variable Differential Transformer (figuur 31). Een LVDT bestaat uit een smal buisje dat in en uit een grotere buis kan schuiven. De mate waarin de smalle buis uitgeschoven is bepaald het elektrische signaal dat de sensor afgeeft. De LVDT is een gangbaar en nauwkeurig type sensor. Door op verschillende plaatsen LVDT's tussen de drukblokken te plaatsen en daarmee de afstand te meten kan de paralleliteit gemeten worden en worden weergegeven in de software.

Door een LVDT tussen de beweegbare en de gefixeerde traverse te monteren (figuur 33) en daarmee de verplaatsing te meten kan de snelheid van de traverse tijdens de proef worden afgeleid.



figuur 29 Load Cell



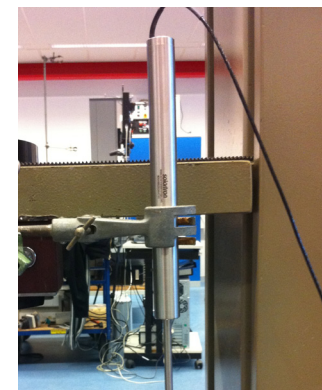
figuur 30 Thermo Koppel



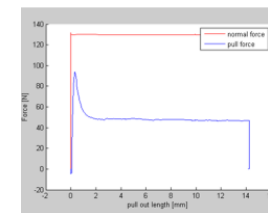
figuur 31 LVDT's



figuur 32 Load Cell tussen klem en traverse



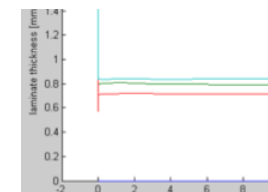
figuur 33 LVDT tussen beweegbare en gefixeerde traverse



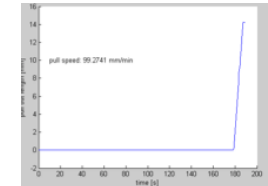
figuur 34 Weergave van de trek- en drukkracht op de computer

T_F_Top	T_M_Top	T_Fixed
30.7	20.3	25.6
T_F_Low	T_M_Low	T_Mov
-6.50	19.3	25.1

figuur 35 Weergave van de temperaturen op de computer



figuur 36 Weergave van afstand tussen drukblokken op verschillende punten



figuur 37 Weergave van de verplaatsing van de traverse

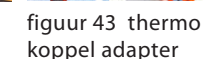
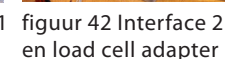
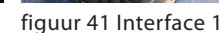
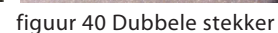
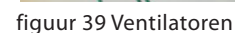
De warmte van de drukklokken kan invloed hebben op de metingen van de LVDT's en Load cells. Om die reden worden de sensoren rondom de drukklokken gekoeld doormiddel van ventilatoren (zie figuur 38, 39). Er zijn vier ventilatoren, 2 grote bij de LVDT's en 2 kleine bij de load cells. Deze ventilatoren zitten op het relais aangesloten waarmee deze aan- en uitgezet kunnen worden.

Het relais voorziet naast de ventilatoren ook de warmte elementen van stroom. Qua installatie van de meetopstelling was het meest eenvoudig om een stekker voor de warmte elementen aan te sluiten en een aparte voor de ventilator. Om die reden heeft de meetopstelling een dubbele stekker (figuur 40).

Er zijn twee interfaces om de computer te verbinden met de onderdelen van de meetopstelling. De LVDT's delen gezamenlijk een interface (figuur 41). De overige sensoren en het relais delen de andere interface (figuur 42).

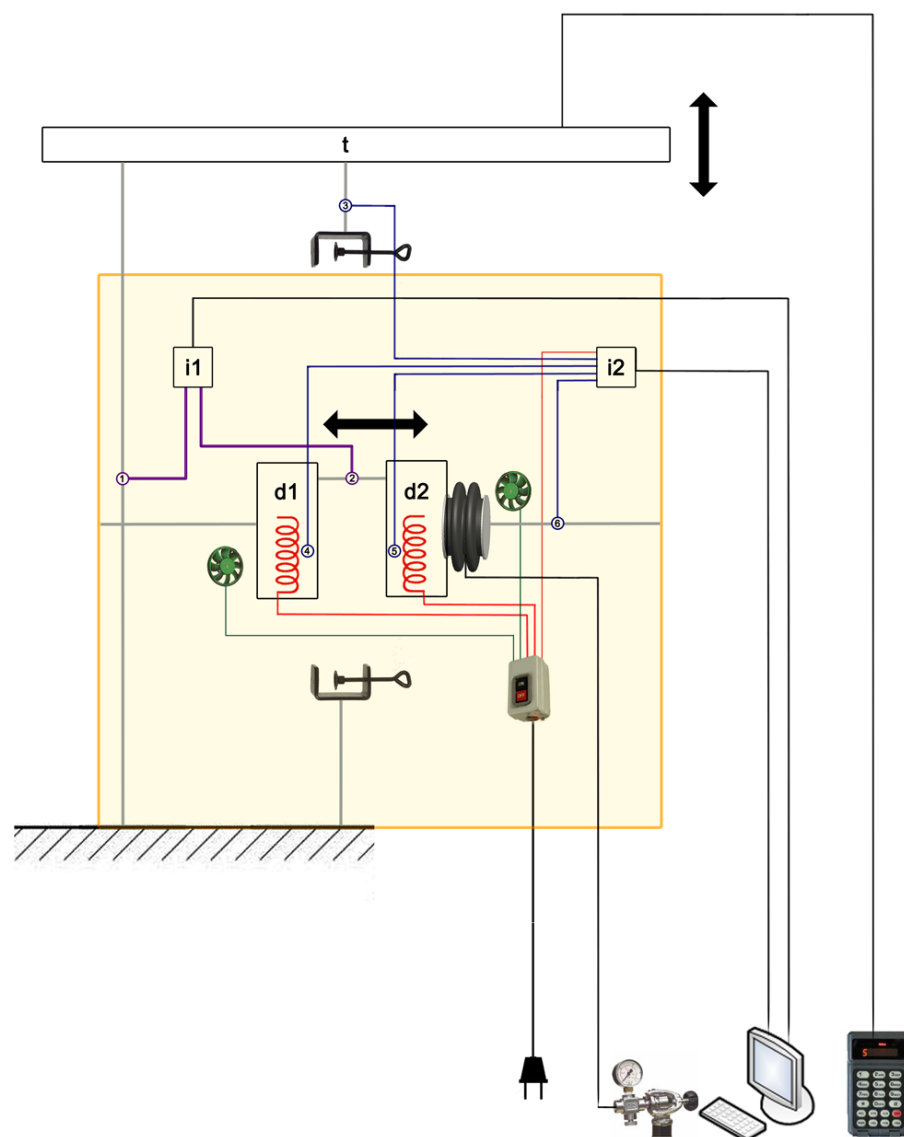
Het type load cell dat is gebruikt voor het meten van de drukkrachten in de huidige meetopstelling heeft een stekker die niet past in het type interface dat gebruikt is. Om die reden is er een adapter tussen de load cells en de interface geplaatst (figuur 42). Om dezelfde reden zit er tussen de thermokoppels en de interface ook een adapter (figuur 43).

Het beweegbare drukblok moet in horizontale richting kunnen bewegen, in verticale richting echter niet. Om dit te realiseren is voor de eigenaardige oplossing gekozen om twee kabels over een tweetal katrollen heen te leiden. Één uiteinde van elk van de kabels is aan het drukblok bevestigd, een ander uiteinde aan het contragewicht (zie figuur 38, 44).

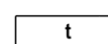


'Het schematisch overzicht is een vereenvoudigde weergave, de volgende onderdelen zijn er niet in opgenomen: De dubbele stekker, de adapters, het contragewicht

3.10. Schematisch overzicht proefopstelling¹



FRAME
wordt in trekbank vastgemaakt



TRAVERSE
kan omhoog/omlaag bewegen



TREKBANK INTERFACE
laat gebruiker traverse aansturen



BOVENKLEM
laat gebruiker testsample vastklemmen
zit vast aan traverse
kan van traverse losgemaakt worden



ONDERKLEM
laat gebruiker contrasamples vastklemmen
zit vast aan frame



DRUKBLOK 1
zit vast aan frame



DRUKBLOK 2
kan naar drukblok 1 en terug bewegen
zit vast aan balg



BALG
kan opgepompt worden
kan drukblok 2 tegen drukblok 1 drukken
zit vast aan frame



COMPRESSOR
laat gebruiker druk in balg regelen



WARMTE ELEMENT
kan drukblok opwarmen



VENTILATOR 1
koelt sensor 2



VENTILATOR 2
koelt sensor 6



RELAIS
kan door gebruiker aan/uit gezet worden
voorziet warmte elementen van stroom
voorziet ventilatoren van stroom



COMPUTER MET BENODIGDE SOFTWARE
laat gebruiker warmte regelen
laat gebruiker meetwaarden zien



INTERFACE 1
verbindt sensoren met computer



INTERFACE 2
verbindt sensoren met computer
verbindt relais met computer

①

SENSOR 1
meet afstand tussen traverse en ondergrond
bestaat uit 1 afstands sensor

②

SENSOR 2
meet afstand tussen drukblok 1 en drukblok 2
bestaat uit 4 parallelle afstands sensoren

③

SENSOR 3
meet verticale trekkracht
is bevestigd tussen traverse en bovenklem
bestaat uit 1 krachtsensor

④

SENSOR 4
meet temperatuur drukblok 1
bestaat uit 3 temperatuursensoren

⑤

SENSOR 5
meet temperatuur drukblok 2
bestaat uit 3 temperatuursensoren

⑥

SENSOR 6
meet horizontale drukkracht
zit bevestigd tussen balg en behuizing
bestaat uit 3 parallelle krachtsensoren

3.11. Aanbevelingen bestaande meetopstelling

Tijdens de analyse van de onderdelen kwam aan het licht dat enkele van de bestaande onderdelen niet (goed) toepasbaar zouden zijn in een commercieel product. Deze onderdelen zouden aangepast kunnen (of moeten) worden. Het herontwerpen van de onderdelen waaruit het apparaat bestaat valt desondanks buiten de opdracht. In nevenstaande tabel staan onderdelen vermeld die aangepast zouden moeten worden met daarbij een argumentatie vermeld.

	Onderdeel	§	Aanbeveling	Argument
1	Frame	3.5	Werk met een frame dat bovenop de traverse gezet kan worden en er niet onder hangt.	Gebruiksvriendelijkheid: niet meer nodig om frame vast te houden tijdens installatie
2	Klemmen	3.5	Ontwerp een klem die zonder een steeksleutel of ander hulpstuk geopend en gesloten kan worden.	Gebruiksvriendelijkheid: geen steeksleutel meer nodig
3	Balg	3.6	Vervang de balg voor een elektrische actuator met vergelijkbare specificaties die op netstroom werkt. Stuur deze actuator aan met de computer.	Gebruiksvriendelijkheid: geen perslucht meer nodig.
4	Dubbele stekker	3.9	Werk met een enkele stekker en verdeel de spanning over de ventilatoren en de warmte elementen	Gebruiksvriendelijkheid: geen dubbel stopcontact meer nodig
5	Interface 1	3.9	Werk met een kleinere interface 1 en monteer deze in het frame	Transportabel maken
6	Interface 2	3.9	Werk met een kleinere interface 2 en monteer deze in het frame	Transportabel maken
7	Contragewicht	3.9	Ontwerp een alternatief waardoor het drukblok in horizontale richting beweegbaar maar in verticale richting fixeert, bijvoorbeeld; een geleidende baan of veer.	Transportabel maken
8	Load cell Adapter	3.9	Werk met een kleinere load cell adapter en monteer deze binnen in het frame	Transportabel maken
9	Thermo koppel adapter	3.9	Monteer een (eventueel kleinere) thermo koppel adapter binnen in het frame	Transportabel maken
10	Klemmen	3.5	Pas de klem aan waardoor deze niet corrodeert, bijvoorbeeld: RVS, aluminium of staal met coating.	Esthetiek
11	LVDT	3.8	Ontwerp een systeem waarmee de LVDT tussen de beweegbare en stilstaande traverse door de gebruiker makkelijk gemonteerd kan worden en vervolgens makkelijk verbonden kan worden met de interface.	Gebruiksvriendelijkheid: geen improvisatie van de gebruiker nodig.

	Onderdeel	Paragraaf	Aanbeveling	Argument
12	Warmte elementen, computer	3.7	Behoud de softwarematige aansturing van de temperatuur met de computer	Gebruiksvriendelijkheid: metingen en aansturing op hetzelfde beeldscherm
13	Isolerend schuim	3.7	Pas het isolerende schuim aan waardoor het oppervlak egaal wordt en de kleur effen.	Esthetiek
14	interface 1, interface 2, relais	3.7, 3.9	Plaats interface 1, interface 2 en het relais zo, dat alle benodigde stekkers zich bij elkaar bevinden	Gebruiksvriendelijkheid: stekkers makkelijker te vinden door gebruiker
15	interface 1, interface 2	3.9	Zorg dat er uiteindelijk nog maar 1 usb-aansluiting is	Gebruiksvriendelijkheid: geen dubbele usb-aansluiting meer nodig.

4 Gebruiksanalyse

Nadat duidelijk is uit welke onderdelen de proefopstelling bestaat en wat aangepast zou kunnen worden, moet in kaart worden gebracht hoe de proefopstelling gebruikt wordt. Door middel van observatie en ondervraging is een gebruikshandleiding opgesteld. Deze handleiding wordt geïllustreerd met schematische weergaves van de proefopstelling. Er is gekozen voor schematische weergaven omdat sommige handelingen met een foto niet zichtbaar gemaakt kunnen worden.

De handelingen zijn onderverdeeld in de 6 paragrafen die hiernaast worden genoemd.

4.1 Opstarten

4.2 Kalibreren

4.3 Testsample prepareren

4.4 Proef uitvoeren

4.5 Meetgegevens analyseren

4.6 Afsluiten



figuur 45 Opstarten

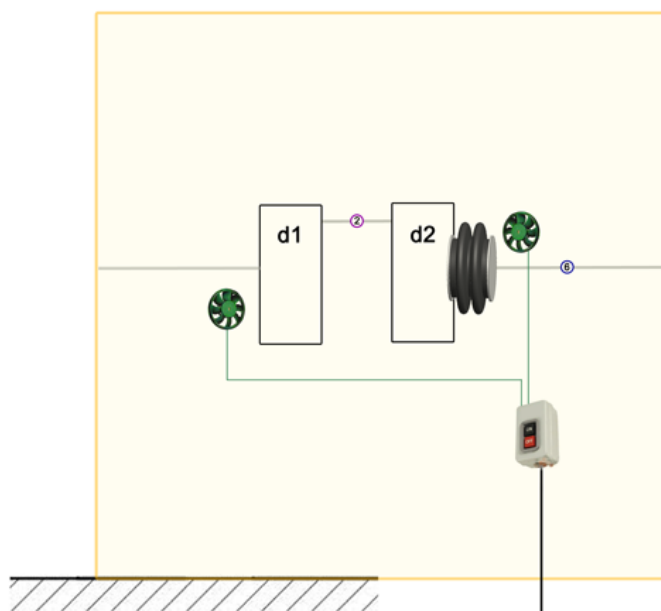
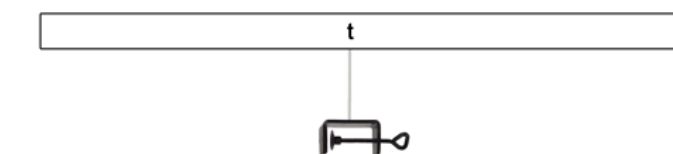


