

Universiteit Gent
Faculteit Ingenieurswetenschappen

Vakgroep
Mechanische Constructie en Productie
Voorzitter: Prof. Dr. ir. J. DEGRIECK

Slijtagegedrag van frictiematerialen voor oliegesmeerde lamellenkoppelingen
door
KENNY DEKEYSER

Promotor: Prof. Dr. ir. P. DE BAETS
Scriptiebegeleider: Dr. ir. W. OST

Scriptie ingediend tot het behalen van de academische graad van burgerlijk werktuigkundig-
elektrotechnisch ingenieur

Academiejaar 2006-2007

Universiteit Gent
Faculteit Ingenieurswetenschappen

Vakgroep
Mechanische Constructie en Productie
Voorzitter: Prof. Dr. ir. J. DEGRIECK

Slijtagegedrag van frictiematerialen voor oliegesmeerde lamellenkoppelingen
door
KENNY DEKEYSER

Promotor: Prof. Dr. ir. P. DE BAETS
Scriptiebegeleider: Dr. ir. W. OST

Scriptie ingediend tot het behalen van de academische graad van burgerlijk werktuigkundig-
elektrotechnisch ingenieur

Academiejaar 2006-2007

Dankwoord

Hierbij wil ik de mensen van het labo Soete bedanken voor hun medewerking in het bijzonder mijn promotor Prof. Dr. ir. P. De Baets en mijn begeleider Dr. ir. W. Ost en de heren J. Declercq, R. Desmet en iedereen die meegeholpen heeft dit eindwerk tot een goed einde te brengen.

De toelating tot bruikleen

"De auteur geeft de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de scriptie te kopiëren voor persoonlijk gebruik.

Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie."

Slijtagegedrag van frictiematerialen voor oliegesmeerde lamellenkoppelingen
door

KENNY DEKEYSER

Scriptie ingediend tot het behalen van de academische graad van burgerlijk werktuigkundig-
elektrotechnisch ingenieur

Academiejaar 2006-2007

Promotor: Prof. Dr. ir. P. DE BAETS

Scriptiebegeleider: Dr. ir. W. OST

Faculteit Ingenieurswetenschappen

Universiteit Gent

Vakgroep Mechanische Constructie en productie

Voorzitter: Prof. Dr. Ir. J. DEGRIECK

Samenvatting

In dit eindwerk wordt er onderzoek gedaan naar wat de verschillende invloedsfactoren zijn op lamellenkoppelingen.

In het inleiding wordt er een algemene uitleg voorzien over een lamellenkoppeling en zijn verschillende componenten.

Hoofdstukken 2,3 zijn inleidende hoofdstukken om een paar basisbegrippen uit te leggen. In hoofdstuk 2 wordt de stribeck-curve uitgelegd en in hoofdstuk 3 de verschillende soorten wrijvingscoëfficiënten.

Hoofdstuk 4 handelen over de literatuur in verband met dit onderwerp namelijk de externe literatuur en de resultaten bekomen uit vorige onderzoeken aan de universiteit.

Hoofdstuk 6-9 wordt de proefstand beschreven: de eerste hoofdstukken handelen over de verschillende componenten die zich in de opstelling bevinden. In de later hoofdstukken wordt er gekeken hoe de sturing en de verwerking van de resultaten gebeurt

Hoofdstuk 10 handelt over de proefprocedure die gevolgd werd om de metingen uit te voeren.

Hoofdstuk 11-19 bespreekt de verschillende metingen die gebeurt zijn. Bij iedere meting wordt er een parameter gevarieerd en wordt de invloed van die parameter op de wrijvingscoëfficiënt, de ruwheid van de separatorplaat en de dikte verandering van de frictieplaat opgemeten.

Sleutelwoorden: wrijving, natte koppelingen, ruwheid

Tribological behaviour of wet clutches materials

Kenny Dekeyser

Supervisor(s): Prof. Dr. ir. P. De Baets, Dr. ir. W. Ost

Abstract: this article handles over the various parameters that have an effect on the behaviour of wet clutches. The parameters are the coefficient of friction and the roughness of the separator plate.

Keywords: friction, wet clutches roughness

I. INTRODUCTION

A wet clutch is basically a clutch working under lubricated conditions. The basic model uses two axes that can be connected to each other by means of system that consist of a friction disc and a separator disc. These are connected by splines to the shafts. By applying normal pressure to the plates it is possible to transfer torque from one shaft to the other.

The material that has been tested is paper-based friction material. The test rig that has been used is a plate on plate test rig. For most of the tests the used friction material was Raybestos S-7901-2 and for one test Wellman N670 was used

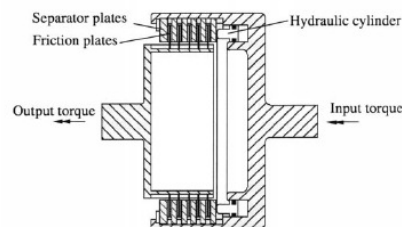


Figure 1 Wet clutch

II. TEST RIG

The test-rig had been built after it became clear that test on the pin on disc test-rig were inefficient to predict the tribological behaviour of a full clutch. The main idea behind this is that a plate on plate test is more suitable to predict the behaviour of a full clutch than a pin on disc test.

The basic components of this test rig are the hydraulic motor, a hydraulic piston and inertia. The test rig combines these components to a machine that work according to following protocol.

First the hydraulic motor is used to bring the inertia up to a preset speed, then the motor is stopped and

the inertia transfers its energy to the clutch which is then closed by the piston. When all the energy is dissipated in the clutch or when the speed of the clutch is equal to zero the clutch opens and the cycle restarts. This continues for a number of cycles. Then the discs are taken out and change in thickness of the friction disc is measured as well as the roughness of the separator disc is also measured. Then the discs are reassembled into the test rig and the test is restarted.

The clutch is cooled with oil flowing through it. Some of the oil is immediately returns, some is used to lubricate the bearings before it returns to the pump.

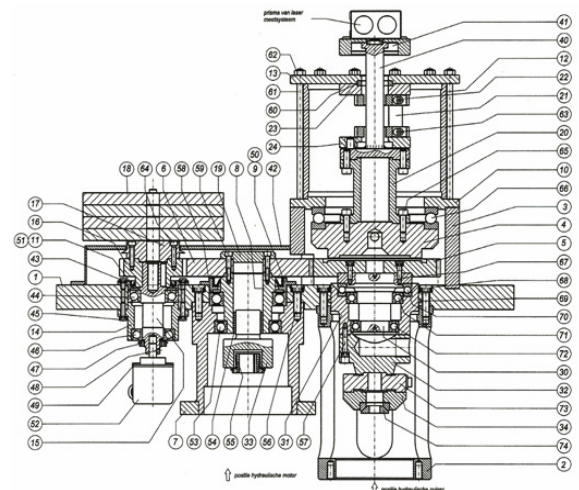


Figure 2 test rig

III. THE TESTRESULTS

A. The force

The force that is used to press the two plates together has only a small effect on the coefficient of friction. It has a far greater effect on the wear of the plate: the greater the pressure the greater the wear rate of the friction plate. Using a greater normal pressure the roughness change of the separator plate increases.

B. Speed

The effect of the preset speed has little or no effect on the coefficient of friction if the energy input is the same for a certain time slot. It has an effect on the change in thickness of the friction plate. A smaller speed has a greater effect on the change in thickness than a greater speed.

C. Flaking of the friction plate

In some tests the friction plate showed signs of unusual wear. Small fragments of the friction plate were broken off. The cause is probable a failed alignment of the two plates[1].

D. Type of plate

The Wellman N670-plate had a lower wear rate than the Raybestos S-7901-2-plate. Flaking of the friction plate has not been noticed. The type of friction plate had no effect on the coefficient of friction.

E. Change in oil

The choice of type of oil has little effect on the coefficient of friction or at least for the types of oil that have been chosen for this test namely Texamatic 7045 and John Deere JD20C. The change in thickness is a bit greater for the JD20C than for the Texamatic 7045. It has no effect on the roughness change.

F. Roughness change of the separator plate

The roughness of the separator plate has no effect on the friction coefficient. The anticipated change in thickness has not been noticed. The change in thickness was similar to the reference test.

G. Drop in coefficient of friction

Another strange phenomenon is a drop in the coefficient of friction between two parts of a test: If the time between two tests is greater than 6 hours there is a decrease in the coefficient of friction. Strangely this doesn't occur when the plates are still in the test rig, it only occurs when the discs aren't in the test rig between the two test halves. But it has nothing to do with the assembly of the discs. The reason for this is that when you

disassemble and reassemble the clutch within a short period of time it has no effect on the friction coefficient.

The parameter that caused this change in the coefficient of friction has not been found but it following parameters can be excluded.

Table1 The exclude parameters

Causes
Temperature
Normal pressure
O ₂
humidity
Influence of oil
Instrumental drift
/creep
assembly process

H. Parameters for roughness measurement

The parameters R_a , R_q , R_z , R_t , skew and kurtosis and the parameters that are used in the Abbott-Firestone curve have been used to evaluate the change in roughness of the separator plate but only R_a , R_q have been proven useful.

IV. THE CONCLUSION

The only parameter that had an effect on the friction coefficient was the pressure. The higher the pressure, the higher the friction coefficient. The parameters measured all have an effect on the change in thickness of the plates.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the suggestions of Prof. Dr. ir. P. De Baets, Dr. ir. W. Ost, J. Declercq, R. Desmet and the staff of labo Soete.

REFERENCES

- [1] Fish R. L., *Wet friction material - Some modes of failure and methods of correction*, SAE Technical paper n° 760664, 1973.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
1.1	Doel	1
1.2	De lamellenkoppeling	1
1.3	Frictiematerialen	2
1.4	De separatorplaat.....	3
1.5	De olie	3
2.	Stribeck curve.....	4
	De squeeze film fase	5
	De squash fase.....	5
	Adhesieve wrijvingsfase	5
3.	Definitie van wrijvingscoëfficiënten.....	6
4.	Literatuur.....	7
4.1	Invloed van het over te dragen koppel	7
4.2	Invloed van de olie	7
4.3	Invloed van ruwheid van de oppervlakte van de separatorplaat	8
4.4	Invloed van de elasticiteit van het frictiemateriaal	8
4.5	De hardheid van de separator plaat	8
4.6	De temperatuur.....	8
4.7	De snelheid.....	9
4.8	De normaaldruk.....	9
4.9	Hotspots	9
4.10	De falingswijzen van een koppeling	10
	Chemisch falen.....	10
	Mechanisch falen	10
	Thermisch falen.....	12
4.11	Samenvatting van de vorige onderzoeken die gebeurd zijn in Ugent.....	13
	Proeven uitgevoerd in het academiejaar 1999-2000.....	13
	Proeven uitgevoerd in het academiejaar 2000-2001	14
5.	Beschrijving van de proefstand.....	15
6.	De sturing	18
6.1	Het programma voor de zuiger	19
	Blok 1	19
	Blok 2	20
	Blok 3:.....	20
	Blok 4:.....	20
	Blok 5:	20
6.2	Het programma voor de motor.....	21
	Blok 1:.....	21
	Blok 2:	21
7.	Het hydraulische deel.....	22
8.	Data-acquisitie.....	23
8.1	Het eerste programma	23
	DEEL 1.....	24
	DEEL 2.....	24
	DEEL 3.....	25
	DEEL 4.....	25
8.2	Het tweede programma	26
9.	Meetsensoren.....	28

9.1 Het koeldebiet	28
9.2 Positiesensor.....	28
9.3 Krachtsensor.....	29
9.4 Koppelsensor.....	30
9.5 Temperatuursensor	30
10. De proefprocedure.....	31
10.1 Doel	31
10.2 De werkwijze	31
Vorbereiding proef	31
De proef.....	31
Einde van de proef	32
11. Meting 1	33
11.1 Inleiding	33
11.2 Bespreking	33
De verplaatsing en de kracht.....	33
Het koppel	34
Temperaturen olie	35
Temperaturen op de plaat.....	36
Wrijvingscoëfficiënt.....	37
Ruwheden.....	39
Slijtage	47
11.3 Besluit uit de proef	49
12. Referentieproeven	50
12.1 Meting 2	50
Inleiding	50
Bespreking	50
Wrijvingscoëfficiënt.....	51
Ruwheden.....	51
Dikte.....	52
12.2 Meting 3	52
Inleiding	52
Bespreking	52
Wrijvingscoëfficiënt.....	52
Dikte.....	53
12.3 Besluit	53
13. Meting 4: invloed van de druk	54
13.1 Inleiding	54
13.2 Bespreking	54
Wrijvingscoëfficiënt.....	54
Ruwheden.....	55
Dikte.....	55
13.3 Besluit uit de proef	55
14. Invloed van de snelheid.....	56
14.1 meting 5.....	56
Inleiding	56
Bespreking	57
Wrijvingscoëfficiënt.....	57
Ruwheden.....	57
Dikte.....	58
14.2 Meting 6	58

Inleiding	58
Bespreking	58
Wrijvingscoëfficiënt.....	58
Ruwheden.....	59
Dikte.....	59
14.3 Besluit uit proef.....	59
15. Meting 7: invloed van het frictiemateriaal	60
15.1 Inleiding	60
15.2 Bespreking	60
Wrijvingscoëfficiënt.....	60
Ruwheden.....	61
Dikte.....	61
15.3 Besluit uit proef.....	61
16. Meting 8: verklaring van de sprongen in de wrijvingscoëfficiënt	62
16.1 Inleiding	62
16.2 Bespreking	62
16.3 Besluit uit proef.....	63
17. Meting 9: Invloed van de ruwheid	64
17.1 Inleiding	64
17.2 Bespreking	64
Wrijvingscoëfficiënt.....	64
Ruwheden.....	65
Dikte.....	65
17.3 Besluit	65
18. Meting 10: Invloed van de olie	66
18.1 Inleiding	66
18.2 Bespreking	66
Wrijvingscoëfficiënt.....	66
Ruwheden.....	67
Dikte.....	67
18.3 Besluit	67
19. Algemeen Besluit	68
20. Bijlagen	69
A Texamatic 7045 data sheet	69
B Opsomming onderdelen.....	71
C Elektrisch schema	72
D Definitie ruwheidwaarden	73
Referenties.....	74

1. Inleiding

1.1 Doel

Het doel van dit eindwerk is een beter inzicht te verwerven in de wrijving- en slijtage eigenschappen van lamellenkoppelingen. Deze worden gebruikt in automatische transmissies. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van opstelling gelijkaardig aan een SAE#2 proefopstelling¹. Het verschil tussen de gebruikte opstelling en een SAE#2-test is dat er in de gebruikte opstelling maar één frictie en één separatorplaat wordt getest.