figuur 46 Kalibreren

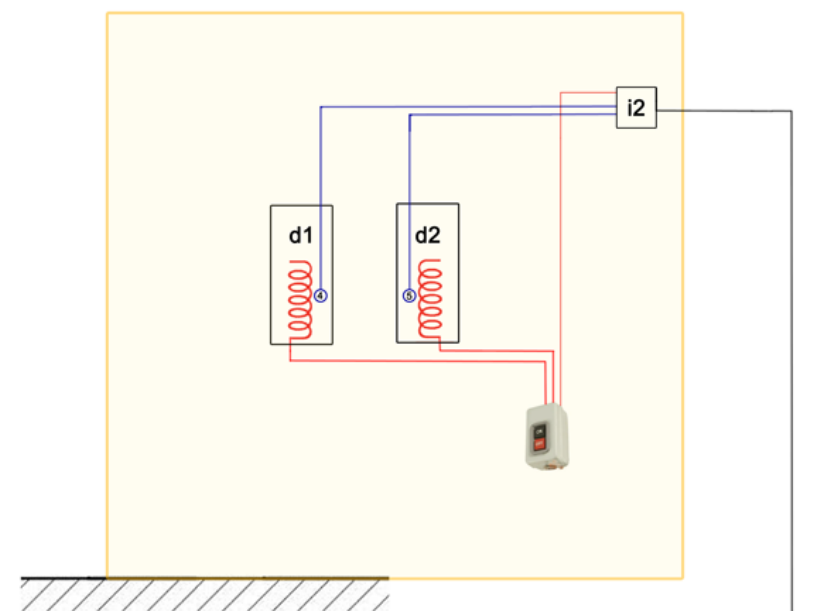
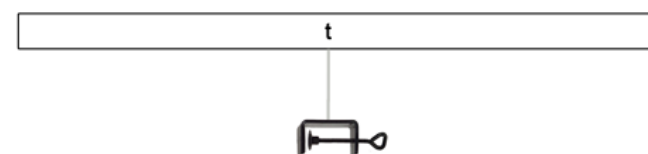


figuur 47 Testsample prepareren

4.1.Opstarten



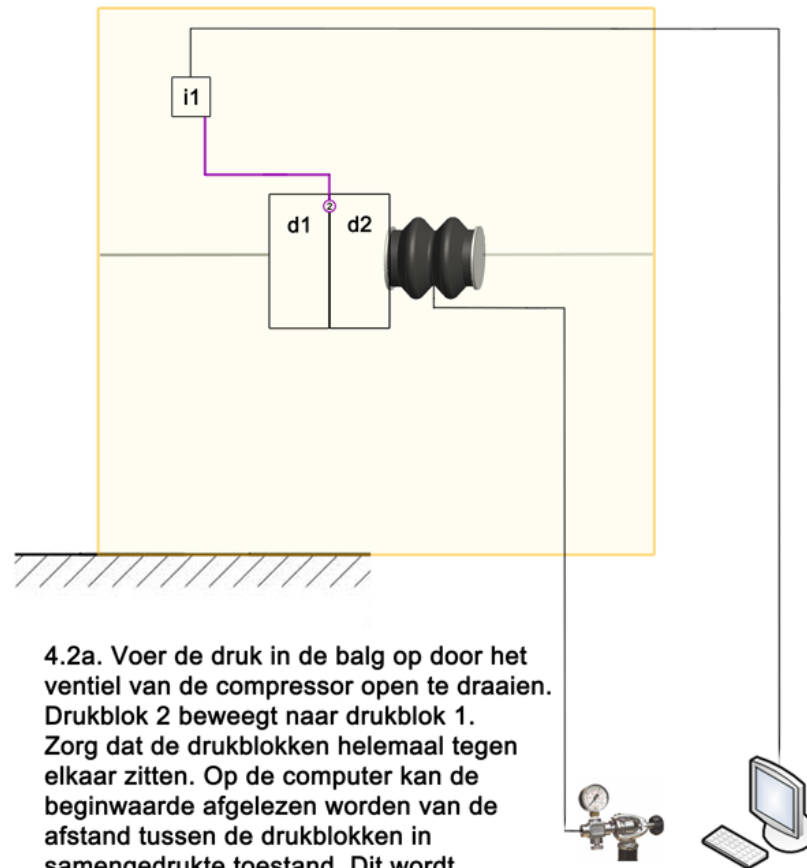
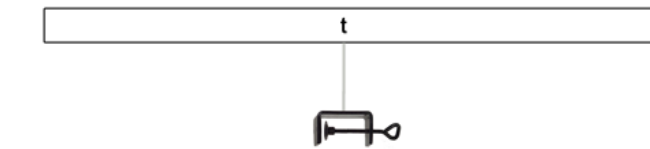
4.1a. Zet het relais aan. De ventilatoren worden ingeschakeld, deze houden sensor 2 en 6 koel als de drukblokken opwarmen.



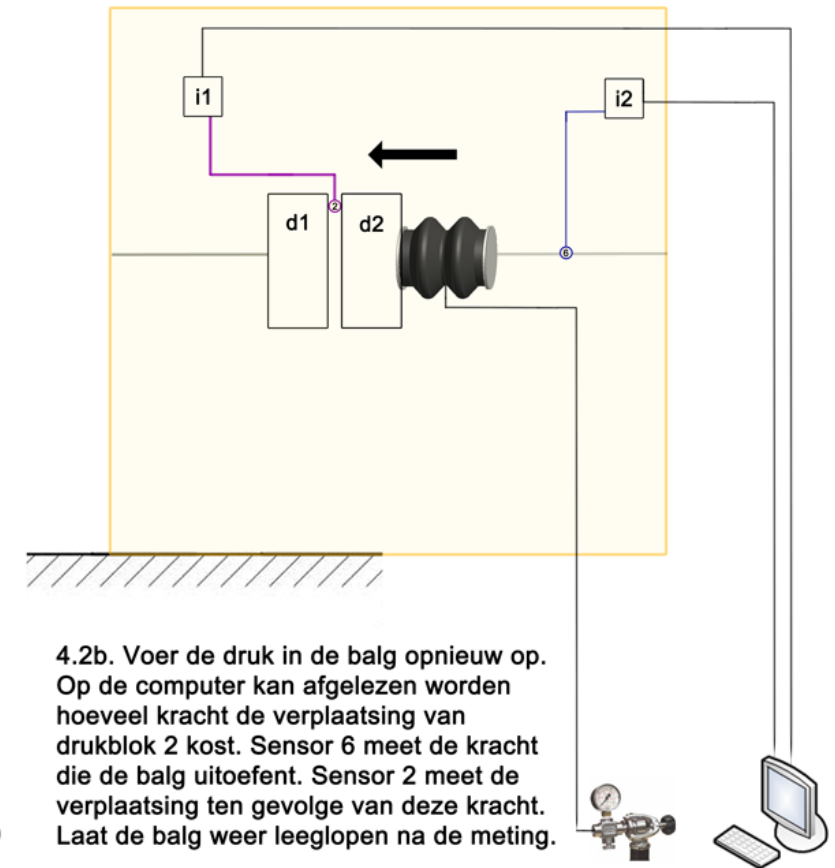
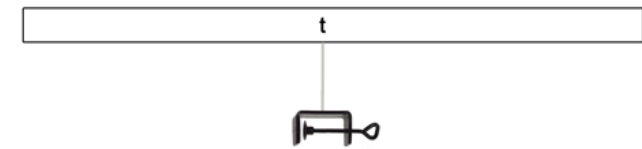
4.1b. Zet de computer aan. Start de benodigde software op. Stel op de computer de gewenste temperatuur in. Op de computer kan de temperatuur van de drukblokken afgelezen worden dankzij sensor 4 en 5. Wacht tot de gewenste temperatuur bereikt is.



4.2. Kalibreren

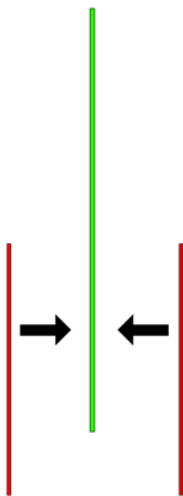


4.2a. Voer de druk in de balg op door het ventiel van de compressor open te draaien. Drukblok 2 beweegt naar drukblok 1. Zorg dat de drukblokken helemaal tegen elkaar zitten. Op de computer kan de beginwaarde afgelezen worden van de afstand tussen de drukblokken in samengedrukte toestand. Dit wordt gemeten door sensor 2. Laat de balg weer leeglopen na de meting.



4.2b. Voer de druk in de balg opnieuw op. Op de computer kan afgelezen worden hoeveel kracht de verplaatsing van drukblok 2 kost. Sensor 6 meet de kracht die de balg uitoefent. Sensor 2 meet de verplaatsing ten gevolge van deze kracht. Laat de balg weer leeglopen na de meting.

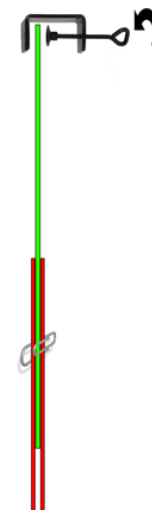
4.3. Testsample prepareren



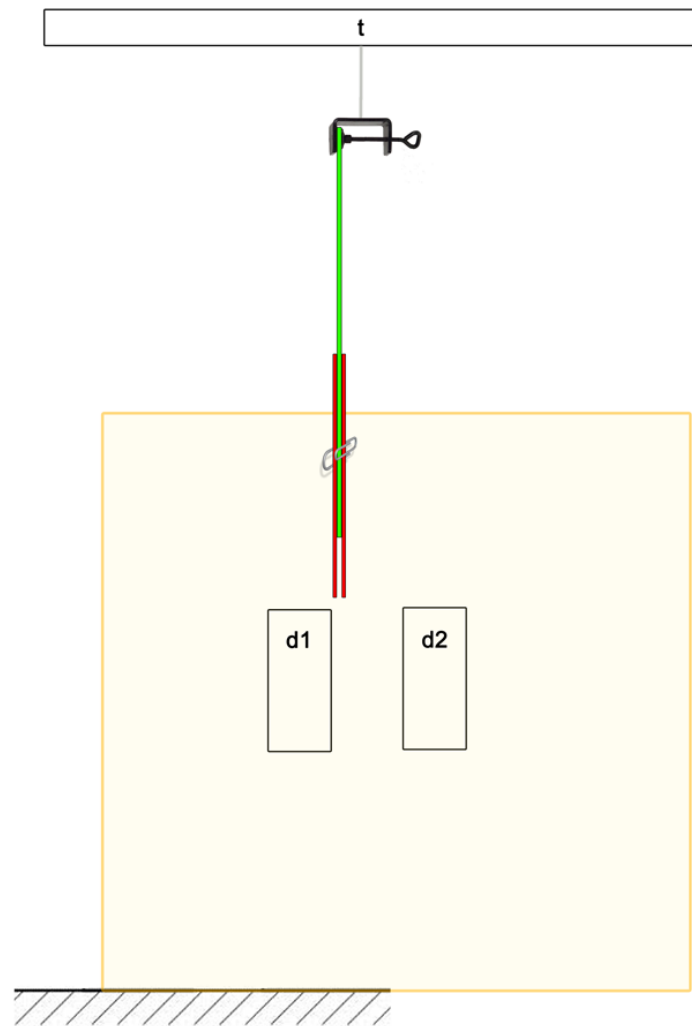
4.3a. Prepareer een testsample en contrasamples. Leg een testsample tussen twee contrasamples van metaalfolie (zoals op afbeelding), of leg een testsample tussen twee contrasamples naar keuze en lijm metaalfolie op de buitenkant van de contrasamples. De metaalfolie voorkomt dat de samples resten gesmolten thermoplast achterlaten op de drukblokken.



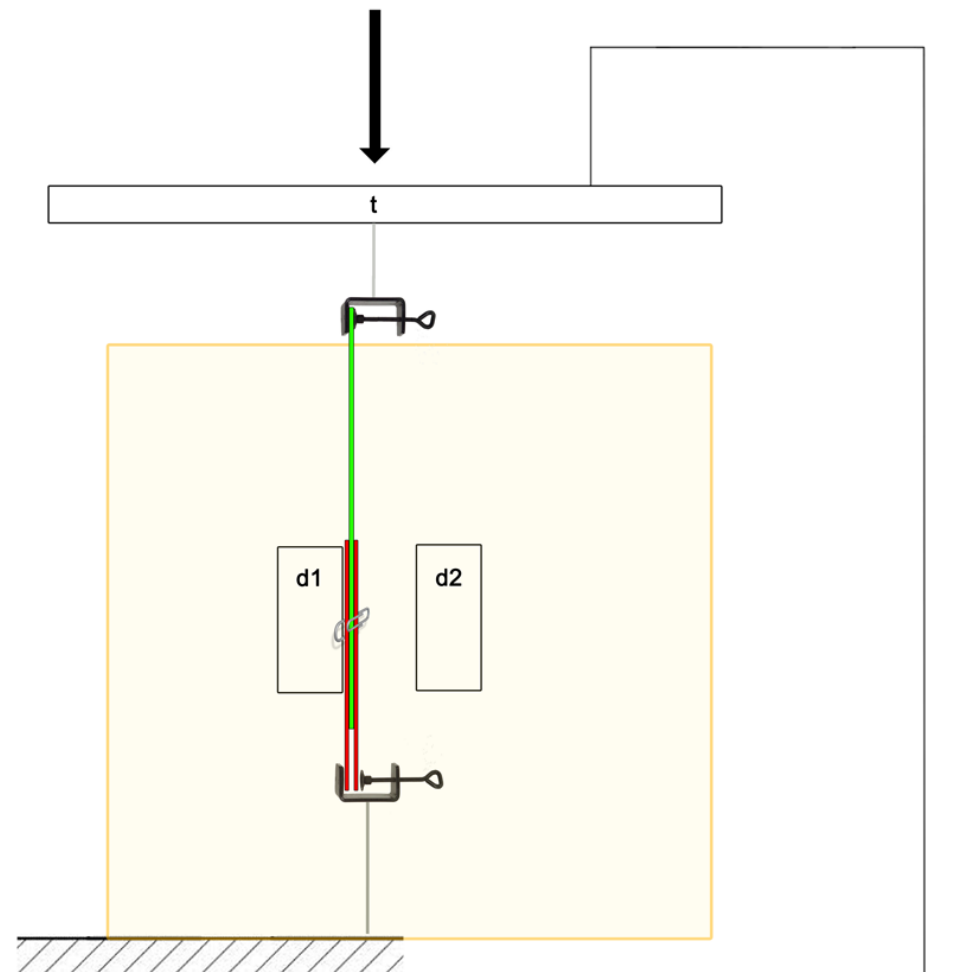
4.3b. Plaats een paperclip om sample en contrasamples bij elkaar te houden.



4.3c. Maak de bovenklem los van de traverse. Draai de testsample vast in de klem.

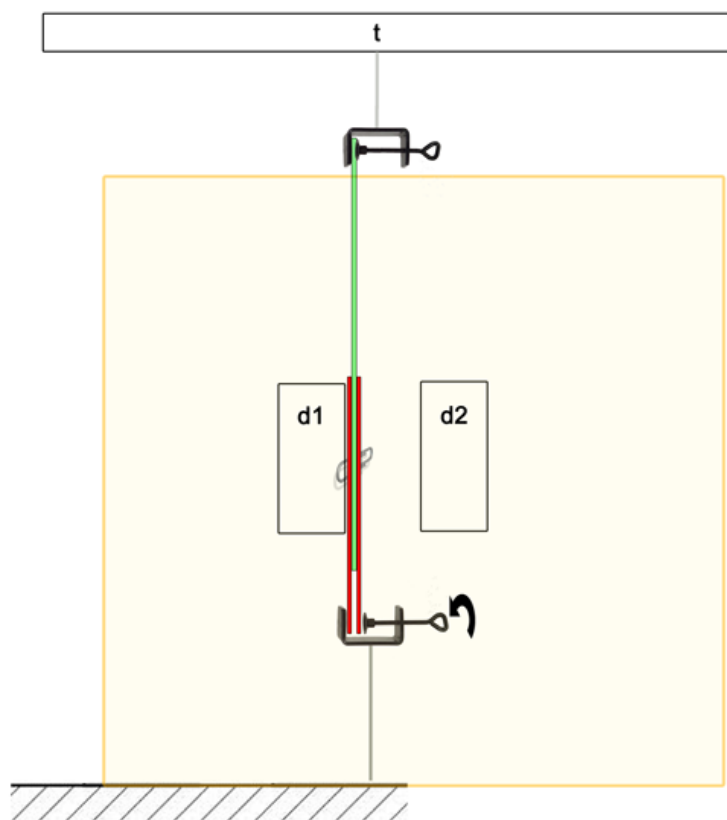


4.3d. Maak de bovenklem weer vast aan de traverse.
Zorg dat de samples boven de drukblokken hangen.