1.2 De lamellenkoppeling

De lamellenkoppeling is opgebouwd uit twee verschillende soorten platen: frictieplaten en scheidingsplaten. De frictieplaten worden door middel van inwendige vertanding bevestigd aan de uitgaande as. De scheidingsplaten worden doormiddel van uitwendige vertanding bevestigd aan de ingaande as. Door middel van een normaalkracht veroorzaakt door de hydraulische zuiger worden de platen tegen elkaar gedrukt en zo ontstaat er een koppeloverdracht tussen de ingaande en de uitgaande as.

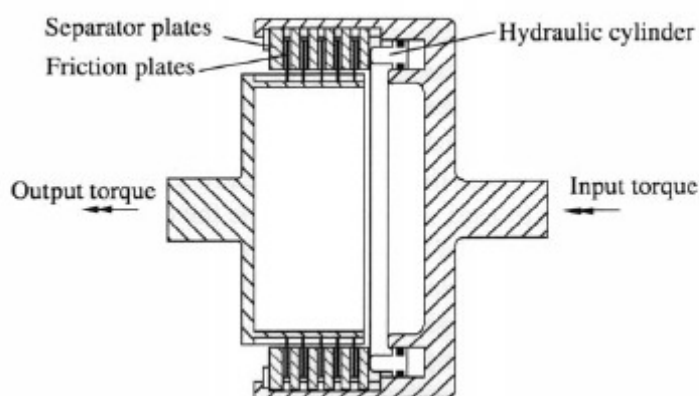


Fig 1: lamellenkoppeling

¹ Een SAE#2 proef is een proef waarbij een volledige koppeling getest wordt. Hierbij wordt er energie gedissipeerd in de koppeling die afkomstig is van inertiemassa's.

Het voordeel van deze koppelingen is dat het grote vermogens kan overbrengen en dat de koppeling beter samengaat met een elektronische sturing die instaat voor een verbetering van de tractie en de stabiliteit van het voertuig bij vierwielaandrijving dan een viskeus koppelingmechanisme als het in een differentieel wordt gebruikt.. De reden hiervoor is dat er bij een viskeus koppelmechanisme minder controlemogelijkheden zijn. Deze koppeling kan ook als rem gebruikt worden en dan wordt er energie in de koppeling gedissipeerd.

1.3 Frictiematerialen

De meest gebruikte materialen zijn papier, gesinterd brons, staal, koolstofvezel, kurk, asbest²- en aramidevezels. Hier wordt er voornamelijk naar volgende parameters gekeken: wrijvingscoëfficiënt, de stabiliteit, de duurzaamheid, de warmtebestendigheid, compatibiliteit met smeermiddelen,...

In dit eindwerk wordt er gewerkt met “papier”. De reden hiervoor is dat het een van de meest gebruikte materialen is sinds de jaren 50 en ook om consequent te blijven met de vorige onderzoeken die aan de universiteit gebeurt zijn. De redenen voor het veelvuldig gebruik van dit materiaal zijn de relatief lage prijs en de goede eigenschappen van dit materiaal.

Dit “papier” wordt opgebouwd uit cellulosevezels gecombineerd met een hars. De productie gebeurt door het uitharden van een pulp van cellulose vezels en hars in een vorm. Dit is analoog aan de productiewijze van papier vandaar de naam. Dit wordt dan verbonden met een stalen legschijf.

² Niet meer gebruikt

1.4 De separatorplaat

Er wordt gebruik gemaakt van separator platen die uit plaatstaal vervaardigd werden (materiaal volgens Euronorm 1C60, buitendiameter van 139 mm, binnendiameter 99 mm)

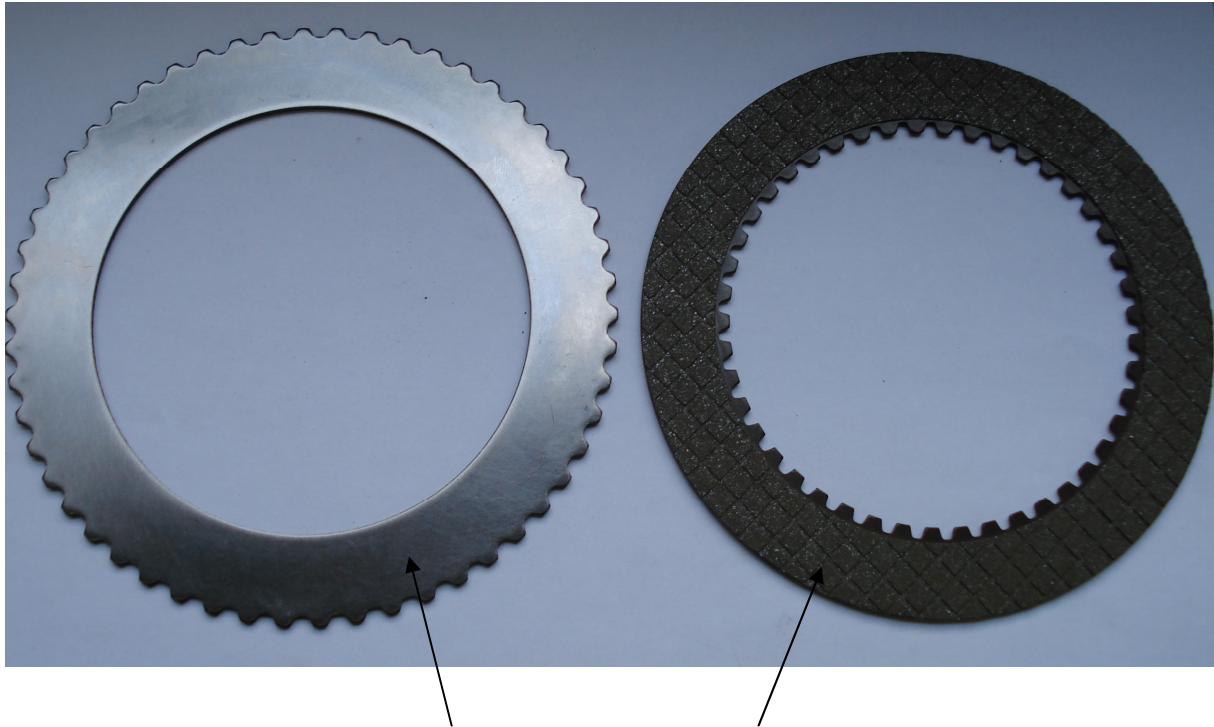


Fig 2: wrijvingsplaat separatorplaat

1.5 De olie

Er wordt gebruik gemaakt van transmissie olie of ATF (texamatic 7045). Deze dient om de koppeling te koelen en te smeren. Daar er geen andere smeermiddelen voorzien zijn, dient deze olie ook voor de smering van de andere onderdelen: de tandwielen en de lagers.

Hierbij wordt opgemerkt dat er ook additieven aan de olie zijn toegevoegd om betere eigenschappen te verkrijgen zoals daar zijn extreme pressure-additieven ,antiwear -additieven, dispersanten, detergenten, viscosity index improvers. Deze additieven verbeteren voornamelijk de levensduur van de koppeling en de olie door het aanbrengen van beschermlagen op de koppelingsplaten en door het oplosbaar houden van verontreinigingen in de olie. Voor een uitgebreidere uitleg van de werkingsprincipes van deze additieven verwijs ik naar de literatuur. De specificaties van de olie kunt u in de bijlage terugvinden.

2. Stribeck curve

Om een beter beeld te verkrijgen van wat er gebeurt tijdens de ingrijpen van de koppeling wordt in dit hoofdstuk het verband tussen de relatieve snelheid en de wrijvingscoëfficiënt uitgelegd.

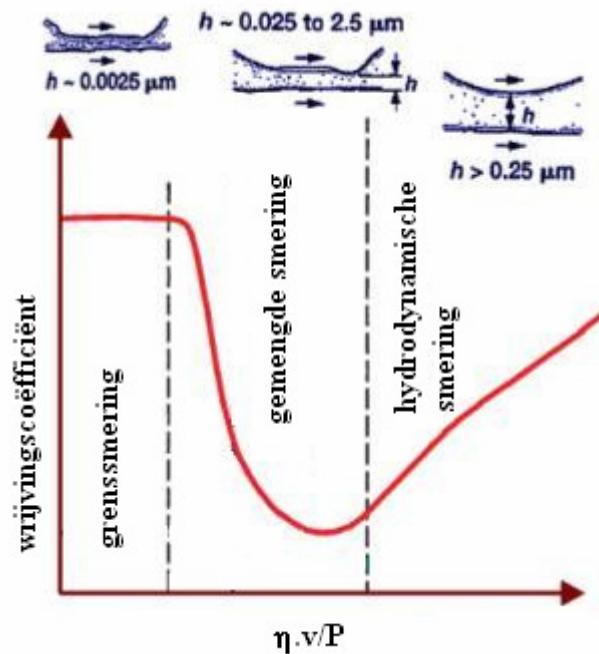


Fig 3: Stribeck curve

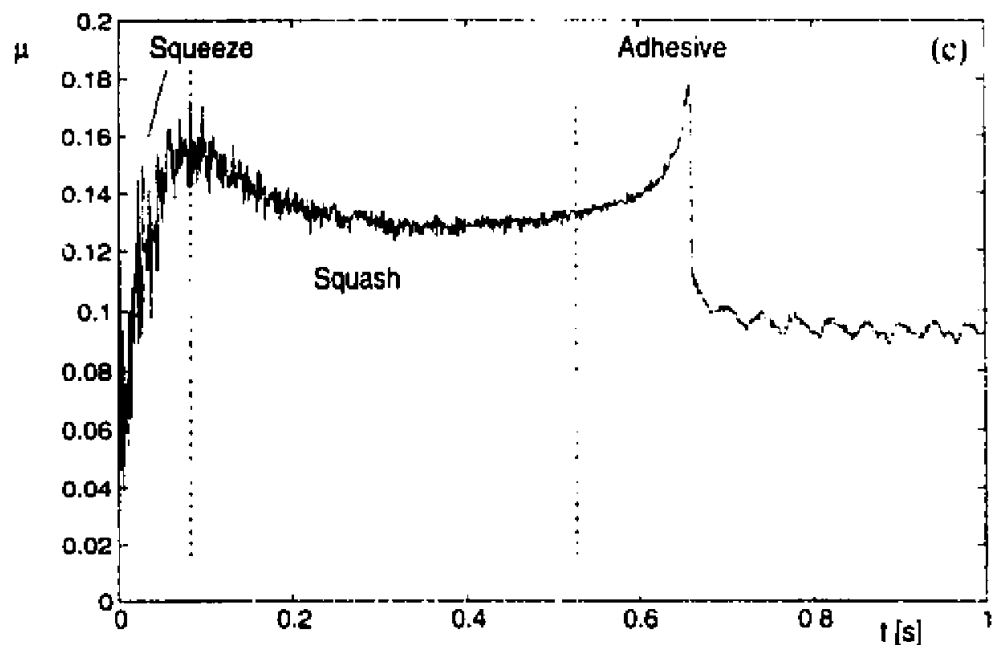


Fig 4: Verloop van de wrijvingscoëfficiënt bij een proef [1]

De squeeze film fase

In de figuur voorgesteld door hydrodynamische smering.

Dit is de eerste fase van het ingrijpen. De platen naderen elkaar en er wordt in de olie hydrodynamische druk opgebouwd. De olie vormt een dunne film tussen de twee koppelingsplaten en vermijdt dat er contact is tussen de twee platen. Deze laag wordt echter dunner naarmate de druk groter wordt. Hierdoor stijgt de wrijvingscoëfficiënt daar die volledig bepaald wordt door de afschuifkracht, deze stijgt met toenemende druk. Een deel van de olie wordt in het materiaal opgenomen door het poreus zijn van het frictiemateriaal.

De squash fase

Op de figuur voorgesteld door gemengde smering

Doordat de kracht te hoog wordt in de koppeling wordt de kracht niet alleen meer door de olie opgevangen. Een deel van de kracht wordt ook door de ruwheidpieken van de twee platen opgevangen.

Doordat de hoogste ruwheidpieken elastisch vervormd worden, komt een deel van de olie die in de vorige fase geabsorbeerd werd in de deze fase weer vrij. Dit heeft een koelend effect rond de ruwheidpieken bij het eerste contact.

Adhesieve wrijvingsfase

Op de figuur voorgesteld door grenssmering

Wanneer de invloed van de oliefilm op de overbrenging van de kracht verwaarloosbaar wordt spreekt men over de adhesieve wrijvingsfase. Hier wordt de kracht volledig overgebracht door het mechanische contact. Daar de snelheid naar nul gaat, benadert de wrijvingscoëfficiënt de statische wrijvingscoëfficiënt. In deze fase wordt het grootst mogelijke vermogen overgebracht. Tijdens deze grenssmering worden bepaalde additieven van de olie opgenomen door de platen en verbeteren hierbij de slijtageweerstand van de platen.

3. Definitie van wrijvingscoëfficiënten

In de figuur zijn er drie verschillende wrijvingscoëfficiënten gedefinieerd namelijk de initiële wrijvingscoëfficiënt μ_i . Dit is de hoogste wrijvingscoëfficiënt en komt voor bij het begin van de koppeling. De wrijvingscoëfficiënt op het einde van de cyclus, dus bij een snelheid gelijk aan 0, is gelijk aan de statische wrijvingscoëfficiënt μ_0 . De dynamische coëfficiënt μ_d is de wrijvingscoëfficiënt bij de helft van de maximale snelheid³.

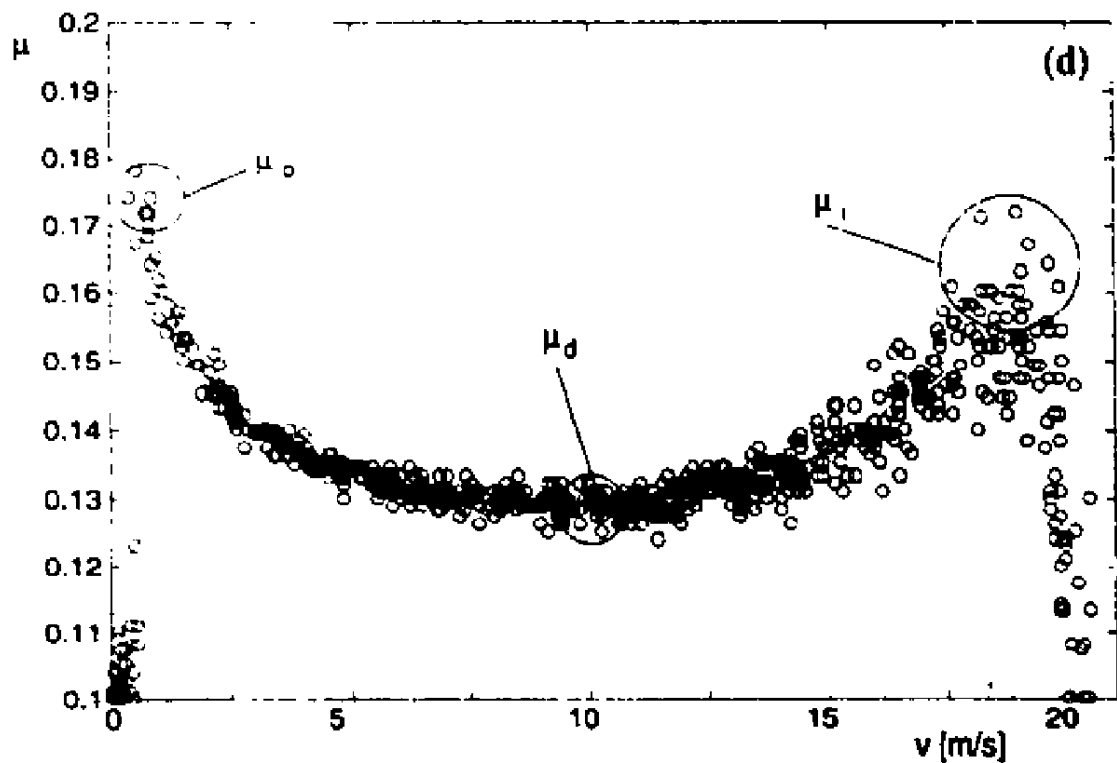


Fig 5: wrijvingscoëfficiënt in functie van de snelheid [1]

³ De definities opgesteld voor SAE#2 testen, andere definities zijn mogelijk.

4. Literatuur

4.1 Invloed van het over te dragen koppel

In SAE#2 testen wordt er normaal enkel gebruik gemaakt van het afremmend koppel en wordt er geen extern koppel overgedragen. In de literatuur [2] wordt er beweerd dat indien men het koppel over een cyclus constant houdt er andere resultaten zouden worden verkregen.

De wrijvingscoëfficiënten, zoals hierboven gedefinieerd, zouden niet veranderen t.o.v. een SAE#2test. Indien men gebruik maakt van de methode van het aangelegde koppel is de koppelingstijd groter daar het ontwikkelde vermogen lager is en er voor geopteerd wordt om de overgedragen energie constant te houden.

Het maximum ontwikkeld vermogen bij de methode van de uitlopende inertie is groter daar er bij een grotere snelheid gestart wordt.

De maximale temperatuur is ook groter bij het gebruik van inertiemassa's doordat er een groter vermogen gebruikt wordt.

4.2 Invloed van de olie

Het type basisolie heeft weinig invloed op de wrijvingkarakteristieken van de koppeling net zoals dat de viscositeit van de olie geen rol speelt [3]. De toegevoegde additieven hebben wel een belangrijke invloed. Deze invloed is sterk afhankelijk van het soort additief dat gebruikt wordt. Bijvoorbeeld anti-oxidanten, oplosmiddelen, verstrooiers hebben weinig effect. Additieven zoals frictie modifiers, anti-sleet, corrosie inhibitoren, extreme pressure additieven hebben wel een merkbaar effect. Er moet volledigheidshalve opgemerkt worden dat er uitzonderingen op de regel bestaan.

Er moet rekening gehouden worden met het feit dat deze resultaten bekomen werden bij andere testparameters dan de testparameters die in dit eindwerk gebruikt werden. Er werd bij deze testen gebruik gemaakt van gesinterd brons en er werd gewerkt bij snelheden van

2.4mm/s tot 400 mm/s. Dus men kan deze niet zomaar extrapoleren naar de testen die voor dit eindwerk gedaan zijn daar er met andere parameters gewerkt⁴ wordt.

4.3 Invloed van ruwheid van de oppervlakte van de separatorplaat

Een ruwer oppervlak verhoogt de slijtage van het wrijvingsmateriaal.[4],[5],[6]

4.4 Invloed van de elasticiteit van het frictiemateriaal

Indien men gebruikt maakt van frictiematerialen met lagere stijfheid kan men de wrijvingscoëfficiënt verhogen. Een lagere stijfheid vermindert de vorming van hot spots. Maar een lagere stijfheid heeft een nadelig effect op de slijtageweerstand.

4.5 De hardheid van de separator plaat

Dit heeft geen invloed op de wrijvingscoëfficiënt van het frictiemateriaal.

4.6 De temperatuur

Dit is een belangrijke invloedfactor op de slijtage en op de wrijvingscoëfficiënt.

De statische wrijvingscoëfficiënt daalt bij stijgende temperatuur. De verklaring hiervoor kan zijn dat bij hogere temperaturen de additieven in de olie een groter rol gaan spelen..

De dynamische wrijvingscoëfficiënt daalt lichtjes bij hogere temperaturen, een mogelijke verklaring is de verandering van de viscositeit van de olie onder invloed van de temperatuur.

De initiële wrijvingscoëfficiënt daalt lichtjes bij hogere temperaturen en druk.

Uit dit alles volgt dat bij een stijgende temperatuur de verhouding van statische op dynamische wrijvingscoëfficiënt daalt en vermindert het risico op stickslip⁵. [7]

⁴ hogere snelheden en een ander frictiemateriaal

⁵ Dit is schokkende bewegingen die veroorzaakt worden doordat de dynamische wrijving lager is dan de statische wrijvingscoëfficiënt.

4.7 De snelheid

De snelheid heeft geen invloed op de dynamische of statische wrijvingscoëfficiënt zolang de temperatuur gelijk blijft.

4.8 De normaaldruk

Deze factor heeft invloed op de dikteverandering van een materiaal. Het heeft een kleine invloed op de wrijvingscoëfficiënt, deze stijgt naarmate de druk stijgt [3]. De invloed van de druk is kleiner dan die van de temperatuur.

4.9 Hotspots

Dit zijn plaatsen waar er lokaal een hoge druk en temperatuur aanwezig zijn in het contactoppervlak. Hotspots zijn merkbaar door de lokale verkleuring van de separatorplaat. De hoge temperatuur wordt veroorzaakt door de wrijvingswarmte die afhankelijk is van de daar heersende druk. Deze druk wordt veroorzaakt door een niet uniformiteit.

Deze ontstaan door onstabiel thermoelastisch gedrag van een frictiesysteem. Deze onstabiele situatie kan veroorzaakt worden door hoge snelheden en bij aanwezigheid van kleine imperfecties die te vinden zijn op het oppervlak.

Het systeem is op zich zelfversterkend: door een hogere temperatuur zet het materiaal plaatselijk meer uit wat de druk dan weer doet stijgen. Dat heeft dan weer een temperatuurstijging tot gevolg.

Het systeem heeft een kritische snelheid waaronder hotspots niet gevormd worden.

De neiging tot vorming van hotspots kan verminderd worden door een reductie van de elasticiteitsmodulus daar die de kritische snelheid verhoogt en ook de vorming van deze hotspots aanzienlijk vertraagt boven de kritische snelheid. Verdikking van de frictieplaat heeft een gelijkaardig effect op de vorming van hotspots. Een lichte golving in de separatorplaat kan voldoende zijn voor het veroorzaken van hotspots. Verandering van de dikte van de separatorplaat heeft een gemengde invloed. Rechtstreeks beïnvloedt de diktevermindering de vorming negatief, maar onrechtstreeks doordat de imperfectie groter zijn bij dunnere platen heeft dit een versterkend effect.[8]

4.10 De falingswijzen van een koppeling

De falingswijzen van een koppeling zijn onder te verdelen in 3 grote groepen namelijk chemisch, mechanisch, thermisch. Hieronder worden de falingswijzen voorgesteld en hun bijhorende oplossingen.[9]

Chemisch falen

falingswijze	oorzaak	oplossing
verkleuren van frictiemateriaal en abnormale slijtage	interactie tussen frictiemateriaal en koelvloeistof	Kies een met het frictiemateriaal compatibele olie
	contaminatiereactie	kies materialen die niet gevoelig zijn voor de vervuiling
		elimineer de vervuiling

Tabel 1: Chemisch falen

Mechanisch falen

falingswijze	oorzaak	oplossing
extreme slijtage zonder verkleuring en hoge inloopslijtage	ruwe separatorplaat	verlaag de ruwheid van de separatorplaat kies een meer abrasie bestendig materiaal
extreme slijtage en abrasieve slijtage	vervuiling van koelolie	verwijder vervuiling of kies een meer abrasie bestendig materiaal

Tabel 2: Abrasieve falen

falingswijze	oorzaak	oplossing
inkuilen en afschilferen en disintegratie van het materiaal en kleine verhoging van de slijtage	niet evenwijdig zijn van de koppelingsplaten	plaats ze evenwijdig of kies een sterkere frictieplaat
	afbuigende platen	hogere sterkte frictieplaten
faling van het materiaal en hoge slijtage bij hoge druk	te hoge druk	elimineer de toestand kies een meer geschikt frictiemateriaal

Tabel 3: faling door vermoeiing

falingswijze	oorzaak	oplossing
inkuilen en afschilferen en desintegratie van het materiaal in de randen	impact van vloeistof bij hoge snelheid	verlaag de snelheid of de richting kies een compatibel frictiemateriaal
inkuilen volgens patronen	cavitatie	verander de oliedruk of selecteer een compatibel frictiemateriaal
inkuilen and tekenen van warmte-inbreng	verdampen vloeistof	verander de vloeistofsamenstelling of kies een compatibel frictiemateriaal

Tabel 4: faling door oppervlaktebeschadiging

Thermisch falen

falingswijze	oorzaak	oplossing
verbrand frictieoppervlak en glazig oppervlak	hoge absorptie van energie	verhoog de warmtecapaciteit van de koppeling kies een compatibele componenten
	slechte krachtverdeling	verbeter de separator geometrie

Tabel 5: faling door vermogen

falingswijze	oorzaak	oplossing
verbranding en degradatie van materiaal	lage absorptie van grote hoeveelheden energie	verhoog koeling
	overdreven slijtweg	verander de geometrie kies een compatibel materiaal
	fladderen van de koppeling	verander de geometrie kies een compatibel materiaal

Tabel 6: faling door energie

4.11 Samenvatting van de vorige onderzoeken die gebeurd zijn in Ugent

De vorige proeven werden voornamelijk gedaan op een pin-on-disk opstelling. Het principe van deze opstelling is niet een volledige wrijvingsplaat te gebruiken maar slechts 1/20 van een volledige plaat.

Het grote voordeel hiervan is dat er zeer snel gewerkt en gemeten kan worden. Het grote nadeel is dat de gegevens voortvloeiend uit dit onderzoek niet extrapoleerbaar zijn naar een volledige lamellen koppeling. [10]

Proeven uitgevoerd in het academiejaar 1999-2000

De testen in het academiejaar 1999-2000 waren geconcentreerd rond de contactdruk, de carbonisatiegraad van het wrijvingmateriaal en de hardheid van de separatorplaat.

De resultaten kunnen als volgt samengevat worden. De wrijvingcoëfficiënt daalt bij stijgende contactdruk en carbonisatiegraad. De hardheid van de scheidingsplaat heeft enkel een invloed op de initiële wrijvingscoëfficiënt en heeft verder geen invloed meer op de meting maar dit kan wel verklaren dat de verhouding statische wrijvingscoëfficiënt op de dynamische wrijving daalt.

De slijtage van de wrijvingsplaat stijgt als de contactdruk of de carbonisatiegraad van de wrijvingsplaat of de hardheid van de separatorplaat stijgt. Dit kan worden samengevat in onderstaande tabel. [11]

	wrijvingcoëfficiënt (μ)	$\mu_{\text{stat}}/\mu_{\text{dyn}}$	Slijtage per afgelegde slipweg
Contactdruk $\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
Carbonisatiegraad $\uparrow$	$\downarrow$	$\uparrow$	$\uparrow$
Hardheid $\uparrow$	cst ⁶	$\downarrow$	$\uparrow\uparrow$

Tabel 7: Opsomming vorige onderzoeken

⁶ Initieel daalt de wrijvingscoëfficiënt

Proeven uitgevoerd in het academiejaar 2000-2001

Hier werd er voornamelijk gekeken naar volgende parameters: de invloed van de oliedegradatie, de vorm van het groefpatroon en de invloed van de versnellingen op de scheidingsplaat op de wrijvingscoëfficiënt.

De resultaten zijn als volgt samen te vatten: De oliedegradatie heeft een significante invloed op de wrijvingcoëfficiënt namelijk de initiële en de endpoint wrijvingcoëfficiënt dalen. De dynamische wrijvingscoëfficiënt daalt.

De verlaging van de endpoint wrijvingcoëfficiënt heeft als invloed dat het over te brengen koppel daalt. De stijging van de dynamische wrijvingscoëfficiënt heeft dan als invloed dat de sluitingstijd van de koppeling daalt, maar vergroot het vermogen dat ontwikkeld wordt tijdens deze sluiting.

Er is geen noemenswaardige invloed waar te nemen van het groefprofiel⁷ op de wrijvingscoëfficiënt noch op de slijtage.

De versnelling van de scheidingsplaat blijkt een invloed te hebben op het verband tussen de wrijvingscoëfficiënt en de slipsnelheid. De helling van de wrijvingscoëfficiënt uitgezet als functie van de slipsnelheid daalt bij kleinere versnellingen en dit verband is vooral zichtbaar bij stijgende snelheden. Bij dalende snelheden werd de invloed van de versnelling minder waargenomen.

Er moet ook opgemerkt worden dat er geconstateerd werd dat het oliedebiet een rol speelt bij de slijtage van de wrijvingsplaat.