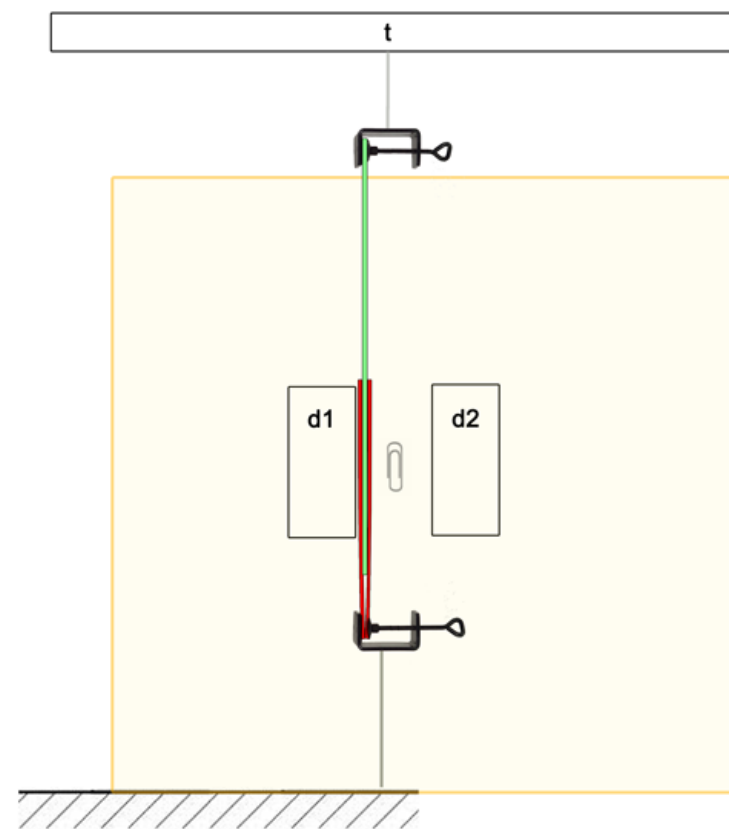


4.3e. Laat de traverse en hetgeen er onder hangt zakken met behulp van de trekbank interface. Zorg dat de samples tussen de drukblokken zakken. Zorg dat de onderkant van de testsample ongeveer 15 mm onder de drukblokken zit. Laat de onderkant van de contrasamples in de onderklem vallen.

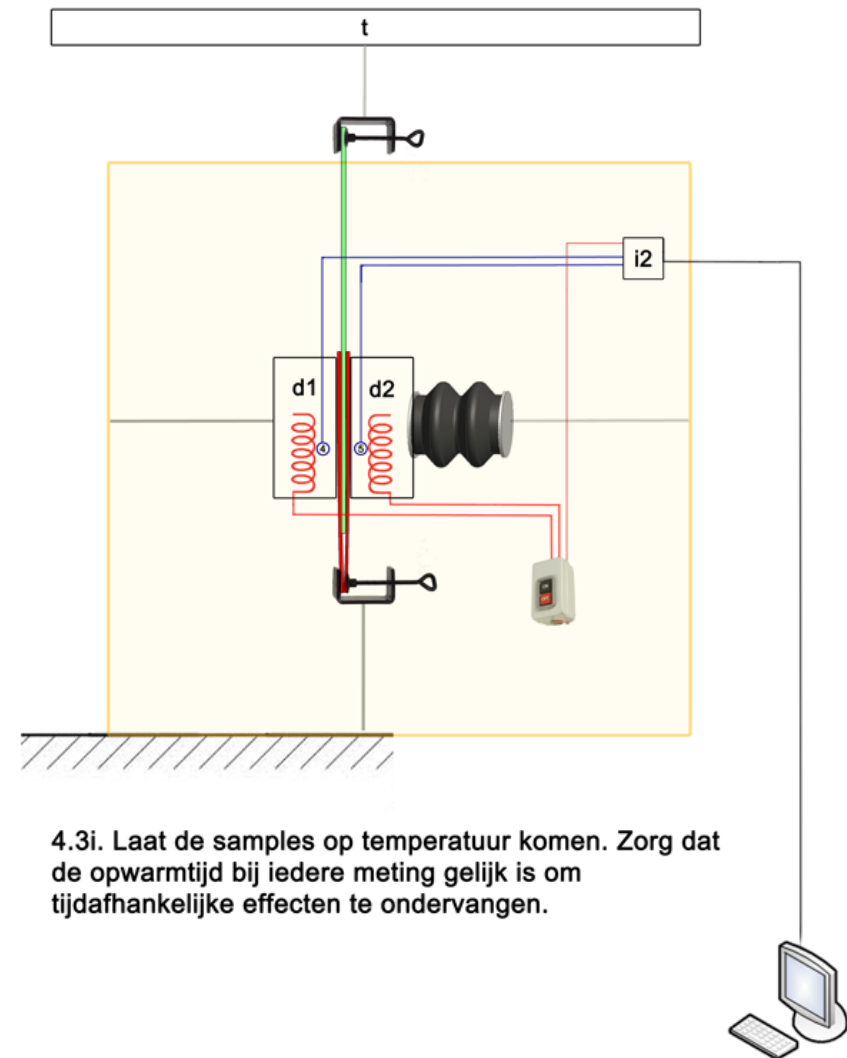
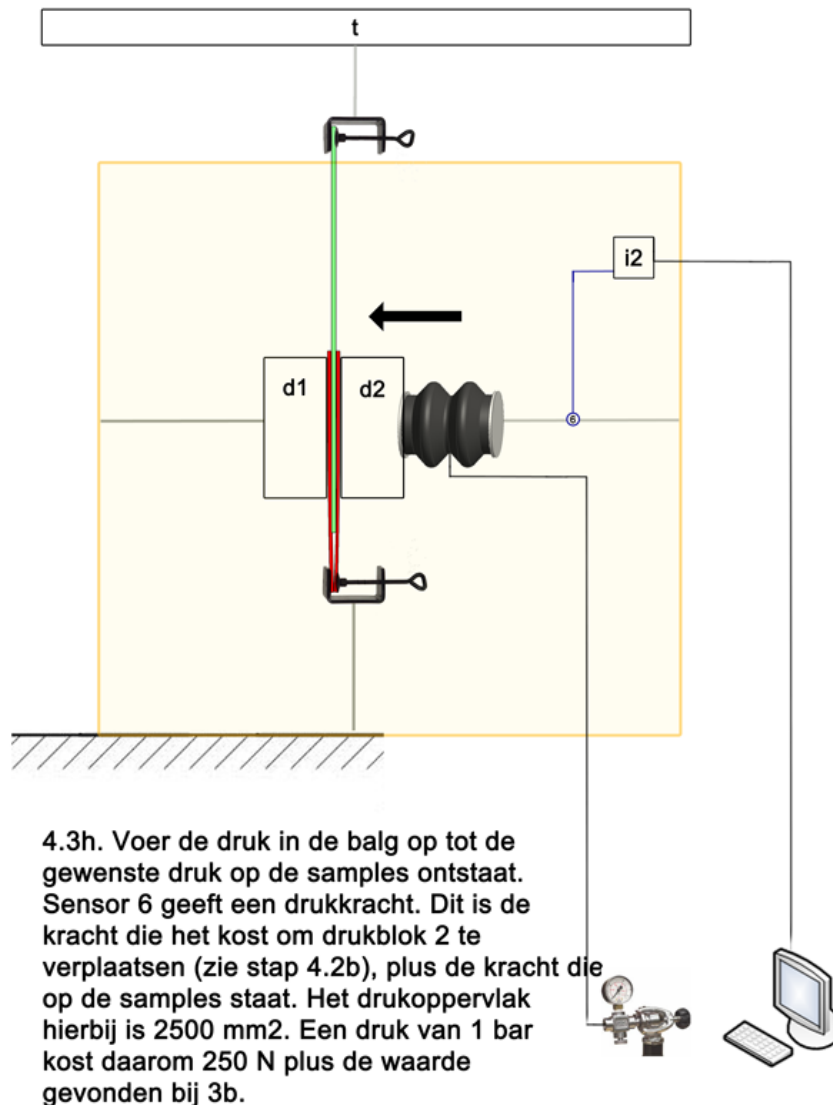




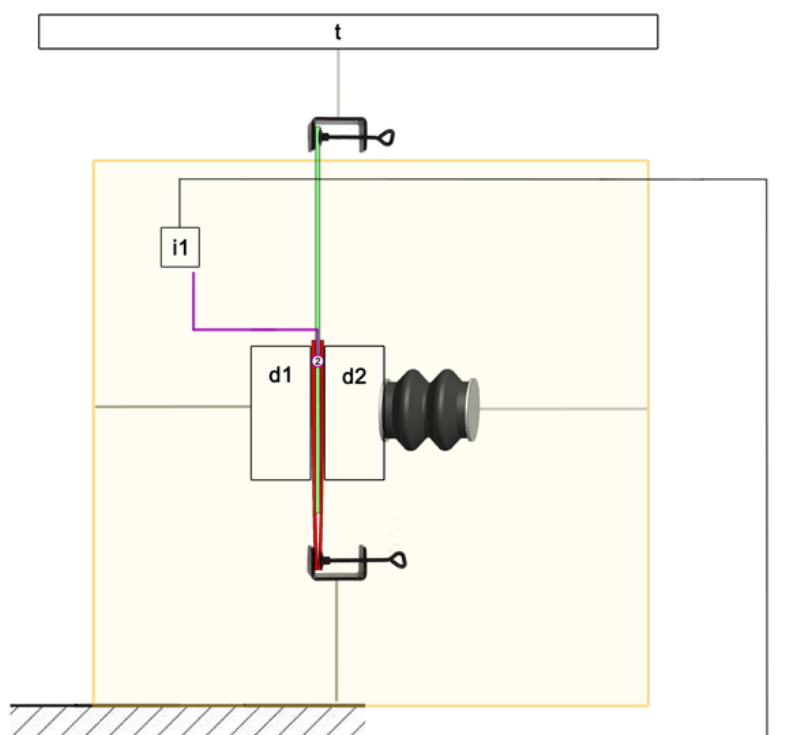
4.3f. Draai de onderklem aan, zodat de contrasamples ingeklemd zitten.



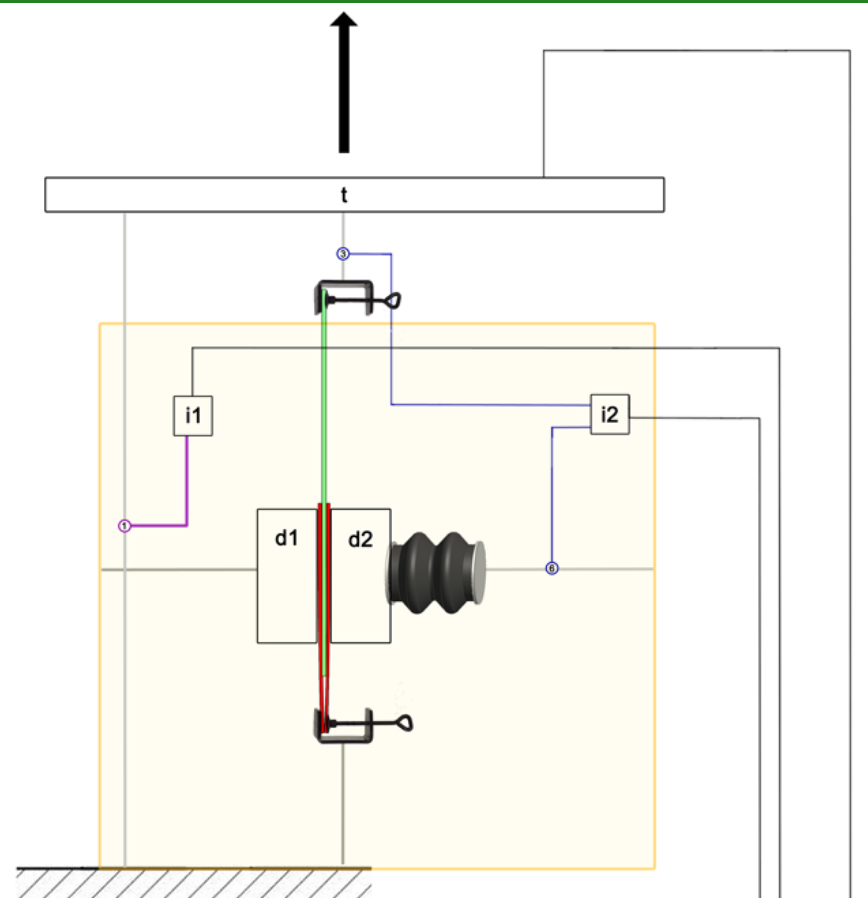
4.3g. Verwijder de paperclip.



4.4. Proef uitvoeren

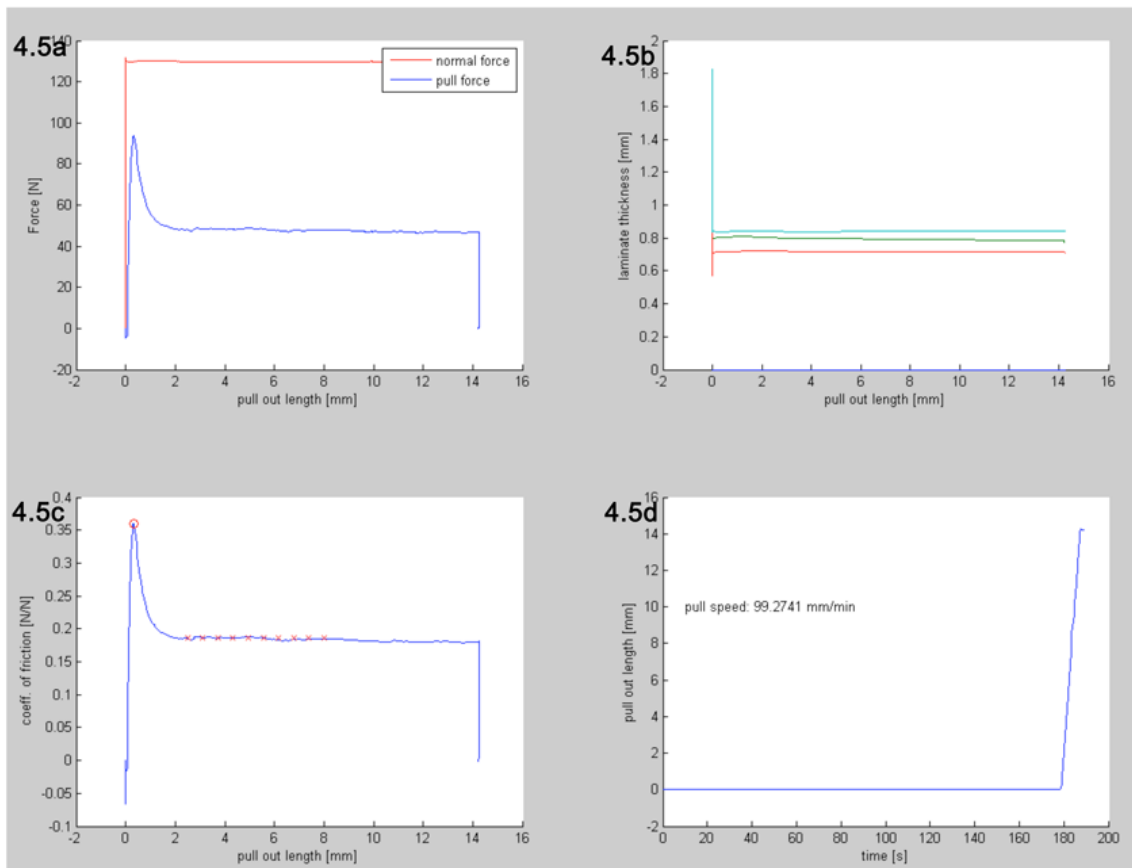


4.4a. Sensor 2 meet de afstand tussen de drukblokken op meerdere punten, parallel met elkaar. Deze afstanden worden door de software gecompenseerd met de afstand waarmee de drukblokken helemaal tegen elkaar zitten (zie stap 4.2a). Wanneer de afstand tussen de drukblokken op de verschillende punten gelijk is dan liggen de samples en contrasamples parallel met elkaar en de drukblokken. Dit geeft de betrouwbaarste meting.



4.4b. Stel op de trekbank interface de gewenste snelheid in. Laat de traverse omhoog bewegen met de trekbank interface.. Hierdoor wordt de sample tussen de contrasamples uitgetrokken. Trek de sample ongeveer 15 mm hoger. Sensor 3 geeft een trekkracht. De software zal de uiteindelijke trekkracht op de sample verkrijgen door de waarde van sensor 3 te compenseren met de kracht die het gewicht van de klem op sensor 3 uitoefent. Sensor 1 meet tijdens dit proces de verplaatsing van de traverse. De software berekent aan de hand hiervan de snelheid van de traverse.