⁷ Recht profiel of een profiel onder 45°

5. Beschrijving van de proefstand

De hoofdelementen van de proefstand zijn de hydraulische motor die voor de beweging van het geheel zorgt, de hydraulische zuiger die de koppeling kan sluiten, een hydraulische pomp die koelolie toevoert en inertiemassa's die voor opslag van kinetische energie zorgen. Hieronder zijn foto's en de plannen van de opstelling te vinden, de opsomming van de onderdelen zijn in bijlage terug te vinden. Hierin zijn de plaatsing van de verschillende meettoestellen terug te vinden⁸. Het lasersysteem dat in de plannen aanwezig is, is niet gemonteerd omdat dit niet nodig was voor het uitvoeren van de testen, er werden namelijk geen trillingen opgemeten.

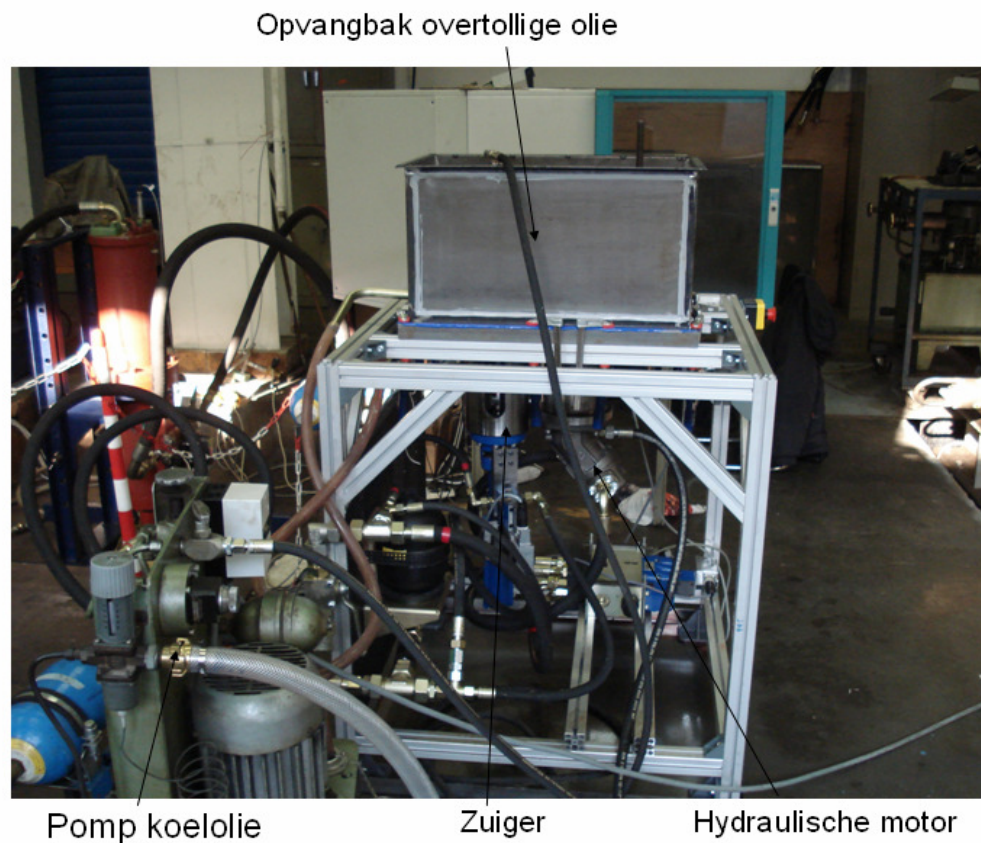


Fig 6: Foto van de opstelling

⁸ Hierbij moet opgemerkt worden dat noch de hydraulische motor noch de hydraulische zuiger op het plan terug te vinden zijn.

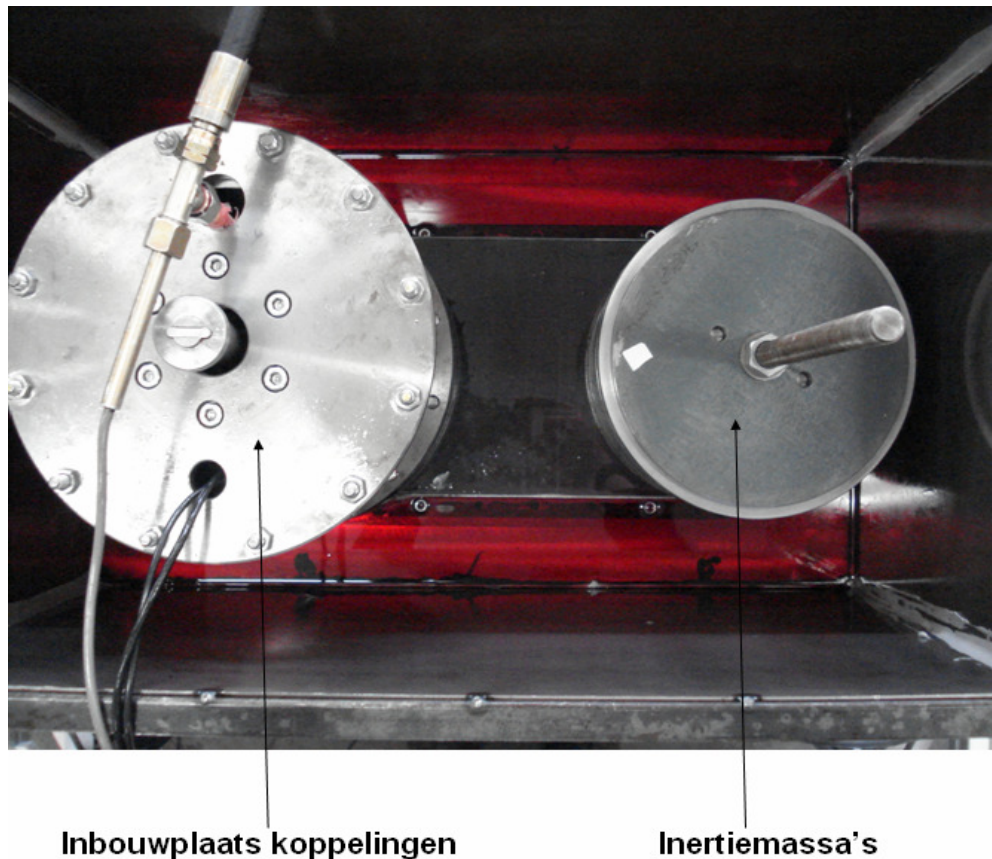


Fig 7: Bovenaanzicht van de opstelling

Wijziging tegenover het oorspronkelijke ontwerp: er is een extra afloop van de koelolie. Daar de gravitationele stroming door de lagers onvoldoende is gebleken om al de olie terug naar de pomp te voeren, moest er een extra voorziening geplaatst worden die de overtollige olie terug naar de pomp brengt. Daarvoor werd er een extra gat voorzien in de afscherming van de tandwielen (nr. 42) die ervoor zorgt dat de olie naar een opvangbak kan stromen. Vanaf die opvangbak is er een leiding voorzien die de olie terug naar de pomp brengt.

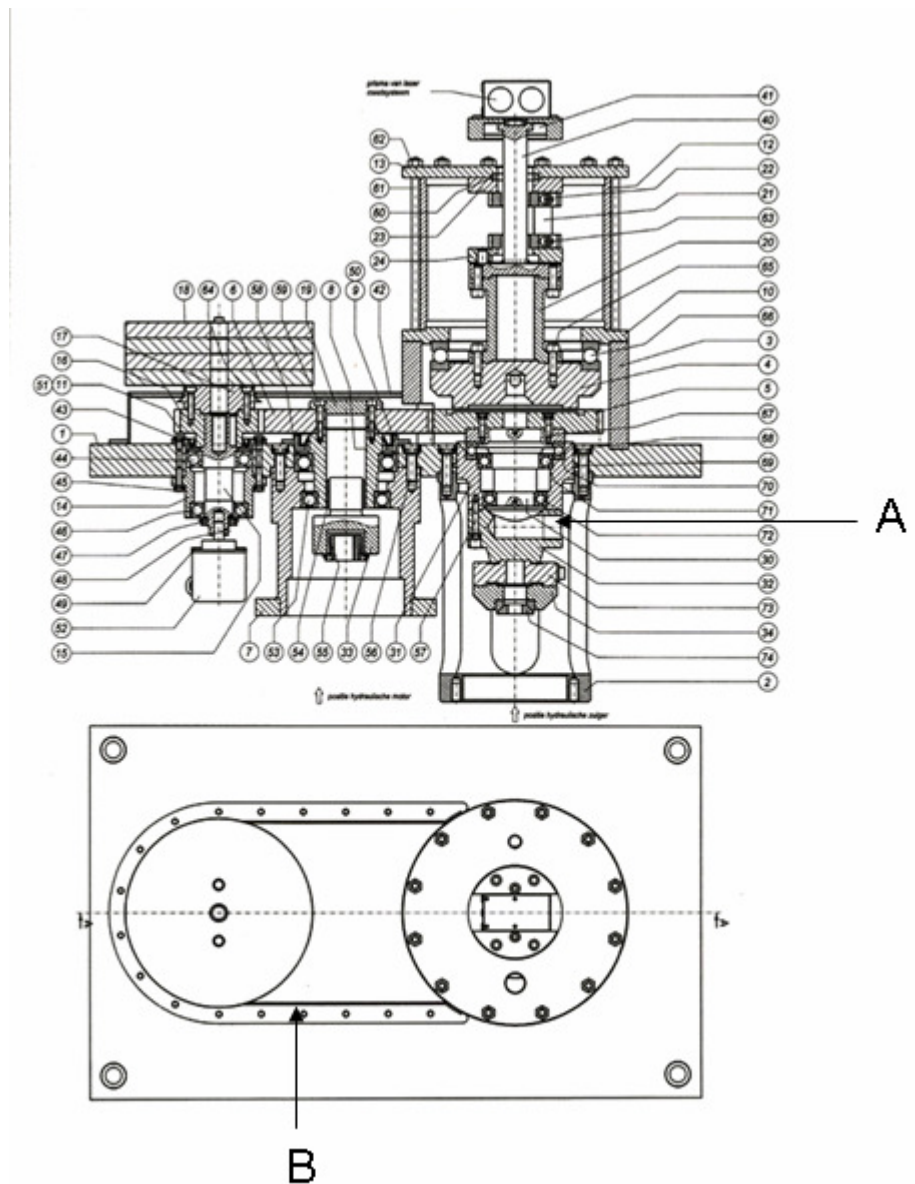


Fig 8: Plan van de opstelling met A de afvoer door de lagers en B het gat in de omkasting

6. De sturing

De sturing gebeurt via een HACD-1 van Rexroth⁹ in de taal Bodac. De sturing wordt op een grafische wijze geprogrammeerd. Er wordt met behulp van blokken gewerkt en de overgang tussen de blokken gebeurt door middel van trigger-voorwaarden. Hieronder is een flowchart terug te vinden van de volledig te doorlopen cyclus. Het geheel van het programma wordt op twee kaarten geprogrammeerd. De eerste kaart wordt gebruikt voor de sturing van de hydraulische motor die het toerental van de opstelling regelt, de andere kaart wordt gebruikt voor de sturing van de zuiger die het sluiten van de koppeling regelt.

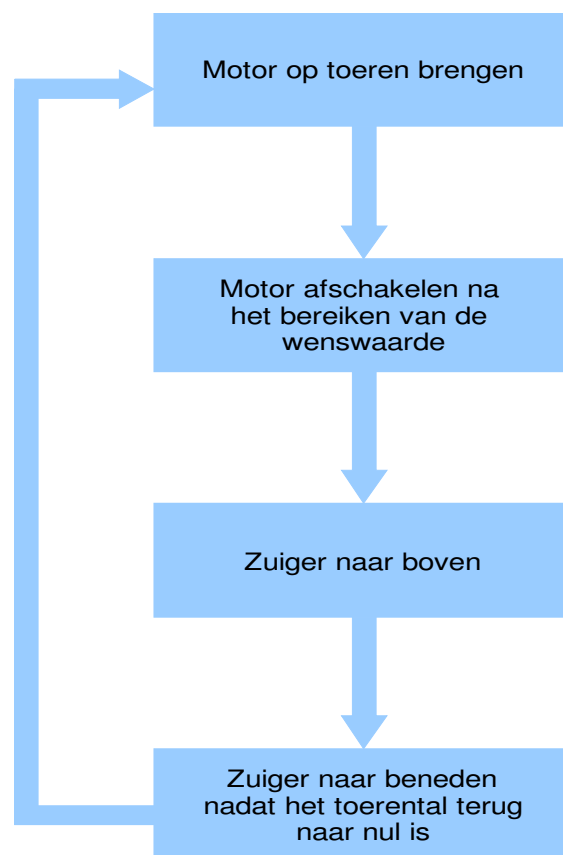


Fig 9: Flowchart van het geheel

⁹ Maakt deel uit van de bosch-groep

6.1 Het programma voor de zuiger

Dit fungeert als het hoofdprogramma van de opstelling. Dit programma loopt continu en spreekt de motorkaart aan indien dit nodig is.