4.5. Meetgegevens analyseren



4.5. Open de meetgegevens in het computerprogramma matlab, hier verschijnen grafieken met onder anderen de volgende meetgegevens:

4.5a Trekkraft van sensor 3 (blauw)
Drukkracht van sensor 6 (rood).

4.5b De afstand tussen de drukblokken op meerdere punten zoals gemeten door sensor 2.

4.5c De wrijvingscoëfficiënt, verkregen door trekkraft te delen door 2 maal de drukkracht. Dit omdat het drukoppervlak dubbel zo groot is met twee drukblokken.

4.5d De snelheid waarmee de traverse bewogen heeft, aan de hand van de gegevens van sensor 1.

4.6. Afsluiten

4.6. Laat de lucht weer uit de balg lopen, draai de klemmen weer los, verwijder de samples, beweeg de traverse weer omhoog. Laat de ventilatoren aanstaan zolang de drukblokken nog warm zijn.

4.7. Aanbevelingen gebruiksanalyse

Tijdens de analyse van het gebruik van de huidige meetopstelling kwamen extra inzichten aan het licht over bestaande onderdelen die niet (goed) toepasbaar zouden zijn in een commercieel product. Deze onderdelen zouden aangepast kunnen (of moeten) worden. Het herontwerpen van de onderdelen waaruit het apparaat bestaat valt desondanks buiten de opdracht. In nevenstaande tabel staan aanbevelingen met daarbij een argumentatie vermeld.

	Handeling	§	Aanbeveling	Argument
1	Loskoppelen van bovenklem	4.3c	Ontwerp een koppeling waarmee de klem zonder hulpstuk (steeksleutel) losgemaakt kan worden van de traverse	Gebruiksvriendelijkheid: geen steeksleutel meer nodig
2	Verwijderen van paperclip	4.3b - 4.3g	Ontwerp een hulpstuk waarmee sample en contrasamples samengehouden worden en dat makkelijker te verwijderen is dan een paperclip	Gebruiksvriendelijkheid

5. Programma van Eisen

Nadat de huidige meetopstelling geanalyseerd is kan aan het ontwerpen van de behuizing begonnen worden.

Frame en behuizing

Zoals eerder vermeld hangt het huidige frame onder de traverse. Dit maakt de installatie van de frictietester in de trekbank gecompliceerd, de gebruiker moet het frame vasthouden en tegelijkertijd vastschroeven. Het zou wenselijk zijn om een frame te hebben dat bovenop de traverse geplaatst kan worden. Daarnaast is de klem die binnen in de frictietester zit moeilijk bereikbaar, dit heeft ook te maken met de vorm van het frame. Met het uitgangspunt om het uiteindelijke commerciële product gebruiksvriendelijk te maken is er voor gekozen om allereerst aanpassingen aan het frame te doen en er vervolgens een behuizing omheen te ontwerpen. Zoals uit de analyse volgde moeten de onderdelen binnenin de frictietester ook herontworpen worden. Dit komt in dit ontwerpproces echter niet aan bod.

Programma van Eisen

Frame

- Maakt het mogelijk om alle onderdelen aan te bevestigen
- Kan bovenop een traverse van een Zwick 1445 gemonteerd worden
- Kan belast worden tot 6000 N
- Kan gemonteerd en gedemonteerd worden door de gebruiker
- Houdt de ruimte waar drukblokken zitten bereikbaar voor gebruiker
- Houdt de klem bereikbaar voor gebruiker
- Houdt ruimtes waar vuil zich ophoopt bereikbaar om schoon te maken.
- Kan geproduceerd worden met gangbare middelen
- Bestaat uit materiaal met een goede prijs-kwaliteit verhouding

Behuizing

- Dekt onderdelen af
- Houdt drukblokken bereikbaar
- Houdt klem bereikbaar
- Verzorgt luchtinlaat voor ventilatoren
- Maakt de frictietester transportabel
- Is door de gebruiker te openen
- Kan geproduceerd worden met gangbare middelen
- Bestaat uit materiaal met een goede prijs-kwaliteit verhouding
- Houdt ruimte vrij voor user interface en aansluitingen van kabels

6.1. Bestaand frame

Het huidige frame bestaat uit 6 delen: een voorkant en achterkant, een frame-deel links en rechts, de bevestigingsring aan de bovenkant en een dwarsbalk aan de onderkant (figuur 48).

Materiaal en productie

Het frame bestaat in zijn geheel uit roestvrij staal. De delen zijn uit een 8 mm dikke RVS plaat gefreesd. Onderling zijn de delen verbonden met Inbusbouten (DIN 912 M4). Dankzij gaten waar schroefdraad in is getapt kunnen de delen met deze bouten aan elkaar worden geschroefd. De inbusbouten (figuur 49) kunnen door een inbus-sleutel bereikt worden vanuit moeilijke hoeken, en kunnen ook aangedraaid worden wanneer de kop van de bout verzonken ligt.

Klem en krachten

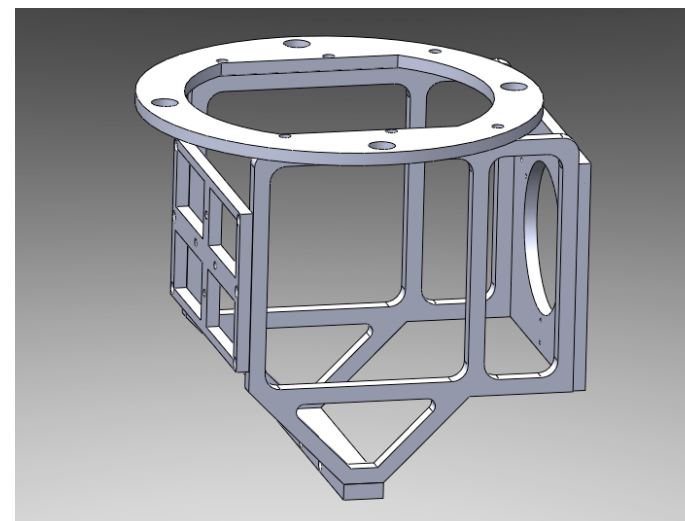
De klem waar het proefstuk ingeklemd wordt en de trekbank dus kracht op uitoefend, zit aan de dwarsbalk gemonteerd (figuur 50). De kracht wordt tijdens de wrijvingsproef via de dwarsbalk door de rest van het frame geleid. De twee driehoekige vorm aan de onderkant verdelen deze kracht.

Herontwerp

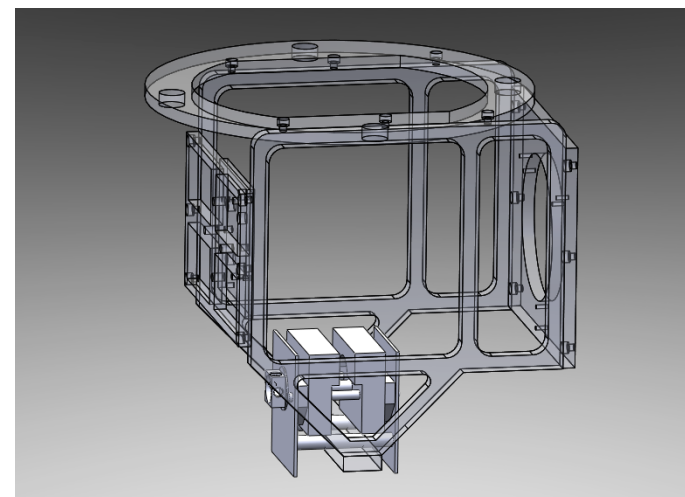
Zoals eerder vermeld is het wenselijk dit frame aan te passen waardoor deze bovenop de traverse wordt geplaatst, daarnaast zou de klem beter bereikbaar moeten zijn voor de hand van de gebruiker.



figuur 49 Inbusbout



figuur 48 Bestaand frame



figuur 50 Klem gemonteerd aan dwarsbalk

6.2. Frame concepten

In figuur 51 is het vooraanzicht van het bestaande frame te zien. In dit frame zitten twee drukblokken gemonteerd en een klem aan de onderkant. In dit figuur is de zien dat de vorm van het frame het voor de gebruiker moeilijk maakt om met zijn hand bij de klem te komen. Dit wordt veroorzaakt door de driehoekige vorm onderin het frame. De reden dat deze driehoekige vorm hier zit is om de krachten te verdelen die op de klem komen te staan tijdens de wrijvingsproef.

Bereikbaarheid klem

In figuur 52 is voor een frame gekozen dat meer open is en de bevestigingsring aan de onderkant heeft. Hierbij is het makkelijker om de klem te bereiken. De klem en de bevestigingsring zitten elkaar echter in de weg. In figuur 53 t/m figuur 59 is daarom voor een frame gekozen dat afstand creëert tussen de klem en de bevestigingsring.

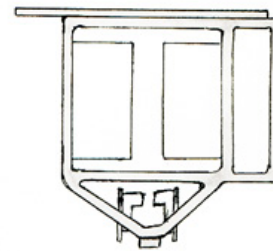
Opvangen krachten

De klem wordt tijdens de proef door de trekbank in verticale

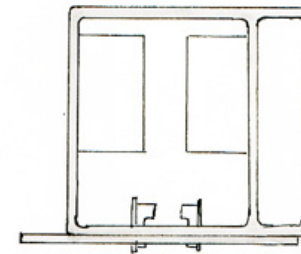
richting naar boven getrokken. Dit houdt in dat er een buigend moment ontstaat in de balk waar de klem aan vast zit. Een driehoekige constructie kan dit buigend moment omzetten in trek- en drukkrachten. In figuur 55 en figuur 58 zijn dergelijke driehoeken te zien, deze zitten de bevestigingsring echter in de weg. In figuur 59 is het frame zo vormgegeven dat hij de bevestigingsring niet in de weg zit.

Gekozen concept

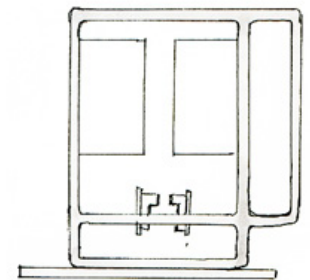
Op basis van bereikbaarheid van de klem, montage aan de bevestigingsring en opvangen van de krachten is uiteindelijk voor het concept in figuur 59.



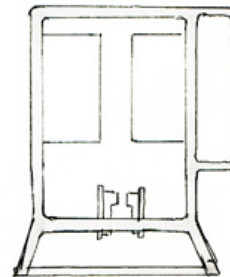
figuur 51 Bestaand frame



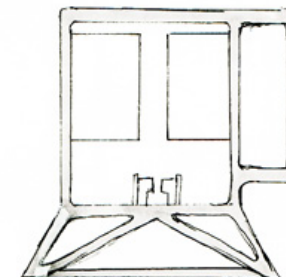
figuur 52 Concept 1



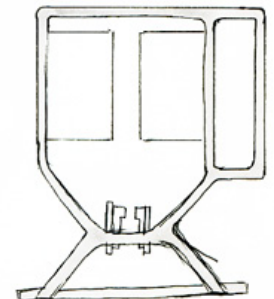
figuur 53 Concept 2



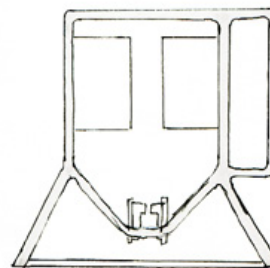
figuur 54 Concept 3



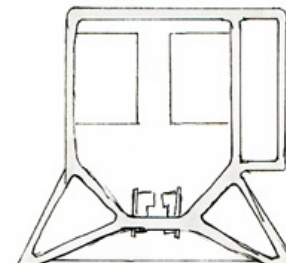
figuur 55 Concept 4



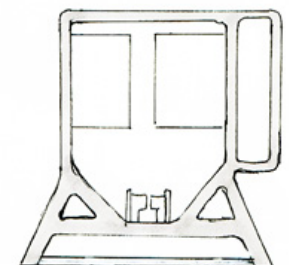
figuur 56 Concept 5



figuur 57 Concept 6



figuur 58 Concept 7



figuur 59 Concept 8

6.3. Frame detaillering

Montage aan bevestigingsring

Het herontwerp van het frame (figuur 60) heeft pootjes waaraan de bevestigingsring vastzit. M6 inbusbouten leiden de kracht door en zijn zo geplaatst dat ze met een inbusleutel bereikbaar zijn zonder dat het frame omgekeerd hoeft te worden. De kop van de inbusbout is verzonken in het frame zodat deze niet uitsteekt en in de weg zit voor een behuizing.

Herontwerp dwarsbalk

In het bestaande frame zit de dwarsbalk aan de onderkant tegen het frame geschroefd. Een lager liggende dwarsbalk zou in het herontwerp voor een holle ruimte zorgen waarin vuil zich ophoopt. Daarom is de dwarsbalk in het herontwerp tegen de zijkant aangeschroefd (figuur 62). Deze verbinding komt aan dezelfde krachten bloot te staan als de verbinding met de bevestigingsring en bestaat daarom uit dezelfde M6 bouten.

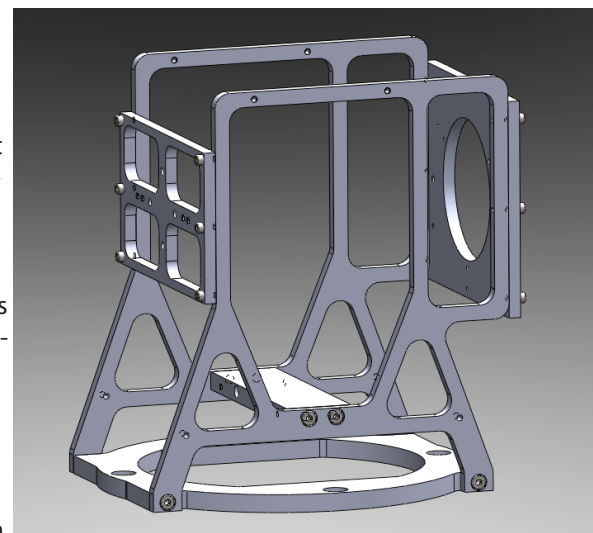
Materiaal

Zoals eerder vermeld is het bestaande frame uit 8 mm dik roestvrij staal gefreesd. Roestvrij staal is een sterk en

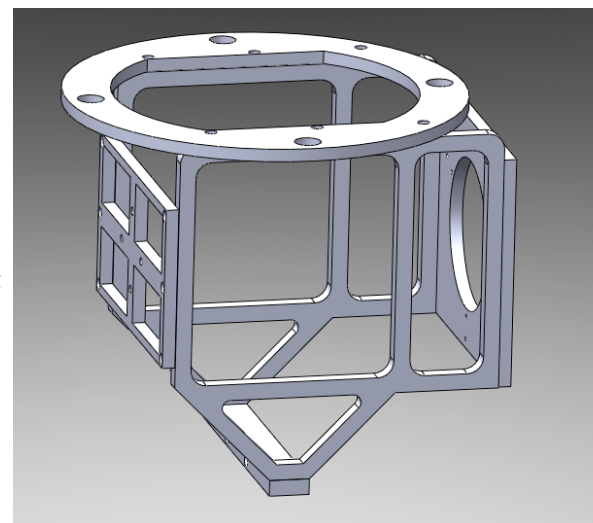
geschikt materiaal, het heeft echter het nadeel dat het zwaarder is dan bijvoorbeeld aluminium. Zie voor specificaties het kader 'Specs Rvs plaat type 304'. Omdat aluminium ook sterk en roestvast is en daarnaast significant lichter, is voor het herontwerp de keuze voor aluminium gemaakt. Zie voor specificaties van het gekozen aluminium het kader 'Specs aluminium alloy 6082 T6'.

Productie

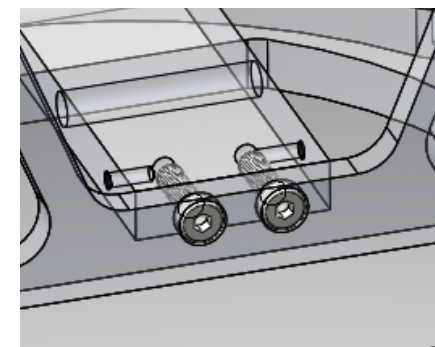
Aluminium is verkrijgbaar in platen van 8mm, hetgeen gelijk is aan de dikte van het bestaande frame. De framedelen kunnen uit dergelijke platen gefreesd worden. Hierbij moet er rekening mee gehouden worden dat de binnendiameters in het ontwerp niet kleiner zijn dan de diameter van de gebruikte frees. Voor de zijdelen van het frame is deze binnendiameter 10 mm, voor de bevestigingsring is dit 7 mm. Na het frezen moeten schroefgaten geboord en verzonken worden en moet hier schroefdraad in worden getapt.



figuur 60 Herontwerp



figuur 61 Bestaand frame



figuur 62 Montage dwarsbalk tegen zijkant

Specs Rvs plaat type 304

Dichtheid:	8000 kg/m ³
Elasticiteitsmodulus:	195 GPa
Vloeigrens:	215 MPa
Kiloprijs:	€9,44-

Specs Aluminium alloy 6082 T6

Dichtheid:	2700 kg/m ³
Elasticiteitsmodulus:	70 GPa
Vloeigrens:	250 MPa
Kiloprijs:	€10,24-

6.4. Simulatie

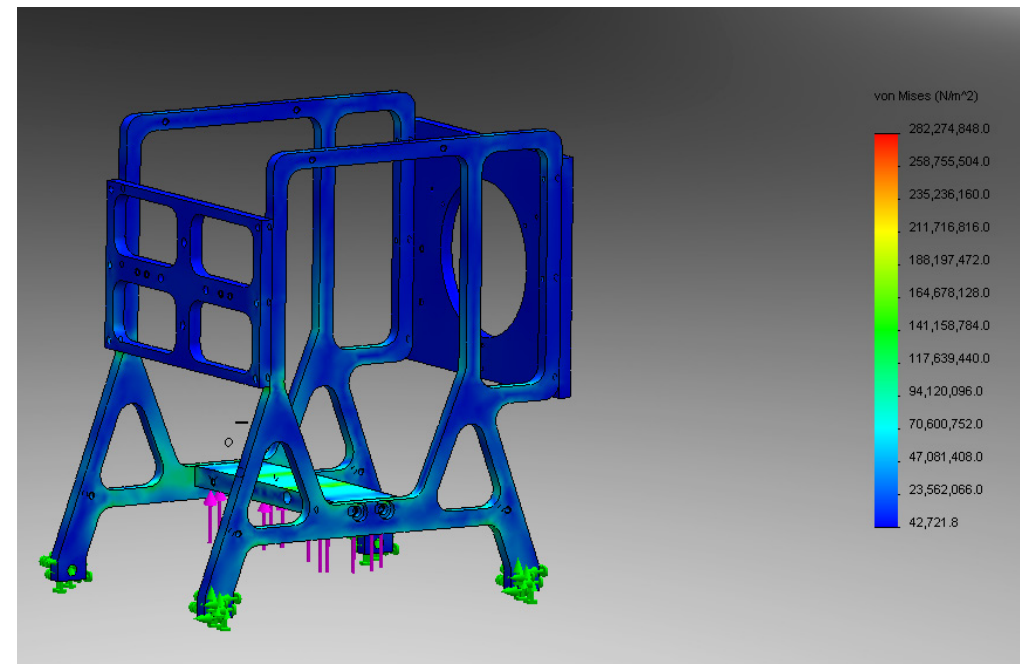
Nu het gehele frame gespecificeerd is kan doormiddel van computersimulatie getoetst worden of het frame de 6000 N kan weerstaan die in het programma van eisen genoemd wordt. De vraag die centraal staat bij deze simulatie is of het frame plastisch vervormd onder invloed van deze kracht.

Opzet simulatie

De simulatie is een versimpeling van de werkelijkheid. Bouten worden in de simulatie buiten beschouwing gelaten, de bevestigingsring wordt als de vaste wereld beschouwd door de gaten waarmee het frame aan de bevestigingsring gemonteerd is te fixeren. De kracht van 6000 N wordt in de simulatie gelijkmatig aangebracht op de dwarsbalk.

In figuur # is het resultaat van de simulatie weergegeven, in dit figuur gaat het om de spanning in het frame. Blauw staat hierbij voor lage spanning, groen voor hogere spanning en rood voor spanning boven de vloeigrens. Het gekozen aluminium heeft als materiaaleigenschap een vloeigrens van 250 MPa, het materiaal zal daarom

blijvend vervormen wanneer er een hogere spanning dan 250 Mpa in het frame ontstaat. Uit de simulatie blijkt het frame echter op geen enkel punt in deze mate belast te worden.



figuur 63 Spanning in het frame

6.5. Behuizing

Een gangbare manier om behuizingen te maken is van plaatstaal. Plaatstaal is stevig en relatief goedkoop. Dergelijke behuizingen zijn onder anderen te vinden bij computerkasten, drankautomaten en afvalbakken.

Plaatbewerking

Bij het produceren van deze behuizingen wordt plaatstaal in grote vlakke platen aangeleverd. Een machine, vaak een lasersnijmachine, kan vervolgens een gewenste vorm uit de plaat snijden (figuur 64), waarna deze gezet (gebogen) wordt (figuur 65). Een coating die hierna wordt aangebracht beschermt de stalen behuizing tegen oxidatie (figuur 66).

Beperkingen

Bij matrijsbuigen, de veelgebruikte manier van zetten, wordt met een stempel een vorm in het plaatwerk gedrukt (figuur 67). Hierbij is het wel vereist dat de stempel de plek van de buiging kan bereiken. Dit maakt dat sommige vormen niet verkregen kunnen worden door middel van matrijsbuigen. Een U-vorm (zie figuur 68) wordt vaak gebruikt en kan zonder moeilijkhe-

den worden verkregen. Een nadeel van plaatstaal is dat de randen hiervan scherp kunnen zijn waardoor de gebruiker zich zou kunnen verwonden. Daarnaast voelt plaatstaal koud aan.

Kunststof

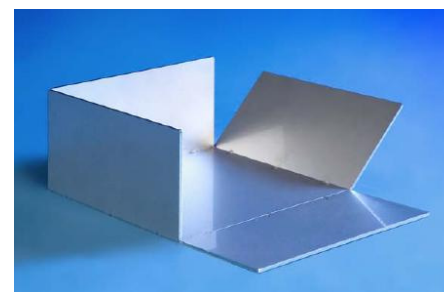
Bij computerkasten wordt het plaatstaal vaak gecombineerd met een kunststof paneel aan de voorkant (figuur 69). Met kunststof kunnen complexere vormen verkregen worden. Ook voelt kunststof minder koud aan voor de gebruiker dan metaal en scherpe randen spelen geen grote rol.

Hoekprofielen en platen

Met behulp van hoekprofielen van aluminium in combinatie met plaatmateriaal kan ook een behuizing gevormd worden. Dit principe wordt onder anderen toegepast bij flight cases (figuur 70). Het voordeel van zo'n constructie is dat de behuizing geopend kan worden door panelen plaatmateriaal te verwijderen terwijl het geraamte van hoekprofielen intact blijft.



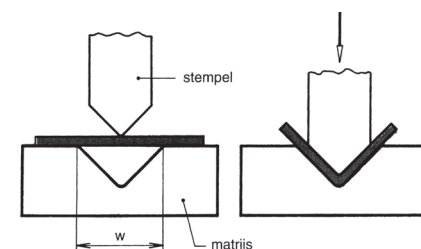
figuur 64 Lasersnijden



figuur 65 Zetten



figuur 66 Coaten



figuur 67 Matrijsvormen



figuur 68 U-vorm

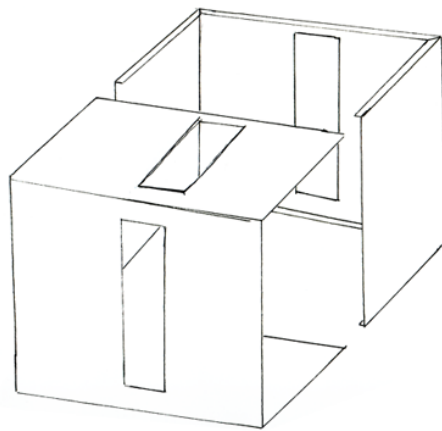


figuur 69 Plaatstaal met kunststof voorpaneel

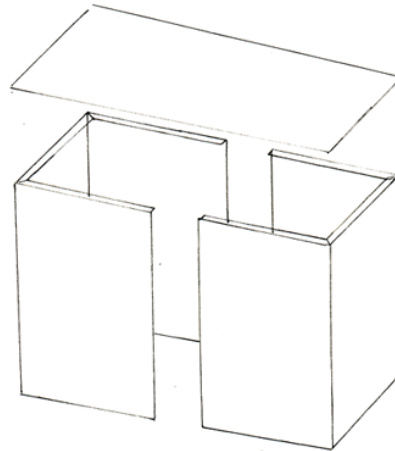


figuur 70 Hoekprofielen en platen

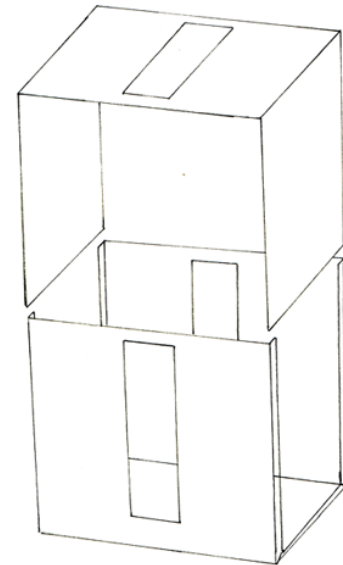
6.6. Behuizing concepten



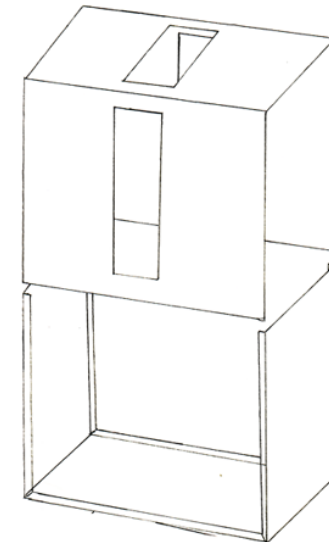
figuur 71 Plaatstaal 1



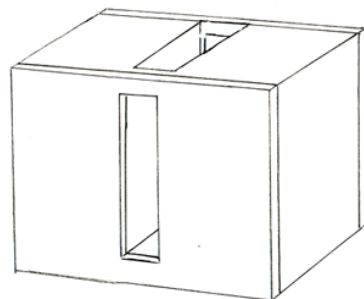
figuur 72 Plaatstaal 2



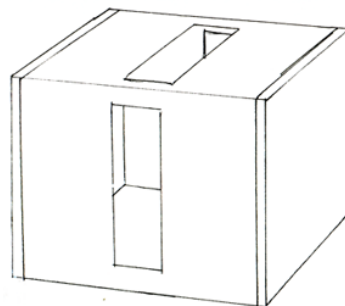
figuur 73 Plaatstaal 3



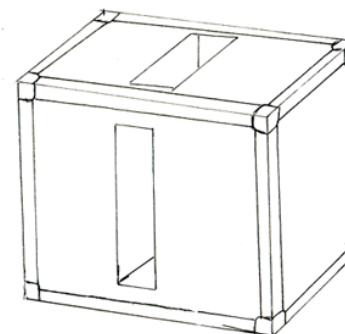
figuur 74 Plaatstaal 4



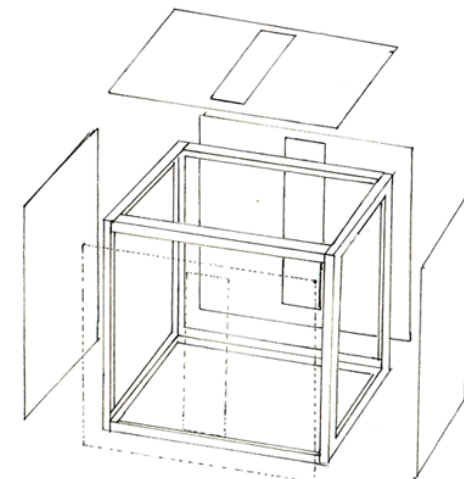
figuur 75 Plaatstaal, kunststof
voorkant en achterkant



figuur 76 Plaatstaal, kunststof
zijanten



figuur 77 Hoekprofielen en
platen 1



figuur 78 Hoekprofielen en
platen 2

De concepten in figuur 71 t/m 78 zijn onder te verdelen in drie groepen: behuizingen die geheel uit plaatstaal zijn gemaakt, behuizingen die bestaan uit hoekprofielen en plaatmateriaal en behuizingen van plaatstaal met kunststof delen. De concepten hebben als overeenkomst dat er bij allen openingen in de kast zitten zodat de klem en de drukklokken bereikbaar blijven, zowel aan de zijkant als aan de bovenkant.

Plaatstaal

Bij het vervaardigen van een behuizing van plaatstaal met behulp van matrijsbuigen is de U-vorm de basis. Door twee van deze U-vormen in elkaar te schuiven en te verbinden met behulp van bouten kan een dichte kast verkregen worden. De gebruiker moet hierbij de behuizing zo makkelijk mogelijk kunnen openen. De behuizing openen doormiddel van uitschuiven in verticale richting (figuur 73, 74) kan lastig zijn. De frictietester bevindt zich bovenop een traverse in een trekbank en heeft weinig ruimte aan de bovenkant. Een nadeel van de concepten in figuur 71 t/m 74 is dat er in alle gevallen op een aantal hoeken scherpe randen ontstaan.

Hoekprofielen en plaatmateriaal

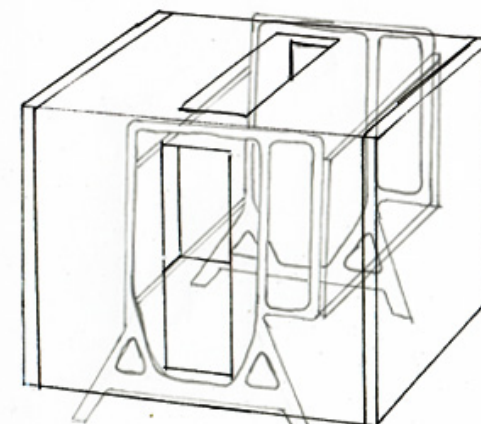
In figuur 78 is een concept met hoekprofielen en plaatmateriaal te zien.

De platen kunnen hierbij verwijderd worden terwijl het geraamte van hoekprofielen op zijn plaats blijft. Bij dit concept zijn veel bouten nodig om alle delen te verbinden, dit is een nadeel.

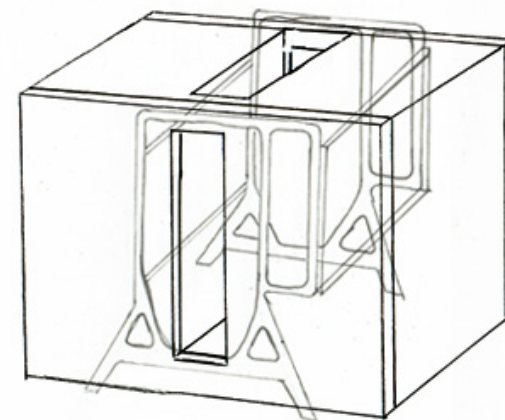
Kunststof delen

Doormiddel van kunststof delen zijn alle scherpe randen afgedekt in figuur 75 en figuur 76. De kunststof delen zouden hierbij door de gebruiker verwijderd kunnen worden waarmee de onderdelen aan de binnenkant bereikbaar worden. Daarbij zit de metalen behuizing aan het frame gemonteerd en deze blijft op zijn plaats tijdens het verwijderen van de kunststof delen. Bij het concept in figuur 76 en 79 bevindt het plaatstaal zich aan de voorkant, bovenkant en achterkant en de kunststof delen aan de zijkanten, het plaatstaal ligt hierbij direct tegen de voorkant en achterkant van het frame aan en kan met behulp van enkele bouten aan het frame vastgemaakt worden. Bij het concept in figuur 75 en 80 liggen de kunststof delen direct tegen de voorkant en achterkant van het frame aan en is het lastiger om het plaatstaal aan het frame te monteren.