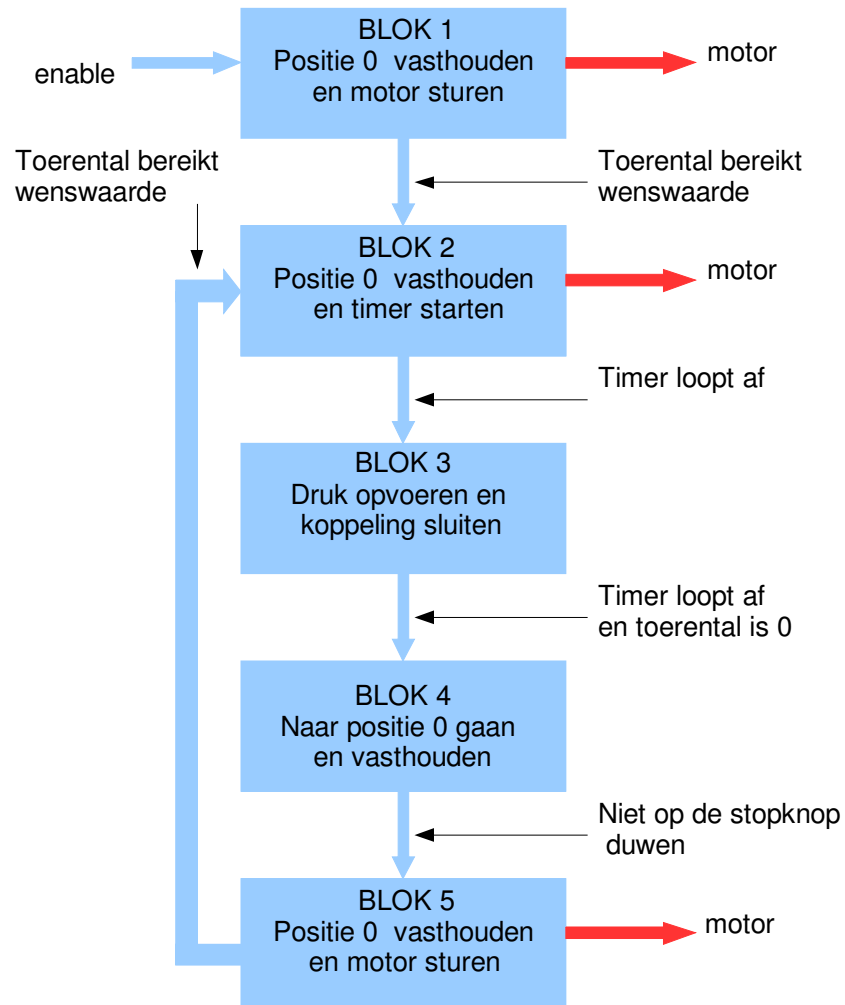


Fig 10: Principe van de zuigersturing:

Blok 1

Deze blok wordt enkel aangesproken bij het starten van het programma. Hij wordt getriggerd door het enable¹⁰ signaal. Indien dit signaal niet aanwezig is kan er geen enkel blok in het programma werken en wordt er ook niets uitgestuurd. Het doel van deze blok is de zuiger naar zijn rustpositie te brengen en de kaart van de motor aan te spreken.

¹⁰ Een signaal dat nodig is om de kaarten te laten functioneren

Blok 2

Dit deel van het programma start enkel indien het toerental van de motor zijn wenswaarde bereikt heeft. Deze blok kan enkel aangesproken worden indien het programma zich in blok 1 of blok 5 bevindt. Deze blok heeft enkel als doel de motorkaart de tijd te geven om op een correcte manier zijn tweede blok van zijn programma te bereiken. Ook hier wordt de zuiger ook in zijn rustpositie gehouden.

Blok 3:

In dit blok wordt er voor gezorgd dat de zuiger de koppeling sluit zodat de energie van de vliegwielen door de koppeling gedissipeerd wordt. Bij de sluiting van de koppeling wordt er overgegaan van plaatssturing naar krachtsturing.

Blok 4:

Deze blok zorgt dat de zuiger terug in zijn rustpositie wordt gebracht en dit is ook het blok dat ervoor zorgt dat de zuiger in zijn rustpositie blijft indien er op de stopknop gedrukt wordt of met andere woorden hier blijft het programma hangen indien er op de stopknop gedrukt wordt.

Blok 5:

Dit blok heeft een gelijkaardige functie als blok 1. Het heeft ook als doel de zuiger in zijn rustpositie te houden en de kaart van de motor aan te spreken.

6.2 Het programma voor de motor

Deze kaart werkt enkel indien er beroep op wordt gedaan vanuit de kaart van de zuiger. Het programma van deze kaart is zeer eenvoudig. Het stuurt de motor aan totdat het gewenste toerental bereikt is en schakelt dan de motor uit.

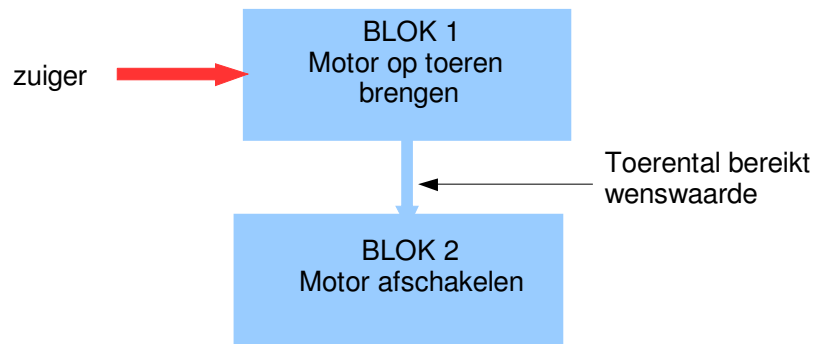


Fig 11: Principe van de motorsturing

Blok 1:

Deze blok wordt aangesproken door de zuiger en heeft als functie het toerental van de motor te verhogen tot de wenswaarde. Indien dit toerental bereikt is wordt de tweede blok aangesproken

Blok 2:

Hier wordt de motor afgeschakeld.

7. Het hydraulische deel

In dit deel wordt het hydraulische gedeelte van de opstelling besproken, namelijk de kleppen die de zuiger en de motor sturen. Hier wordt er gebruik gemaakt van onderdelen van Rexroth Bosch. (de elektrische verbindingen zijn in bijlage terug te vinden)

Bij het afschakelen van de motor worden de beide leidingen afgesloten. Dit heeft een groot nadeel voor het uitlopen van de motor. Daar die dan dienst doet als een hydraulische pomp. Maar daar de kleppen gesloten zijn zuigt men de leiding aan de toevoerkant vacuüm en aan de perskant ontstaat er een overdruk waarop de leidingen niet op voorzien zijn.

De oplossing hiervoor is dat er na de klep een voorziening geplaatst wordt die de twee leidingen met elkaar verbindt zodanig dat de olie in een kring kan bewegen, het teveel aan olie wordt dan via een overstort naar de afvoerleiding gebracht. Het systeem is onderstaande figuur terug te vinden.

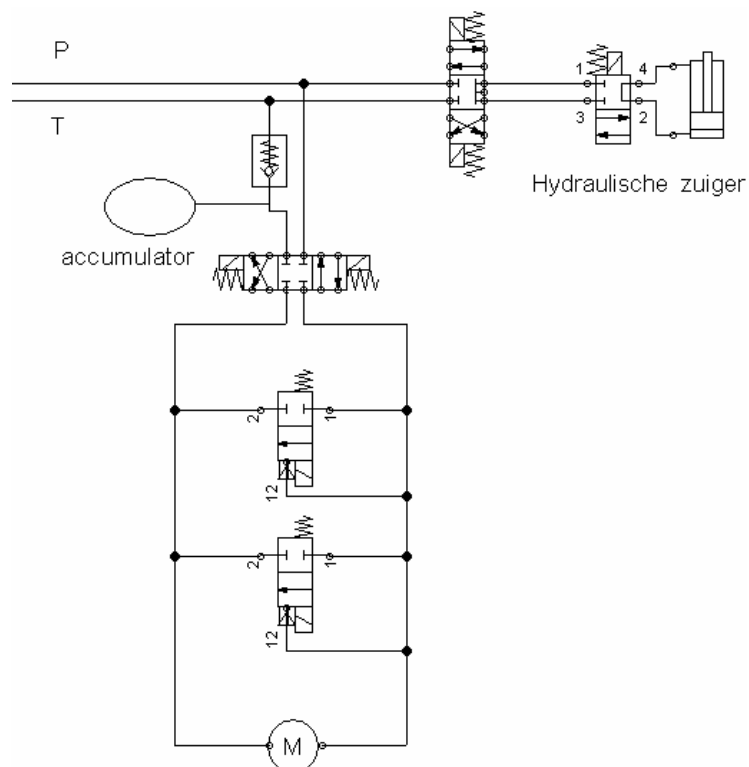


Fig 12: Hydraulisch schema opstelling

8. Data-acquisitie

Hier wordt het programma beschreven dat in labview gebruikt werd om de verschillende sensoren uit te lezen en te verwerken. De verwerkingseenheid bestaat uit twee verschillende programma's namelijk een programma die op welbepaalde tijdstippen een meting uitvoert en dit wegschrijft in een bestand en een ander programma dat enkel dient om de te meten grootheden te visualiseren in grafieken.

8.1 Het eerste programma

Hieronder is de structuur van het programma te zien. Het bestaat grosso modo uit vier delen die hieronder verder uitgelegd worden.

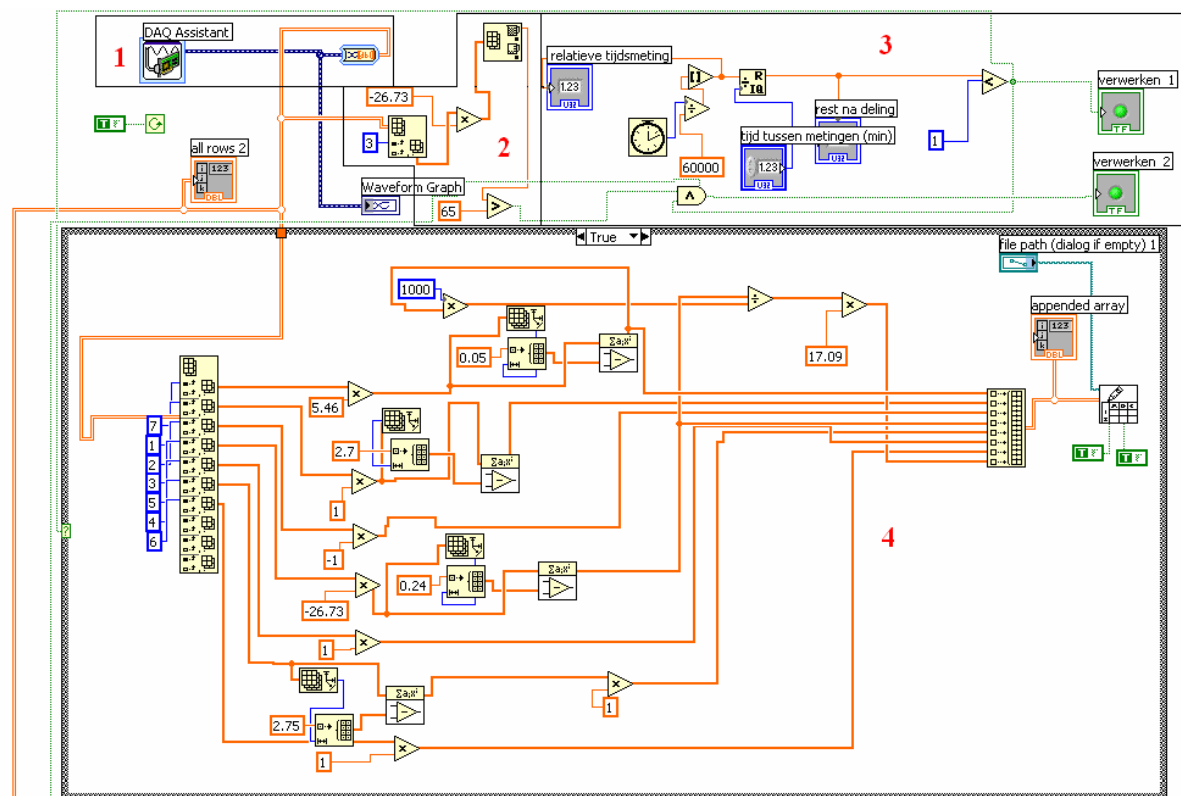


Fig 13: structuur van het programma met aanduiding van de delen in rode letters¹¹

¹¹ Hierbij moet opgemerkt worden dat er nog een tweede lus bestaat die hier niet getekend is maar exact het zelfde is als de getekende lus maar ze wordt op een andere manier getriggerd.

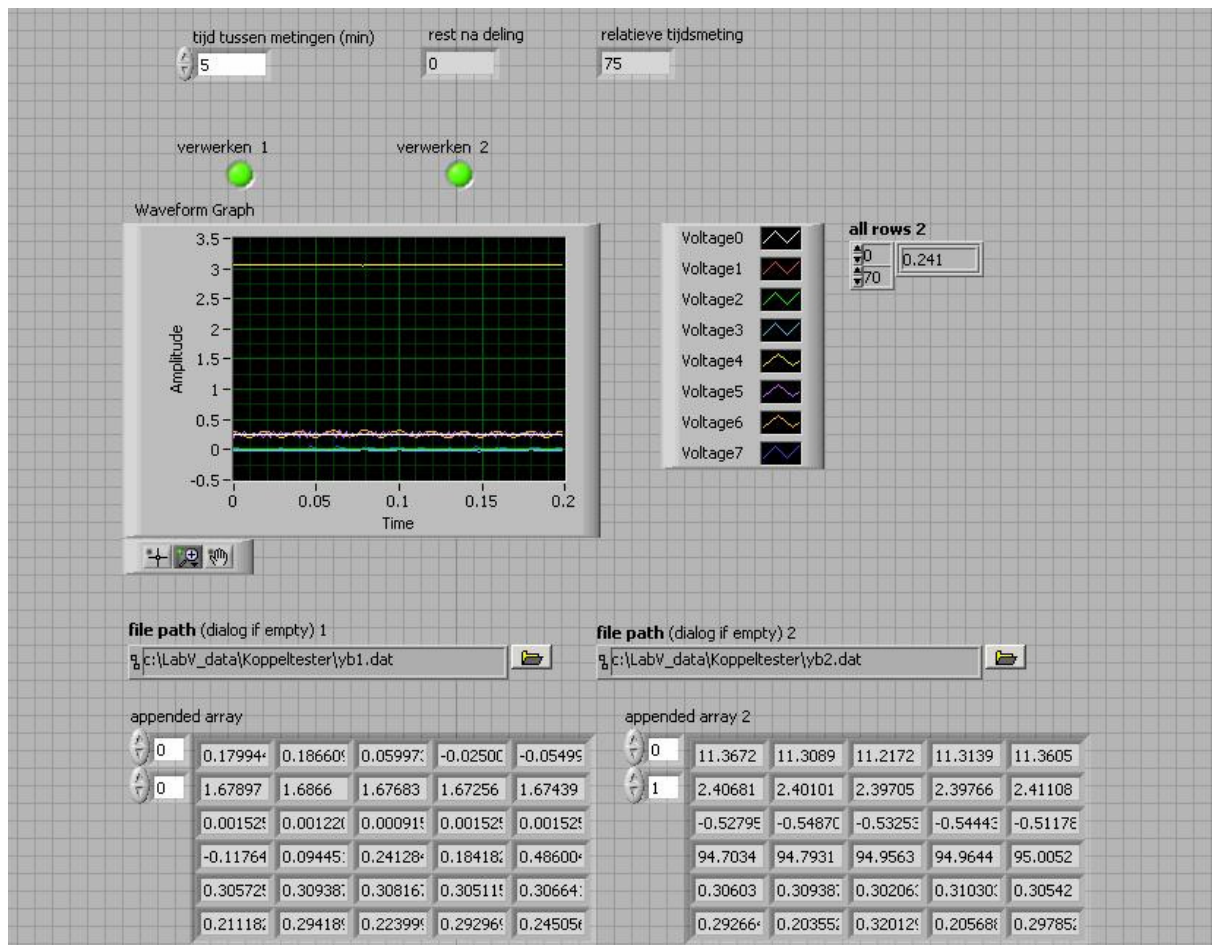


Fig 14: Frontview van het programma

DEEL 1

Hier worden de gegevens binnen gelezen en in een buffer geplaatst. Nadat de buffer vol is wordt de gehele buffer doorgestuurd naar een grafische weergave (grafiek in frontview) en ook omgezet naar een array die verder verwerkt wordt in de volgende delen. Dit herhaalt zich continu, telkens wordt er een buffer gevuld en verzonden.