Het concept dat het meest eenvoudig aan het frame te bevestigen is en waarbij scherpe randen afgedekt zijn is dit in figuur 76 en 79. Dit concept wordt dan ook gekozen.



figuur 79 Plaatstaal ligt tegen de voorkant en achterkant van het frame aan



figuur 80 Kunststof delen liggen tegen de voorkant en achterkant van het frame aan

6.7. Ventilatoren

Bij het bestaande ontwerp zijn de ventilatoren die de sensoren koelen aan de buitenkant van het frame geschroefd (figuur 81). Deze zouden echter in de weg zitten bij het plaatsen van een behuizing rondom het frame. Om deze reden moeten de ventilatoren naar binnen verplaatst worden (figuur 81).

Grote ventilatoren

Een bestaand computerventilator van het merk Sunon (figuur 83) kan de LVDT's koelen. Zie voor specificaties van de ventilator het kader 'Specs Sunon 60 mm ventilator'. Deze ventilator kan dankzij gaatjes in diens hoeken gemonteerd worden. Een hoekje (figuur 84) van gebogen plaatstaal met daarin een viertal gaten bevindt zich tussen de ventilator en het frame. Inbusbouten en moeren zorgen voor de verbinding (zie figuur 85).

Kleine ventilatoren

Aan de andere kant van de frictietester bevinden zich Load Cells die ook gekoeld moeten worden. Het frame laat hier echter minder ruimte voor ventilatoren (figuur 87). Een computerventilator van het merk Akasa (figuur

86) heeft de afmetingen waardoor deze wel binnen in het frame past (figuur 82). Zie voor specificaties het kader 'Specs Akasa 40 mm ventilator'. Deze kleinere ventilator wordt ook gemonteerd met een hoekje en bouten.

Zuigen en blazen

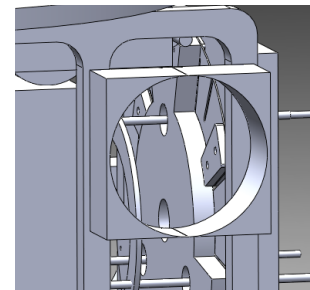
Om tot een optimale koeling te komen zou de ventilator aan de voorkant lucht in de frictietester moeten zuigen en de ventilator aan de achterkant de lucht uit de frictietester moeten blazen. Op deze manier creëren de ventilatoren een luchtstroom in een enkele richting.

Specs Sunon 60 mm ventilator

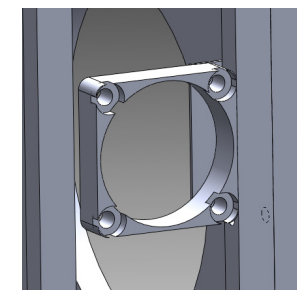
Afm. (b x h x d):	60 x 60 x 25 mm
Luchtverplaatsing:	28.8 m ³ /h
Vermogen:	3,8 W
Prijs:	€ 18,04 EUR

Specs Akasa 40 mm ventilator

Afm. (b x h x d):	40 x 40 x 10 mm
Luchtverplaatsing:	9 m ³ /h
Vermogen:	0,8 W
Prijs:	€ 6,79



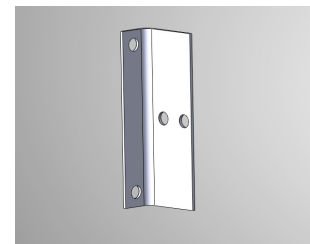
figuur 81 Ventilator aan de buitenkant van het frame



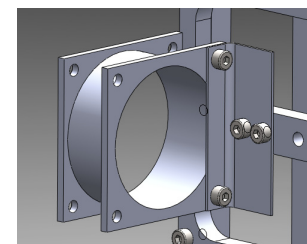
figuur 82 Ventilator aan de binnenkant van het frame



figuur 83 Sunon 60 mm ventilator



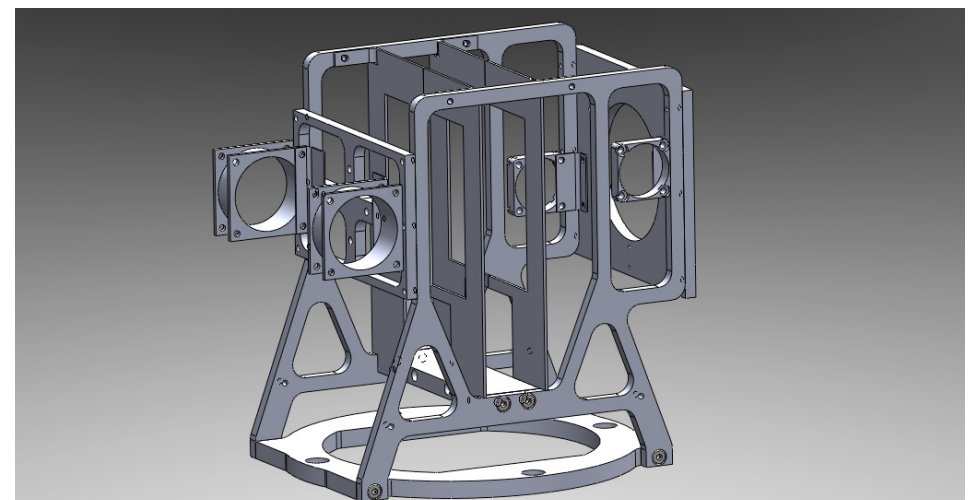
figuur 84 Hoekje



figuur 85 Ventilator gemonteerd aan frame



figuur 86 Akasa 40 mm ventilator



figuur 87 Ventilatoren aan het frame bevestigd

6.8. Plaatstaal detaillering

Nu de ventilatoren niet meer in de weg zitten kan de behuizing om het frame gemodelleerd worden. Het gekozen concept bij 6.6 bestaat voor een deel uit plaatstaal. Dit zal nu verder uitgewerkt worden.

Materiaal

Hoewel er bij het frame voor het materiaal aluminium is gekozen, is dit voor het de behuizing niet het geval. Een dunne plaat aluminium is gevoeliger voor beschadiging en deuken dan plaatstaal, daarnaast is het duurder dan plaatstaal. Om deze reden is bij de behuizing voor plaatstaal gekozen, al is plaatstaal niet roestvast zonder coating. Een koudgewalste blanke plaat van 1 mm dik, bijvoorbeeld DC01-A-m, is een geschikt materiaal. Zie voor specificaties het kader 'Specs DC01-A-m'.

Beperkingen

Voor het zetten van plaatstaal van minder dan 3 mm dik geldt de vuistregel; minimale buigradius = $0,8 \times$ plaatdikte. Hoe kleiner de buigradius, hoe groter de kans op scheurvorming.

Bij het lasersnijden is er sprake van een minimale gatdiameter als gevolg van de diameter van de laserstraal. Voor

een plaat van 1 mm is de minimale gatdiameter 0,5 mm.

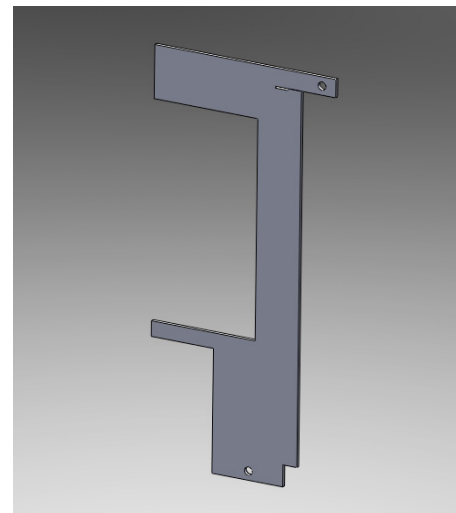
Plaatstaal binnenkant

In het frame van de frictietester bevinden zich de drukblokken en de klem. Tussen deze delen zijn lege ruimtes waardoor vuil zich binnen in de frictietester zou kunnen dringen. Voor het afdekken van deze lege ruimtes zijn delen van plaatstaal gemaakt die zo gevormd zijn dat zij de drukblokken en de klem omsluiten (figuur 88 t/m 91). Een marge van 1 millimeter moet voorkomen dat deze delen gaan klemmen bij afwijkingen.

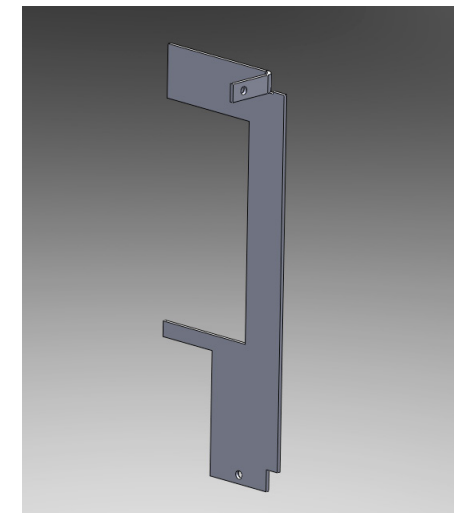
Het is niet mogelijk om het plaatstaal aan de binnenkant in één deel te plaatsen op het moment dat drukblokken en klem al geplaatst zijn. Om die reden bestaat het plaatstaal uit twee delen. Aan de onderkant worden deze delen gemonteerd aan de dwarsbalk, aan de bovenkant maakt een gebogen hoekje het mogelijk om het deel aan het frame te monteren.

Specs blanke plaat DC01-A-m

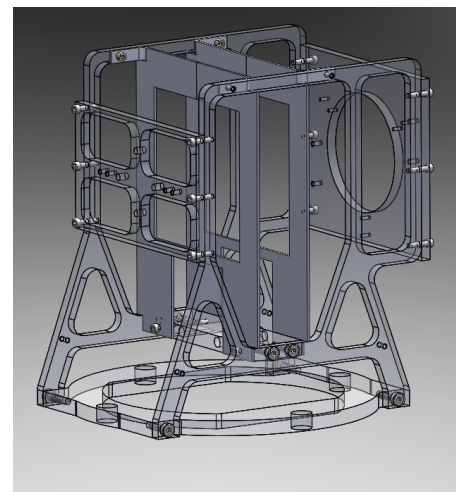
Afmeting (onbewerkt): 2000x1000x1 mm
Dichtheid: 8000 kg/m³
Kiloprijs: €2,62



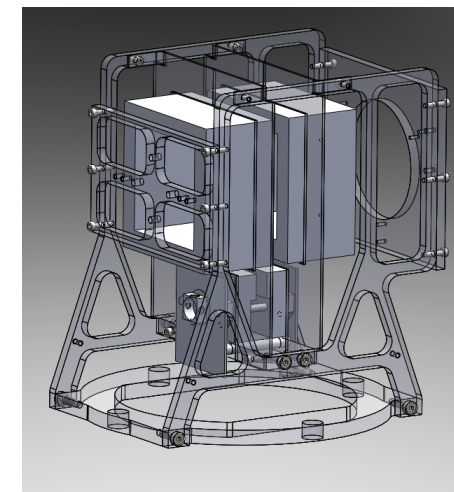
figuur 88 Deel uit plaatstaal na het lasersnijden



figuur 89 Deel uit plaatstaal na het zetten



figuur 90 Plaatsing in het frame



figuur 91 Omsluiting van de drukblokken en de klem

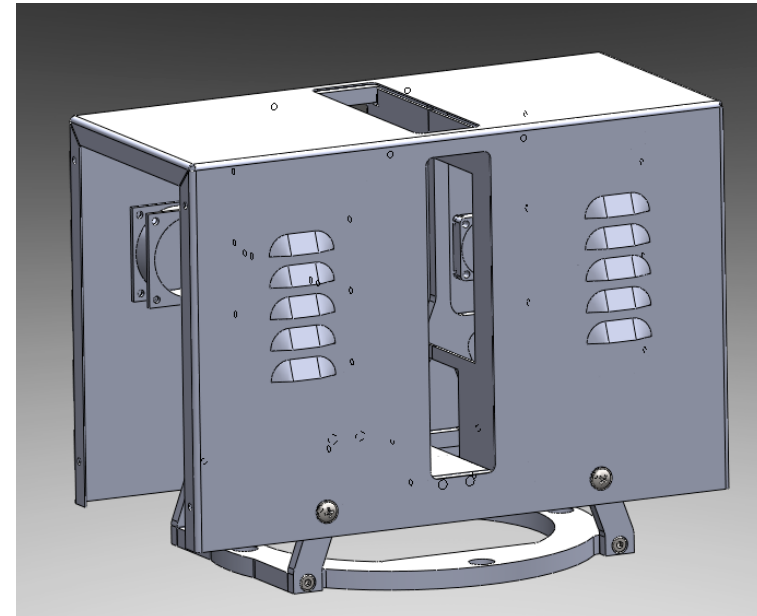
Plaatstaal buitenkant

Het plaatstaal aan de buitenkant moet zo gevormd worden dat het van boven over het frame geschoven kan worden (figuur 92). Een marge van 1 mm moet moeilijkheden hierbij voorkomen in het geval van kleine afwijkingen. Er moeten luchtgaten in de behuizing komen op de plekken waar de ventilatoren zitten. Openingen aan de voorkant, achterkant en bovenkant moeten zorgen dat de drukblokken en de klem bereikbaar zijn.

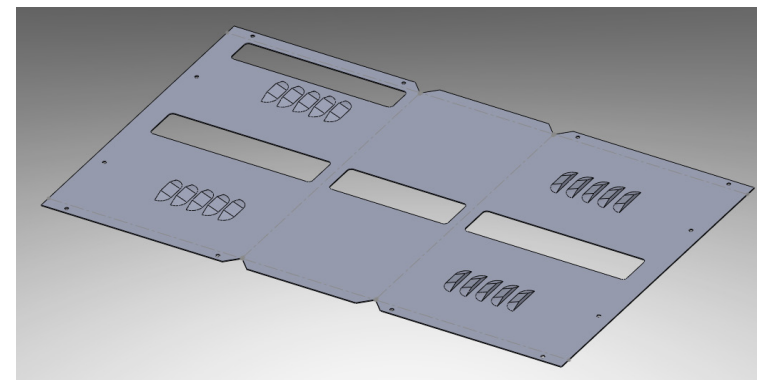
Productie en assemblage

De basis voor de buitenkant van de behuizing is hetzelfde type plaatstaal als die voor de binnenkant. Met behulp van lasersnijden kan er de vorm uit worden gesneden die is weergegeven in figuur 93. Een bestaande ponsstempel, speciaal voor het creëren van luchtgaten, kan rijen van 5 luchtgaten in het plaatstaal drukken. In de constructie van het frame zijn inbusbouten gebruikt. Deze bouten kunnen door een inbussleutel bereikt worden vanuit moeilijke hoeken, en kunnen ook aangedraaid worden wanneer de kop van de bout verzonken ligt.

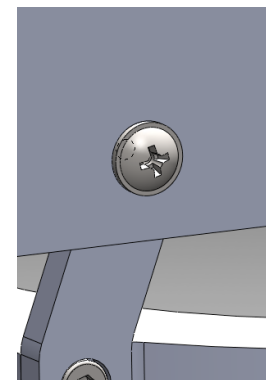
Het plaatstaal is echter te dun om de kop van een bout in te verzinken. Een bout die uitsteekt is geen fraai gezicht en daarnaast kan de gebruiker zich er aan bezeren. Om deze redenen is het plaatstaal aan het frame bevestigd met behulp van schroeven met een platte kop (DIN 967), zoals weergegeven in figuur 94.



figuur 92 Plaatstaal aan de buitenkant



figuur 93 Vorm na het lasersnijden en



figuur 94 Schroef met platte kop

6.9. Zijpanelen

Een matrijs maken voor kunststof onderdelen is duur bij kleine aantallen. Een kant en klare plaat verspanen is vele malen voordeliger. Lang niet alle kunststoffen zijn echter geschikt om te verspanen. Veel kunststoffen geven bramen of hele lange spanen.

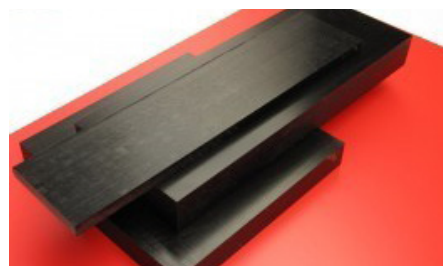
Materiaal en productie

Een kunststof die uitermate goed geschikt is voor verspanende bewerkingen is Polyacetaal, ookwel POM genoemd (figuur 95). Zie voor specificaties het kader 'Specs POM plaat 15 mm'. Met behulp van een 10mm frees kan een paneel uit het POM gevormd worden die op de zijkant van de bekasting past (figuur 96).