DEEL 2

In dit deel wordt uit de array van meetgegevens het koppelsignaal gehaald en daarvan wordt het minimum bepaald en omgerekend naar de waarde in Nm in plaats van de door de meetsensor gegeven volts. Deze waarde wordt dan vergeleken met de trigger-conditie. De vergelijking ($>$) geeft dan een boolean door naar het volgende blok.

DEEL 3

Hier wordt er beslist wanneer de gemeten waarden worden doorgegeven aan het volgende deel. Het bestaat uit een klok die een tijdsignaal uitstuurt. Hierop worden bewerkingen gedaan om het signaal om te vormen naar minuten in plaats van ms. Deze waarde wordt dan gedeeld door een vaste tijd waarover er gemeten wordt. Daarvan wordt de rest na deling vergeleken met de tijd dat er gemeten moet worden. Indien die kleiner is worden er signalen doorgegeven naar het volgende blok. Er wordt ook een combinatie gemaakt met het signaal uit deel 2 zodat er enkel signalen worden doorgegeven als beide voorwaarden vervuld zijn.

DEEL 4

In dit deel gebeurt de verwerking van de signalen en worden ze naar de juiste eenheden omgerekend. De wrijvingscoëfficiënt wordt hier uitgerekend. Hierna worden alle waarden naar een bestand weggeschreven. Hierbij moet worden opgemerkt dat er twee lussen bestaan waarvan er maar één getekend is, daar ze exact hetzelfde doen maar ze worden op een andere manier getriggerd. In de lus die te zien is moet er enkel aan de tijdsvoorwaarde voldaan worden, in de andere lus moet er ook aan de koppelvoorwaarde voldaan worden. In de frontview kan er gekozen worden waar de twee bestanden weggeschreven is en eronder is ook te zien wat er in de bestanden weggeschreven wordt.

8.2 Het tweede programma

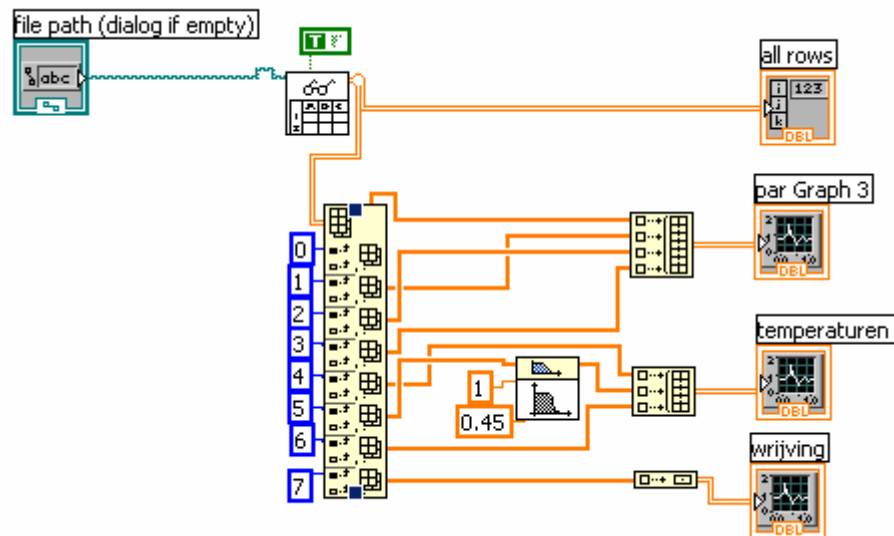


Fig 15: structuur van het programma

De structuur van dit programma is vrij simpel, het programma leest het bestand met de gegevens in en splits de resulterende array en verstuurd de gegevens naar hun respectievelijke grafiek. De kracht, verplaatsing, koppel en toerental worden weergegeven in één grafiek. De temperaturen in een andere en tenslotte de wrijvingscoëfficiënt in nog een andere grafiek. Er wordt ook een laagdoorlaat filter voorzien op het signaal van de temperatuur van de sensor die de inkomende koelolie meet. Dit wordt enkel gebruikt om de grootste storingen uit het signaal weg te werken. Hieronder is dan de frontview van het programma te zien met de verschillende grafieken¹².

¹² De legendes van de grafieken worden hier niet weergegeven maar zijn wel aanwezig in het programma

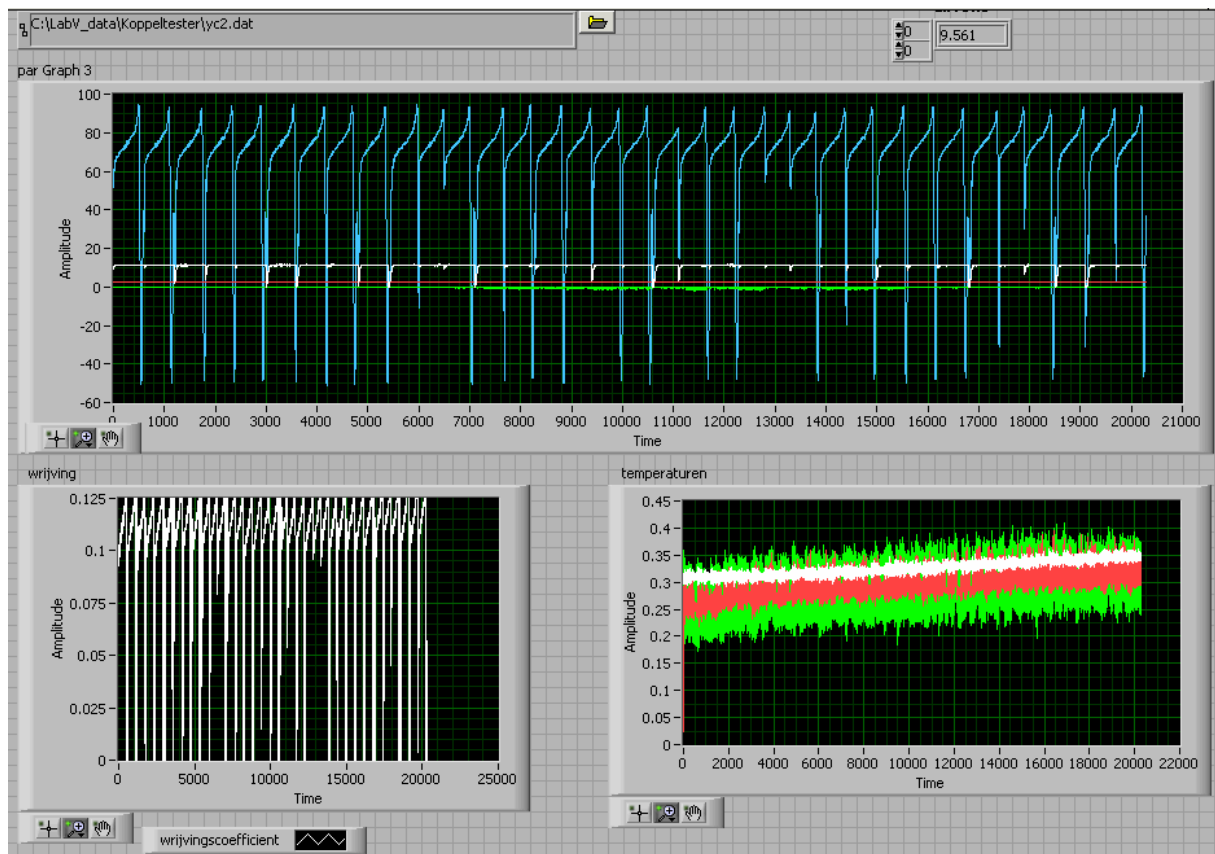


Fig 16: frontview programma

9. Meetsensoren

9.1 Het koeldebiet

De koeling van de koppeling wordt gevoed met een oliepomp waarvan het debiet gemeten werd door middel van het vullen van een beker over een bepaalde tijd. Hieruit werd dan het maximale debiet bepaald op 6,8l/min. Het in de proeven gebruikte debiet is 0,86 l/min.

9.2 Positiesensor

De kalibratie van de positiesensor gebeurt door een programma te laten draaien die er voor zorgt dat de positie van de zuiger op een bepaalde plaats blijft. Daarna wordt de afstand tussen de plaats van de zuiger tegenover een referentiepositie bepaald. Uit het voltage dat de positiesensor genereert en de werkelijke plaats kan men de verhouding tussen het uitgestuurde voltage en de werkelijke positie bepalen. Dit is terug te vinden in onderstaande grafiek. Hieruit is af te leiden dat 1V overeenkomt met 1cm verplaatsing.

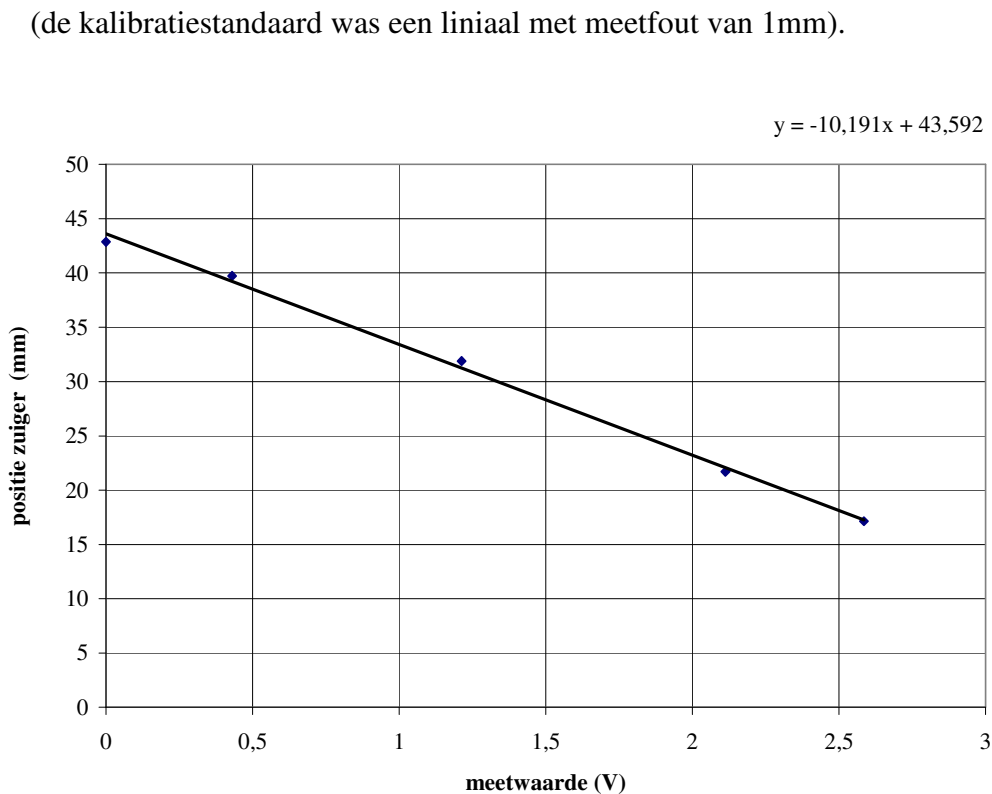


Fig 17: Kalibratie plaats

9.3 Krachtsensor

De krachtcel werd geijkt door gebruik te maken van een tweede krachtsensor die er boven op wordt geplaatst en die zo dan dezelfde kracht meet als de krachtcel die in de opstelling verwerkt wordt. Daar men van die krachtcel alles kent kan men door een vergelijking van de voltages de krachtcel ijken. De verhouding van de output van de te ijken krachtcel op de referentiekrachtcel is 0,85. De verhouding tussen de kracht en het voltage van referentiekrachtcel is 4,75. Hieruit volgt dat de verhouding tussen kracht en voltage van de te ijken krachtcel 5,46 is. De reden dat de krachtcel negatieve waarden uitstuurt is omdat met drukspanningen gewerkt werd in plaats van met trekspanningen. De meetfout is die van de kalibratiestandaard en is gelijk aan 0,5kN.