Handgrepen

Een van de eisen was dat de behuizing de frictietester transportabel maakte. Omdat de randen van het plaatstaal scherp zijn is het geen optie om de behuizing aan de onderkant vast te pakken en op te tillen. Om deze reden worden er handgrepen in de kunststof zijpanelen geplaatst. Er is hierbij gekozen voor handgrepen van het merk Elesa Ganter (figuur 97). Deze handgrepen zijn verzonken zodat er niets uit

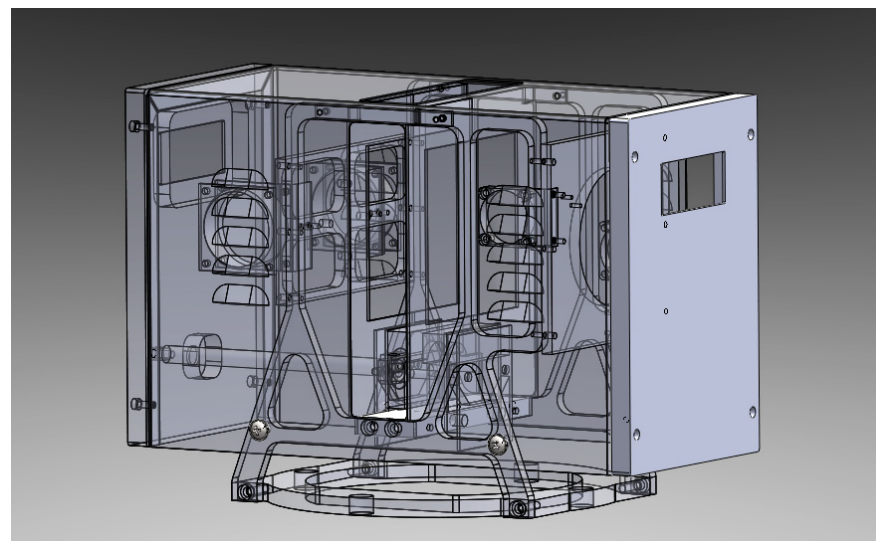
de frictietester steekt. Zie voor specificaties het kader 'Elesa Ganter Flush Pull Handle'. De handgrepen worden gemonteerd met behulp van 'snap-in-assembly', hetgeen inhoudt dat deze vastklikken wanneer ze in het gat in het zijpaneel worden geplaatst (figuur 98). Hierbij mogen de hoeken van het gat een maximale diameter van 1 mm hebben. Om deze reden moet het gat nagefreest worden met een klein freesje van 1 mm en een maximale tolerantie van 0.1 mm.



figuur 95 Platen POM

Specs POM plaat 15 mm

Dichtheid:	1410 kg/m ³
Kiloprijs:	20,38 €/kg



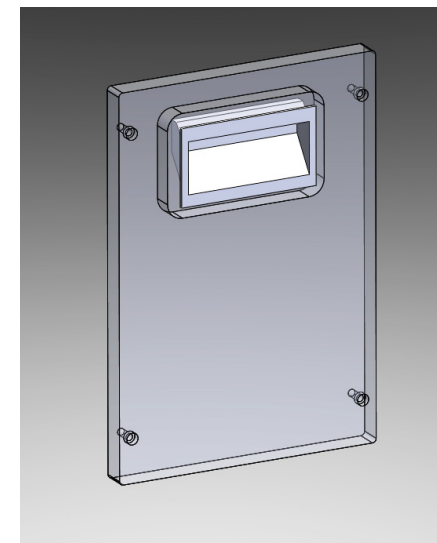
figuur 96 Zijpanelen aan de zijkant van de bekasting



figuur 97 Elesa Ganter Handgreep

Elesa Ganter Flush Pull Handle

Materiaal:	EPR-PF
Afmetingen:	90x50x17,5mm
Prijs:	onbekend



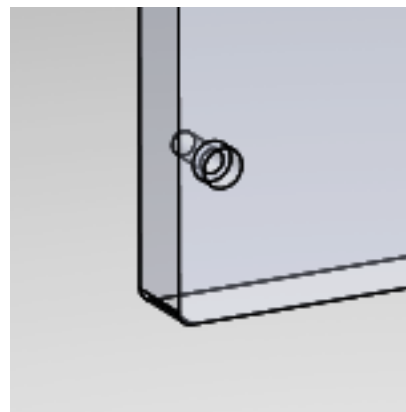
figuur 98 Zijpaneel met handgreep vastgeklit

Bevestiging

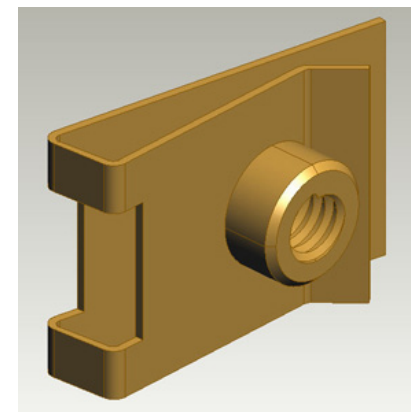
In de kunststof zijpanelen bevinden zich gaten waarin een inbusbout geplaatst kan worden (figuur 99). De kop is verzonken zodat de bout niet uitsteekt. Het plaatstaal waar de kunststof zijpanelen aan bevestigd moet worden is echter te dun om draad in te tappen. Om deze reden moet er een onderdeel toegevoegd worden waar schroefdraad in zit. Het onderdeel dat uitkomst kan bieden is een zogenaamde clip-on moer of speednut (figuur 100). Deze moeren kunnen op het 1 mm dikke plaatstaal geschoven worden (figuur 101). Zie voor specificaties het kader 'Spire clip-on moer'. In het plaatstaal zitten gaten waar de clip-on moer opgeklikt wordt, vervolgens kan er een bout doorheen (figuur 102).

Spire clip-on moer

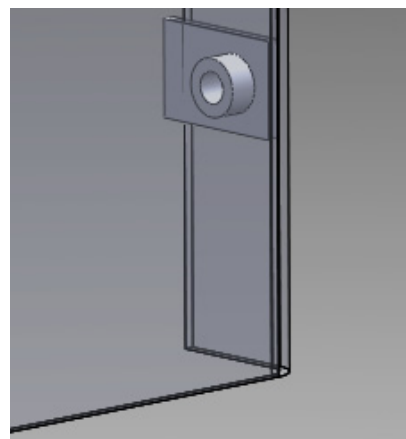
Afmetingen: 15x10x2mm
Prijs: € 0,30



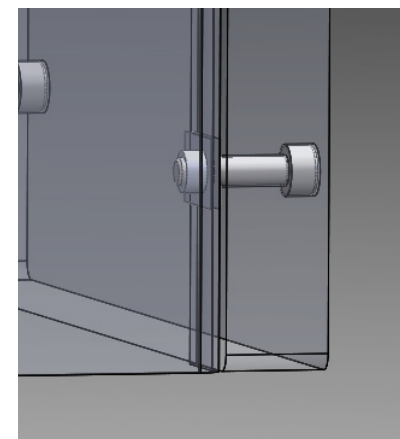
figuur 99 Gat in kunststof zijpaneel



figuur 100 clip-on moer



figuur 101 clip-on moer op het plaatstaal geschoven



figuur 102 Bevestiging kunststof zijpaneel aan plaatstaal

6.10. Draaiknop

Aan het frame zit een klem gemonteerd. Met het toevoegen van een behuizing is de draaiknop van de klem onbereikbaar geworden (figuur 106). Deze draaiknop werd gebruikt om de klem dicht te draaien met behulp van een steeksleutel (zie figuur 103). Om de klem toch aan te kunnen draaien vanaf de buitenkant, moet de draaiknop verlengd worden tot deze buiten de behuizing uitsteekt (figuur 107). Een metalen as kan dit bewerkstelligen (figuur 104). Deze as moet door een gat in de kunststof behuizing steken, voorwaarde daarbij is dat de as wel soepel kan draaien.

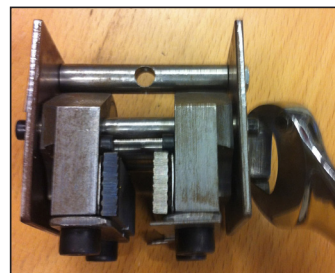
Materiaal

Een massieve staf van aluminium is licht en sterk, daarnaast is deze goed te verspanen. Daarom wordt deze gekozen als as. Zie voor specificaties van de gekozen staf het kader 'Specs aluminium 6082 T6 staf'.

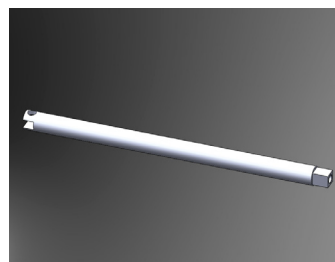
Lager

Een lager moet er voor zorgen dat de as soepel draait in het gat van het kunststof paneel. De meest simpele manier om een lager in het paneel

te integreren is met behulp van een snap-in plaatlager (figuur 105). Dit bestaande onderdeel kan in een gat geklikt worden wanneer dit gat precies de goede afmetingen heeft. Zie voor specificaties van het lager het kader 'Specs plaatlager'.



figuur 103 Dichtdraaien van een klem met een steeksleutel



figuur 104 As



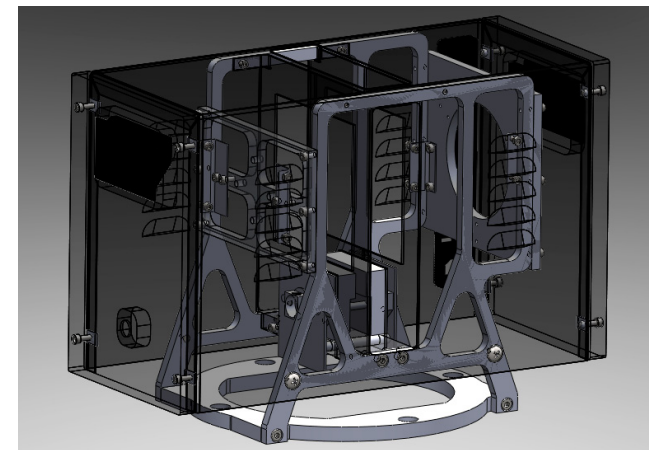
figuur 105 Plaatlager

Specs aluminium 6082 T6 staf

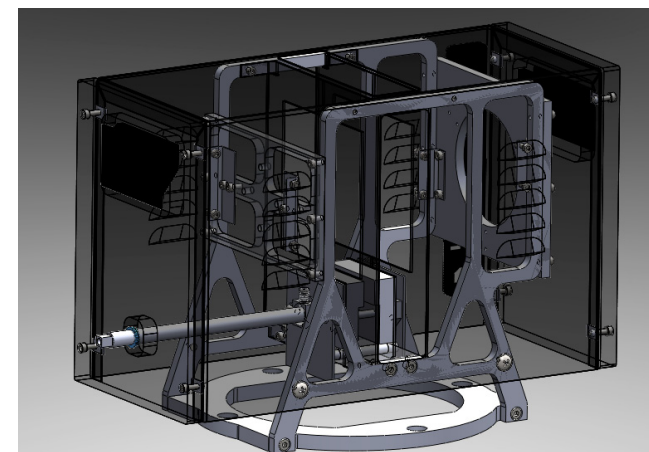
Afmetingen(onbewerkt): 12x300 mm
Kiloprijs € 10,45

Specs plaatlager

Afmetingen: 17x3,6 mm
Materiaal: nylon-66
Prijs: € 0,55



figuur 106 Behuizing maakt draaiknop onbereikbaar



figuur 107 as leidt draaiknop buiten behuizing

Montage van de as aan het klem

Er moet een aanpassing aan de bestaande klem (figuur 108) gedaan worden waardoor het mogelijk wordt om een as aan de klem te monteren. Hierbij moet de as een moment kunnen overbrengen op de draaiknop van de klem. Daarnaast moet de as vergrendeld worden waardoor deze in axiale richting gefixeerd is. De gekozen manier om de as aan de klem te monteren is weergegeven in figuur 113. In figuur 108 is te zien hoe de aangepaste draaiknop eruit ziet. Aan deze draaiknop is geen vierkant gefreesd, wel zijn er gaten met schroefdraad in geboord.

Vergrendelpen met bal

Wanneer de as in axiale richting gefixeerd zou zijn doormiddel van bijvoorbeeld een bout dan zou dit betekenen dat de bout aangedraaid moet worden bij het assembleren van de frictietester. Omdat de klem zich op een moeilijk bereikbare plek bevindt zou dit ongemak opleveren. Om deze reden is de keuze gemaakt voor een verbinding met een vergrendelpen met bal en veer (figuur 111). Wanneer de as in de opening van de draaiknop wordt gedrukt klikt het balletje in het gaatje in de as (figuur 110). Als de gebruiker

de as van de klem trekt zou het balletje weer los moeten klikken.

Stelschroef

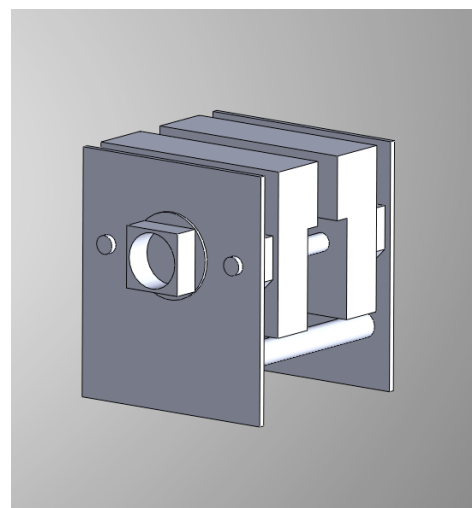
Een gleuf die in het uiteinde van de as is gefreesd (figuur 110) maakt het mogelijk om een moment over te brengen op de draaiknop van de klem. Een stelschroef zonder kop (DIN 438), zoals weergegeven in figuur 112, kan in het gat in de draaiknop (figuur 109) worden vastgedraaid en past in de gleuf in de as, waarmee de totale bevestiging eruit komt te zien zoals weergegeven in figuur 113.

Specs vergrendelpen met bal

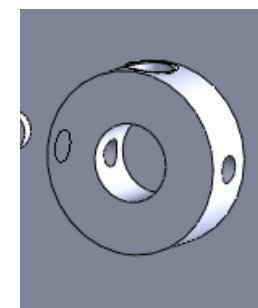
Afmetingen: M8x17,5mm
Materiaal: Roestvrij staal
Prijs: € 1,37

Specs Stelschroef

Afmetingen: M5x 20mm
Materiaal: Staal
Prijs: € 1,00



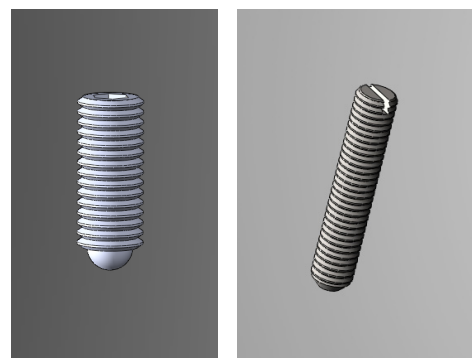
figuur 108 Bestaande klem



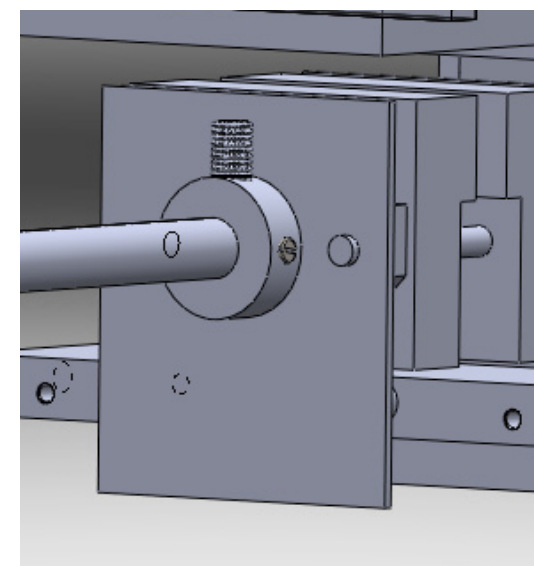
figuur 109 Draaiknop aangepast voor montage as



figuur 110 Uiteinde van de as met gat en gleuf



figuur 111 Vergrendel-figuur 112 Stelschroef
pen met bal



figuur 113 Bevestiging as aan klem

Stergreep

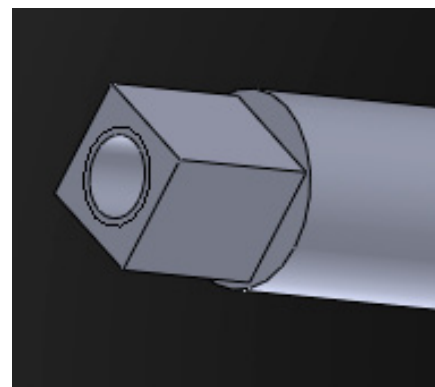
Bij de bestaande frictietester wordt de klem aangedraaid met behulp van een steeksleutel. De steeksleutel funktioneert hierbij als hefboom. Dit maakt dat het vereist is om een steeksleutel te hebben bij het gebruik van de frictietester. Het is wenselijk om een systeem te bedenken waarbij een moment overgebracht kan worden zonder extra gereedschap. Het gekozen alternatief is een stergreep van distributeur Drabbe (figuur 114). Deze stergreep is makkelijk te assembleren dankzij de vierkante uitsparing. Daarnaast heeft deze met zijn diameter van 7 cm een formaat waardoor deze prettig in de hand ligt en de gebruiker er kracht op kan zetten.