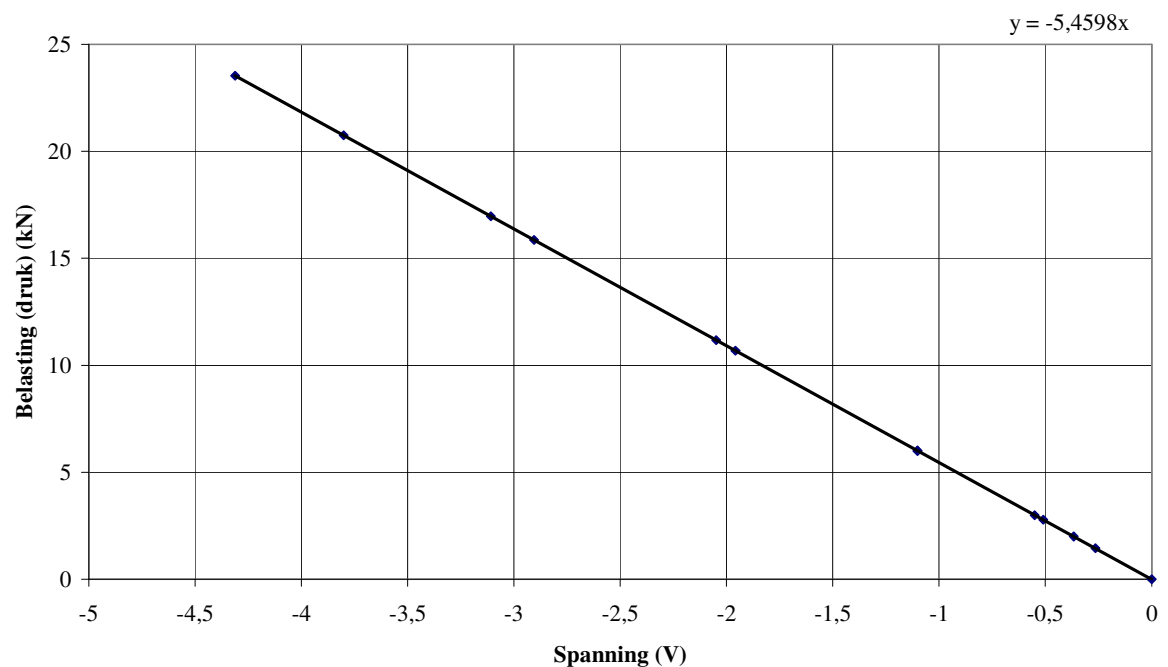


Fig 18: kalibratie krachtsensor

9.4 Koppelsensor

Het koppel werd gemeten door middel van massa's aan een staaf te hangen terwijl de koppelmeter aan de andere kant in een draaibank ingeklemd wordt. De hefboomsarm is gelijk aan 1m met de gewichten van 3,781 en 5,005 kg. De meetfout is gelijk aan 1,6%

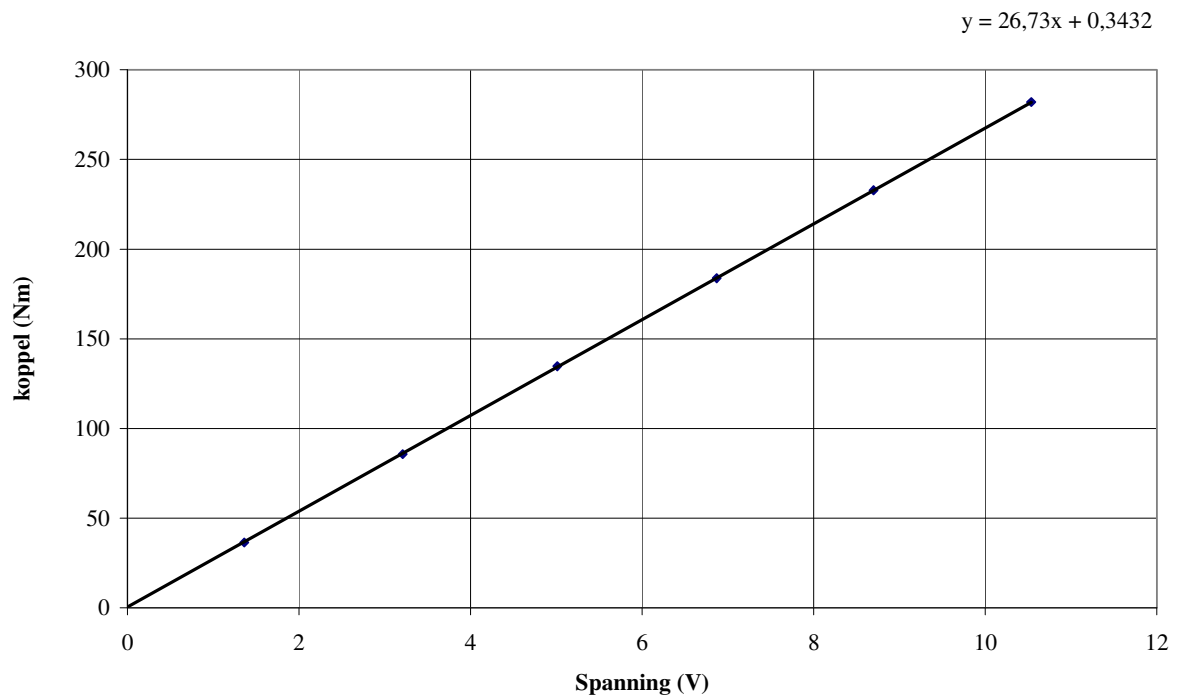


Fig 19: kalibratie koppel

9.5 Temperatuurssensor

Hiervan werd er uitgegaan van de nauwkeurigheid van de fabrikant die uitgaat van een fout van 0,75 °C binnen het bereik van -55°C tot 150°C.

10. De proefprocedure

12.1 Doel

Het doel van deze metingen is het bepalen van de invloedsparameters op de kenmerkende eigenschappen van de koppeling. Er wordt ook gekeken hoe de ruwheid van de separatorplaat verandert en indien er een significant verschil is tussen de ruwheid aan de buitenkant van de plaat en de ruwheid aan de binnenkant van de plaat. Er wordt dus gekeken indien er een wezenlijke verandering van de ruwheid kan gedetecteerd worden tegenover de initiële ruwheid.

Bij dit alles houden we rekening met de testen die gebeurd zijn onder leiding van Dr. ir.W. Ost. Er wordt ervoor gekozen om de zelfde energie-inhoud aan de koppeling te leveren.

12.2 De werkwijze

Voorbereiding proef

We starten met het meten van de ruwheid volgens twee richtingen namelijk parallel en loodrecht op de omtrek. Dit gebeurt op twee verschillende plaatsen namelijk op twee punten die 90° verschoven zijn tegenover elkaar. Er wordt ook gemeten een keer dicht bij het buitenoppervlak en een keer dicht bij het binnenoppervlak, en dit om de een invloed van de twee verschillende snelheden op de ruwheid op die twee plaatsen vast te stellen.

Hiernaast wordt ook een staal van de olie genomen om een vergelijkende analyse te kunnen doen met de olie van na de proef om die zo constant te kunnen houden.

De proef

De proefstand werkt volgens het principe van een SAE#2 proef. Door middel van een hydraulische motor wordt het geheel versneld tot 1300 rpm. Door een goed gekozen overbrenging zorgen we ervoor dat de inertiemassa's dubbel zo snel draaien. Dit heeft zijn voordelen daar de energie evenredig is met het dubbele van de snelheid van de inertiemassa's.

Daarna wordt de hydraulische motor uitgeschakeld en wordt de frictieplaat die meedraait met de inertie tegen de stilstaande separatorplaat geduwd. Dit heeft als gevolg dat de energie opgeslagen in de inertiemassa's nu gedissipeerd wordt in de koppeling. Het geheel vertraagt hierdoor tot stilstand. Daarna wordt het geheel weer geopend en brengt de hydraulische motor het geheel opnieuw op snelheid en herhaalt de cyclus zich.

Hierbij worden bepaalde parameters opgemeten namelijk het koppel, de normaalkracht, de temperaturen.

Einde van de proef

Hierna wordt opnieuw de ruwheid bepaald op de zelfde plaatsen. Ook wordt er uit het koppel en de normaalkracht de wrijvingscoëfficiënt bepaald volgens volgende wetmatigheid. Hierbij wordt er van een uniforme spreiding van de axiale kracht en de schuifspanning over de platen uitgegaan.

$$\mu = \frac{3.T.(r_o^2 - r_i^2)}{2.F_a.z.(r_o^3 - r_i^3)} = 13,9 \cdot \frac{T}{F_a}$$

Met μ : de wrijvingscoëfficiënt (-)

T: het koppel (Nm)

r_o : de buitendiameter van de separatorplaat (m)

r_i : de binnendiameter van de frictieplaat (m)

F_a : de axiale kracht op de koppeling (N)

z: aantal wrijvingoppervlakken(-)

Hierna wordt ook een staal genomen van de olie waarop een TAN-analyse en spectrografie worden uitgevoerd voor het constant houden van de olie. De olie wordt om de drie testen ook volledig vervangen.

11. Meting 1

11.1 Inleiding

N (rpm)	1300
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknr(-)	D
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min) ¹³	0,86

Tabel 8: Gegevens bij de proef

Om de 15 minuten wordt er voor een periode van 1 minuut gemeten. De totale proefduur was 5 uur.¹⁴

11.2 Bespreking

De verplaatsing en de kracht

De eerste fase in het proces is het op toeren brengen van inertiemassa's door middel van een hydraulische motor. Daarna wordt die afgeschakeld en wordt de koppeling gesloten door middel van een hydraulische zuiger. Dit heeft als resultaat dat de positie van de zuiger stijgt totdat de zuiger de koppeling raakt waarna er verder op kracht wordt gestuurd. Wat te zien is in onderstaande figuur¹⁵.

¹³ Deze keuze is het is een compromis tussen voldoende koeling van de koppeling en het risico dat bij een te hoog debiet de pomp zou drooglopen door het overpompen van de olie naar de opvangpak.

¹⁴ Wegens bezwaren werd de proef niet voor de volle tien uur uitgevoerd

¹⁵ Hierbij wordt opgemerkt dat door technische problemen het toerental niet in labview werd opgemeten.

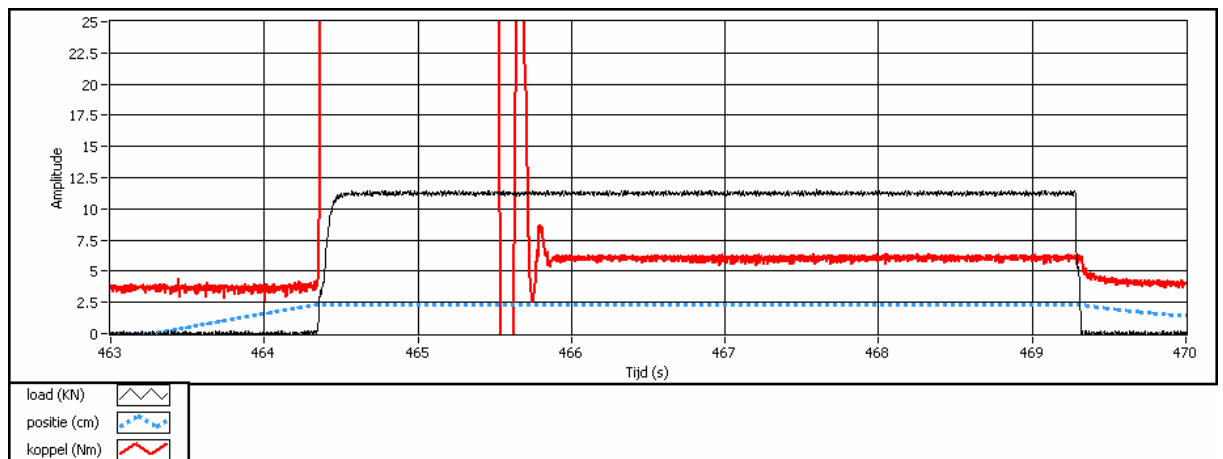


Fig 20: 1cyclus: detail

Het koppel

Het doorlopen van een cyclus geeft onderstaande figuur als resultaat qua gemeten parameters. Hierin kan men constateren dat het koppel langzaam stijgt naarmate het toerental daalt en wordt maximaal bij stilstand. Er is ook een uitlooptrilling op het einde vast te stellen. Er is ook te constateren dat het koppel niet direct naar nul gaat maar dat er een restkoppel overblijft. Dit koppel verdwijnt nadat de koppeling geopend wordt.

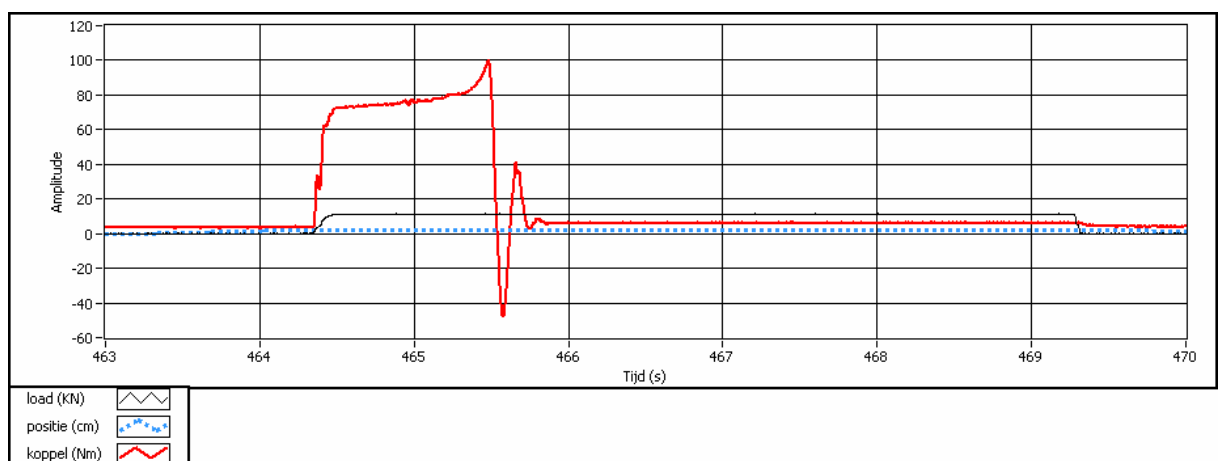


Fig 21: 1cyclus: volledig

Over meerdere cycli stijgt het koppel. Dit is te wijten aan de inloopverschijnselen.