Montage van de stergreep aan de as

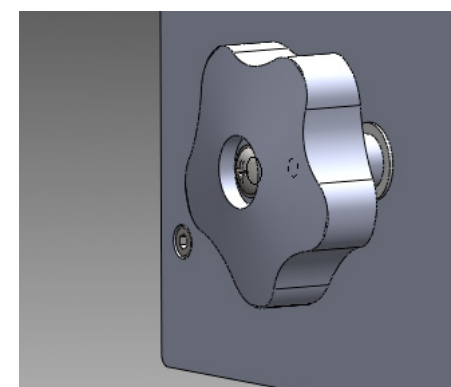
Met behulp van een frees kan aan het uiteinde van de as een vierkant van 8 bij 8 mm gevormd worden (figuur 115). Om de stergreep in axiale richting te vergrendelen is er in het uiteinde van de as een gat geboord met schroefdraad. Een schroef met platte kop moet de stergreep tot slot aan de as koppelen (figuur 116).



figuur 114 Stergreep met vierkante uitsparing



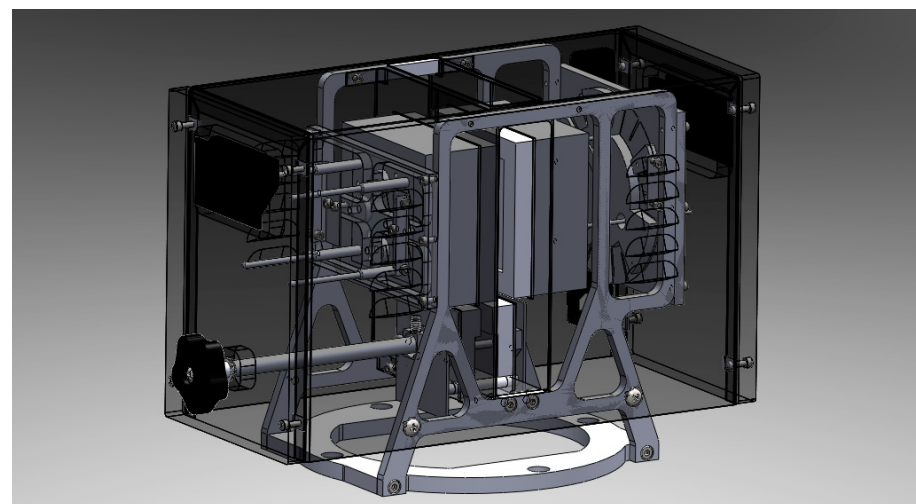
figuur 115 Uiteinde van de as



figuur 116 Bevestiging stergreep aan as

Specs Lobe knob with square hole

Afmetingen: 70x70x20mm
Materiaal: Fenoplast
Prijs: onbekend



figuur 117 Behuizing met toegevoegde stergreep

6.11. User interface en elektronica

Kant van de draaiknop

Bij de bestaande meetopstelling zit de draaiknop aan de linkerkant. Omdat het merendeel van de mensen rechtshandig is, is het aan te raden om de frictietester 180 graden te draaien waardoor de knop aan de rechterkant komt.

Kabels

Op de bestaande frictietester zijn de volgende kabels en slangen aangesloten:

- 2 elektriciteitsstekkers
- 2 usb-kabels
- slang voor perslucht
- Modulaire connector van de frictietester naar de loadcell van de bovenklem

Dit zijn meer kabels dan gewenst en dit zou herontworpen moeten worden.

Het herontwerpen van de elektronica valt echter buiten de opdracht. Bij het ontwerp van de behuizing is er wel ruimte vrijgehouden voor een plek waar de aansluitingen voor alle kabels geplaatst kunnen worden (figuur 118). Naast aansluitingen voor de kabels moet er ook plek gemaakt worden voor schakelaars.

Hoofdschakelaar

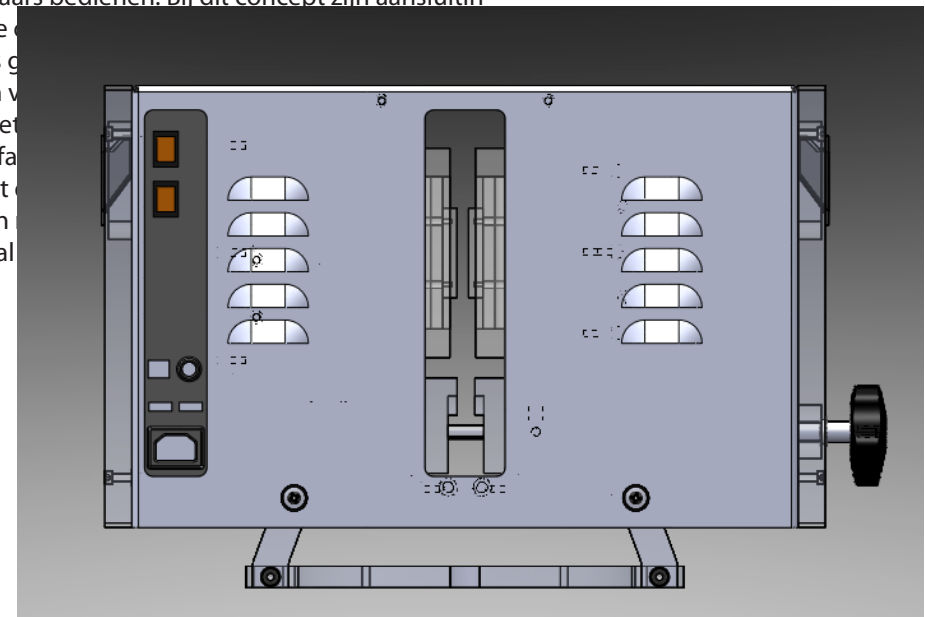
Het zou wenselijk zijn om een tweetal schakelaars te hebben. De eerste schakelaar is daarbij een hoofdschakelaar waarmee de frictietester aan en uitgezet kan worden. De ventilatoren zouden aan moeten gaan bij het inschakelen van de hoofdschakelaar.

Warmte element schakelaar

De tweede schakelaar zou een aparte schakelaar moeten zijn om de warmte elementen uit te schakelen. Hiermee wordt het mogelijk om de warmte elementen uit te schakelen terwijl de ventilatoren door blijven lopen. Op deze manier kan de frictietester afkoelen.

Concept voor user interface

Hoewel er geen uitgewerkt ontwerp van de user interface is, geeft figuur 118 een concept weer van een mogelijke user interface. De user interface is hierbij aan de linkerkant geplaatst. De gebruiker kan hiermee zijn rechter hand op de draaiknop houden en met zijn linker hand de schakelaars bedienen. Bij dit concept zijn aansluitingen voor kabels aan de bovenkant. Hiervoor is geen ruimte vrijgehouden bij het bedienen van de user interface achter het apparaat. Dit zorgt dat de user interface uitgewerkt wordt moet blijven en de gebruiker het plaatstaal



figuur 118 Concept met een user interface links en een draaiknop rechts

6.12. Kleurstelling

Beperkingen

De keuze voor de kleurstellingen wordt beperkt door het gebruik van bestaande kooldelen. De gekozen handvaten en de stergreep zijn in de kleur zwart uitgevoerd en behouden deze kleur. Aluminium is zilverkleurig en behoudt deze kleur ook. Het POM is in de kleuren wit, grijs en zwart verkrijgbaar, om een eenheid te vormen met de overige onderdelen is voor de zwarte variant gekozen. De kleur van de coating op het plaatstaal is vrij. Daarnaast kan het isolatiemateriaal van de drukblokken en de interface gekleurd worden.

Keuze

Er is de keuze gemaakt om de interface te laten contrasteren met de behuizing om de aandacht van de gebruiker te trekken. Het gebied rondom de drukblokken is het essentiële deel van het apparaat en springt er daarom ook uit qua kleur. Het plaatstaal aan de buitenkant is met de kleur zwart een geheel met de kunststof zijpanelen. Voor de keuze van de kleuren is gebruik gemaakt van het RAL-kleurstysteem, de gebruikte RAL-kleur staat bij de afbeeldingen hiernaast vermeld. De gekozen kleur is die in figuur 123 geworden. Deze kleur moet degelijkheid en zakelijkheid uitstralen.



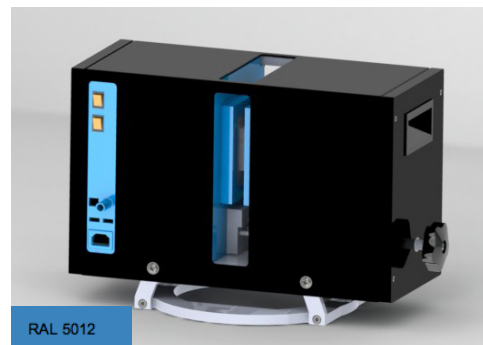
figuur 119



figuur 120



figuur 121



figuur 122



figuur 123



figuur 124

7. Conclusie en Aanbevelingen

Als naar het programma van eisen hier-naast wordt gekeken dan kan worden geconcludeerd dat globaal aan alle eisen is voldaan. Dit moet echter op een aantal punten genuanceerd worden.

Prototype

Omdat er geen prototype van het nieuwe frame en de behuizing is, is niet in de praktijk getest of het ontwerp voldoet. Het maken van een prototype kan nieuwe inzichten bieden.

Maximale belasting

Aangenomen wordt dat de vorm van het herontwerp van het frame niet veel zwakker is dan die van het bestaande frame. Daarnaast heeft het nieuwe materiaal van het frame een vloeigrens die vergelijkbaar is met de vloeigrens van het materiaal van het oude frame. Ook uit de computersimulatie volgde geen bewijs voor plastische vervorming. Hierom wordt aangenomen dat dit frame vergelijkbare krachten kan opnemen. Een nadere krachtenanalyse kan meer exacte antwoorden opleveren.

Afdekken

De behuizing dekt de onderdelen grotendeels af, de onderkant van de behuizing is echter open. Er is gekozen voor een open onderkant omdat een bodem in dit geval minder van belang is en extra werk en kosten bij de assemblage kan opleveren. De onderdelen in de frictietester zijn daarmee niet honderd procent afgedekt.

zing is echter open. Er is gekozen voor een open onderkant omdat een bodem in dit geval minder van belang is en extra werk en kosten bij de assemblage kan opleveren. De onderdelen in de frictietester zijn daarmee niet honderd procent afgedekt.

User interface en elektronica

De user interface met schakelaars en aansluitingen voor de kabels is niet uitgewerkt omdat dit buiten de opdracht valt. Aangenomen wordt dat de behuizing voldoende ruimte vrij houdt om de user interface en elektronica te herbergen. Nader herontwerp van de elektronica en user interface zal moeten uitwijzen of dit klopt.

Openen van de behuizing

Of de gebruiker de behuizing makkelijk kan openen hangt ook af van het uiteindelijke ontwerp van de user interface. Bij het ontwerp van de user interface zal rekening gehouden moeten worden met monteren en demonteren.

Programma van Eisen

Frame

- Maakt het mogelijk om alle onderdelen aan te bevestigen
- Kan bovenop een traverse van een Zwick 1445 gemonteerd worden
- Kan belast worden tot 6000 N
- Kan gemonteerd en gedemonteerd worden door de gebruiker
- Houdt de ruimte waar drukklokken zitten bereikbaar voor gebruiker
- Houdt de klem zit bereikbaar voor gebruiker
- Houdt ruimtes waar vuil zich ophoopt bereikbaar om schoon te maken.
- Kan geproduceerd worden met gangbare middelen
- Bestaat uit materiaal dat zo voordelig mogelijk is

Behuizing

- Dekt onderdelen af
- Houdt drukklokken bereikbaar
- Houdt klem bereikbaar
- Verzorgt luchtinlaat voor ventilatoren
- Maakt de frictietester transportabel
- Is door de gebruiker te openen
- Kan geproduceerd worden met gangbare middelen
- Bestaat uit materiaal dat zo voordelig mogelijk is
- Houdt ruimte vrij voor user interface en aansluitingen van kabels

8. Bronvermelding

Wrijving

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Wrijving>

Materiaaleigenschappen

<http://www.matweb.com/>

Metaalbewerking

<http://www.tosec.nl/nl/metaalbewerking/>

Trekproef

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Trekproef>

TPRC

www.tprc.nl

Productiemethoden

Kals, H.J.J. (2003). *Industriële productie*. tenHagenStam uitgevers.

Leveranciers

Metaal

<http://www.mcb.nl/>

POM

<http://www.colltec.nl/>

Ventilatoren

<http://www.conrad.nl/>

Plaatlagers

<http://www.skiffy.com/>

Handvaten en kruisgrepen

<http://www.drabbe.nl/>

Inbusbouten, stelschroef

<http://www.fabory.nl/>

Vergrendelpen met bal

<http://holland.mossexpress.com/vergrendelpennen-bal-veer>

Cllip-on moer

http://www.designassemblies.co.uk/product_detail_spring-steel_022.htm

Figuren

Figuur 1 t/m 4

TPRC

Figuur 5

Ulrich Sachs

Figuur 6

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Wrijving>

Figuur 14

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Trekproef>

Figuur 15

<http://www.come-tech.com.tw/images/product/idea/501B1%E5%B0%8F.jpg>

Figuur 25

<http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-179/lang/en>

Figuur 29

<http://shop.coventryscaledirect.co.uk/category.php?categoryID=1251>

Figuur 30

<http://www.picotech.com/thermocouples.html>

Figuur 31

<http://www.indiamart.com/jupiterintegrated/dew-point-transmitter.html>

Figuur 49

<http://www.deheul.com/afbeeldingen/afb3262.jpg>

Figuur 64

http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_cutting

Figuur 65

<http://www.plaatbewerker.nl/tabs.php?id=340>

Figuur 66

<http://www.anodizingaluminum.net/steps-on-how-to-do-powder-coating-aluminum-by-yourself>

Figuur 67

Kals, H.J.J. (2003). *Industriële productie*. tenHageStam uitgevers.

Figuur 68

<http://www.getit.in/2199169/1835176/fine-metal-works/product/sheet-metal-parts-for-air-conditions/>

Figuur 69

http://www.onyougo.com/antec-nsk-6580b-ec-super-mid-tower-case-computer-cases_pi959178

Figuur 70

http://www.djflightcases.nl/product/details/24101010-ltdj1-_dj-laptop-flightcase-l_rack.html

Figuur 83

<http://www.conrad.nl>

Figuur 86

<http://www.conrad.nl>

Figuur 95

<http://www.perlaplast-kunststofshop.nl/pom-delrin-plaat-zwart-dikte-15-mm.html>

Figuur 97

<https://webshop.drabbe.nl/Web solutions/default.aspx?wsmt=wsitemlist&wsref=wshomepageproductgroups>

Figuur 100

http://www.designassemblies.co.uk/product_detail_springsteel_022.htm

Figuur 105

<http://www.skiffy.com/docs/menufr.cfm?taal=nl&pagina=start.cfm>

Figuur 114

<https://webshop.drabbe.nl/Web solutions/default.aspx?wsmt=wsitemlist&wsref=wshomepageproductgroups>