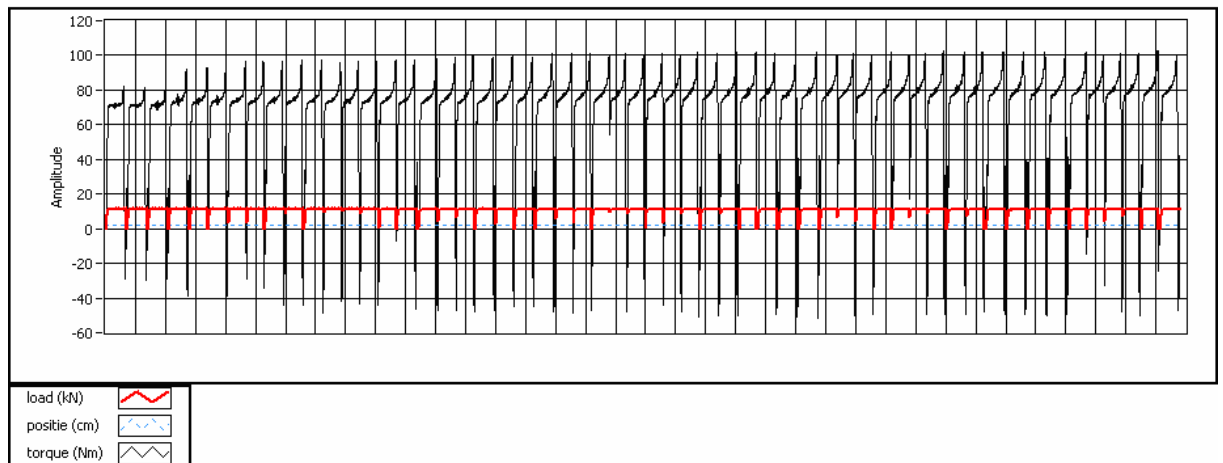


Fig 22: Volledige meting waarvan de cycli die weergegeven zijn, die per twee om de 15 min geregistreerd werden ¹⁶

Temperaturen olie

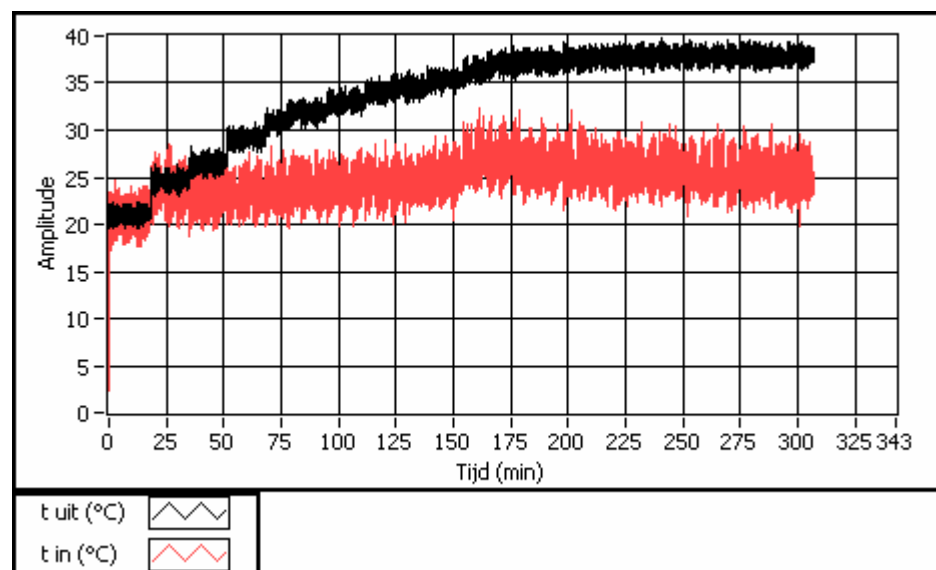


Fig 23: Temperatuur van de olie

Men kan constateren dat na verloop van tijd een stabilisatie gebeurt waarbij de verschiltemperatuur ongeveer 12°C bedraagt. Er moet opgemerkt worden dat er een

¹⁶ De tijdstippen waarbij de koppeling niet gesloten is worden niet weergegeven. Men moet opmerken dat voor alle in deze meting getoonde tijdsignalen geen rechtstreeks verband bestaat tussen de tijd weergegeven en de absolute tijd praktisch kan men zeggen dat het verloop 5uur is.

laagdoorlaatfilter voorzien werd op de ingangstemperatuur van de olie om de hoogfrequentie signalen op de temperatuurssignalen te verwijderen. Door de plaatskeuze (boven op de koppelingsplaten) sluipen er door de trillingen van de machine stoorsignalen op het signaal van de inlaattemperatuur van de olie. Het filter is verantwoordbaar daar de temperaturen hier traag variëren in de tijd. Er moet opgemerkt worden dat de olie gekoeld wordt om deze op een constante temperatuur te houden.

Temperaturen op de plaat

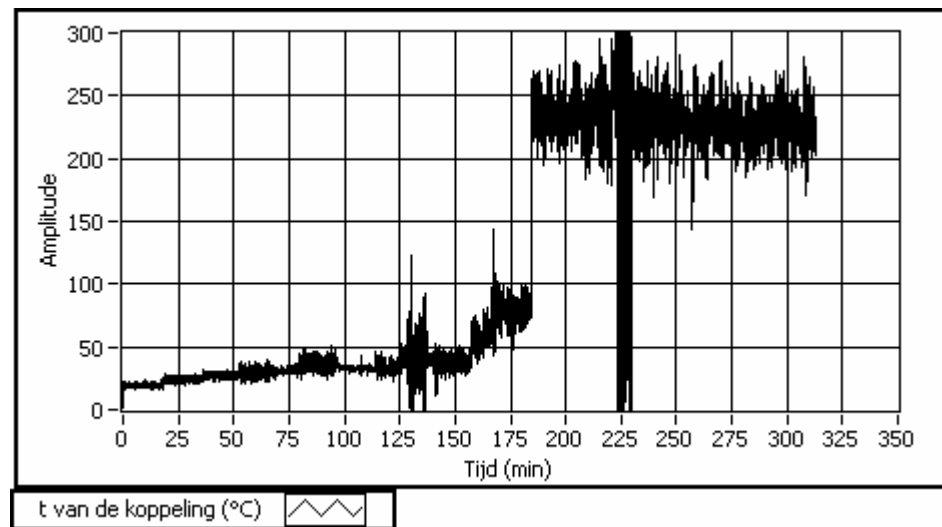


Fig 24: Temperatuur van de koppelingsplaat via het data-acquisitiesysteem

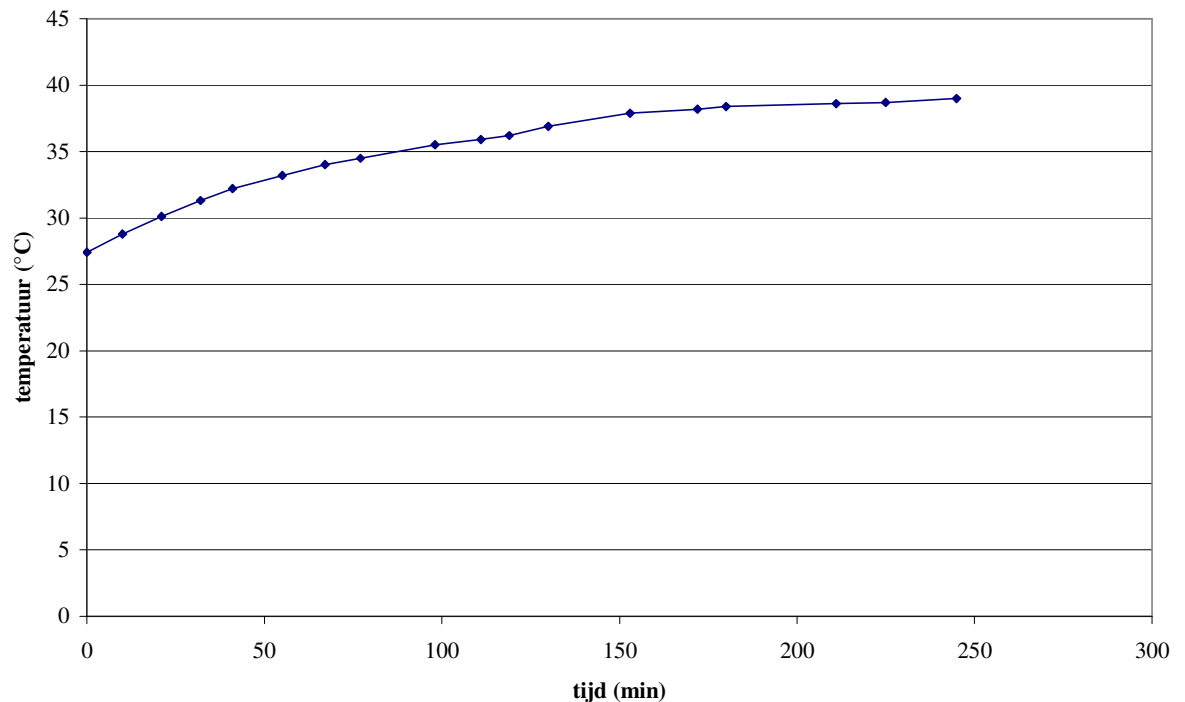


Fig 25: Temperatuur van de koppelingsplaat via de display

Er is hier duidelijk te zien dat de waarden die op de display te zien waren realistisch zijn. Er moet dus iets misgelopen zijn tussen de display van de temperatuur en het data-acquisitiesysteem, want de waarden die uit het data-acquisitiesysteem werden uitgelezen vertoonden onverklaarbare temperatuursprongen.

Wrijvingscoëfficiënt

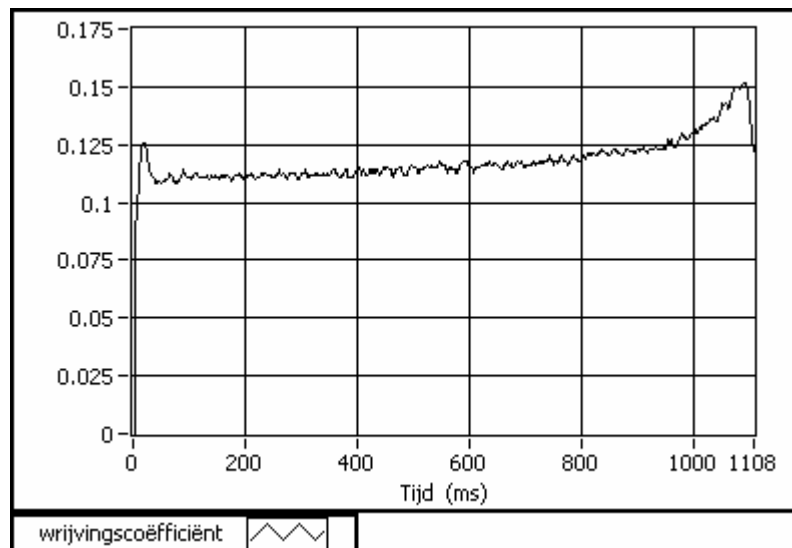


Fig 26: wrijvingscoëfficiënt van een cyclus in functie van de tijd

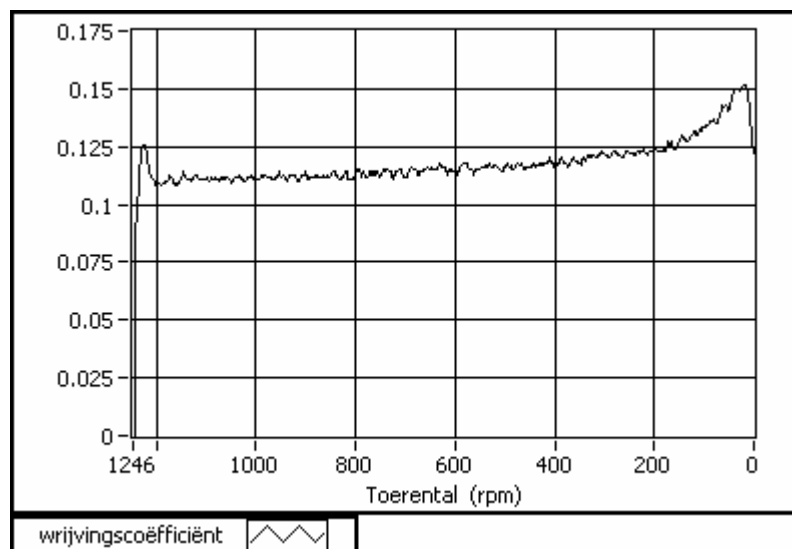


Fig 27: wrijvingscoëfficiënt van een cyclus in functie van het toerental

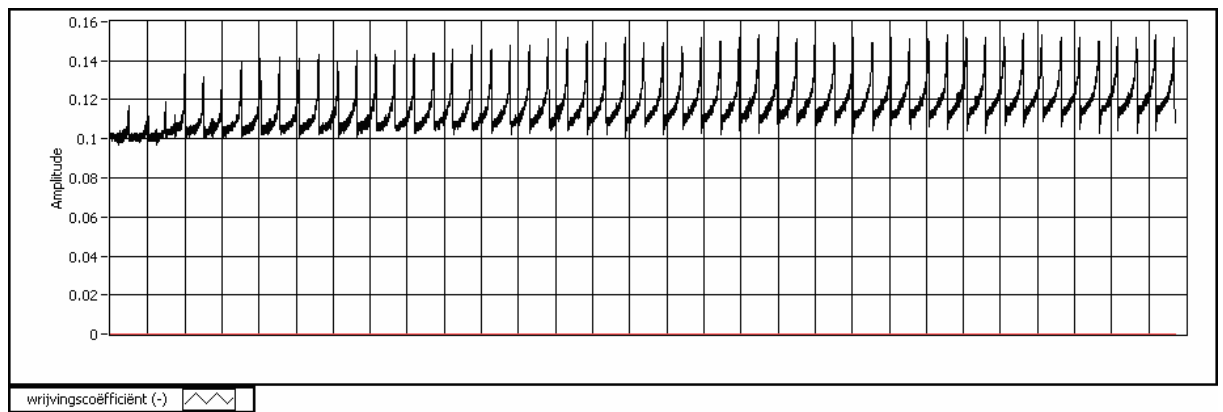


Fig 28: De wrijvingscoëfficiënt

Hierboven is de wrijvingscoëfficiënt per cyclus te zien. In een cyclus piekt de wrijvingscoëfficiënt wanneer het toerental nul wordt. De wrijvingscoëfficiënt is hier recht evenredig met het koppel en met de inverse van de drukkracht. Daar de drukkracht constant blijft over de proef en het koppel stijgt naarmate de proef vordert is het dan ook niet meer dan logisch dat de wrijvingscoëfficiënt stijgt naarmate de proef vordert wat ook te zien is aan de gemiddelde wrijvingscoëfficiënt. Deze is de gemiddelde waarde van de wrijvingscoëfficiënt van een cyclus. Dit is hieronder terug te vinden. Deze waarden komen qua grootorde overeen met de proeven die Dr. ir. W. Ost heeft uitgevoerd. Er bestaan slechts één verschilpunt namelijk dat de druk op de platen hier sneller wordt opgevoerd. De geleidelijke opvoer was in deze niet mogelijk omwille van de sturing, de toegevoerde energie naar de koppeling is wel hetzelfde net zoals het gekozen toerental.

In de onderstaande tabel zijn de verschillende wrijvingscoëfficiënten van de in figuur 27 beschreven curve terug te vinden.

μ_i	μ_d	μ_0
0,125	0,115	0,15

Tabel 9: wrijvingscoëfficiënten

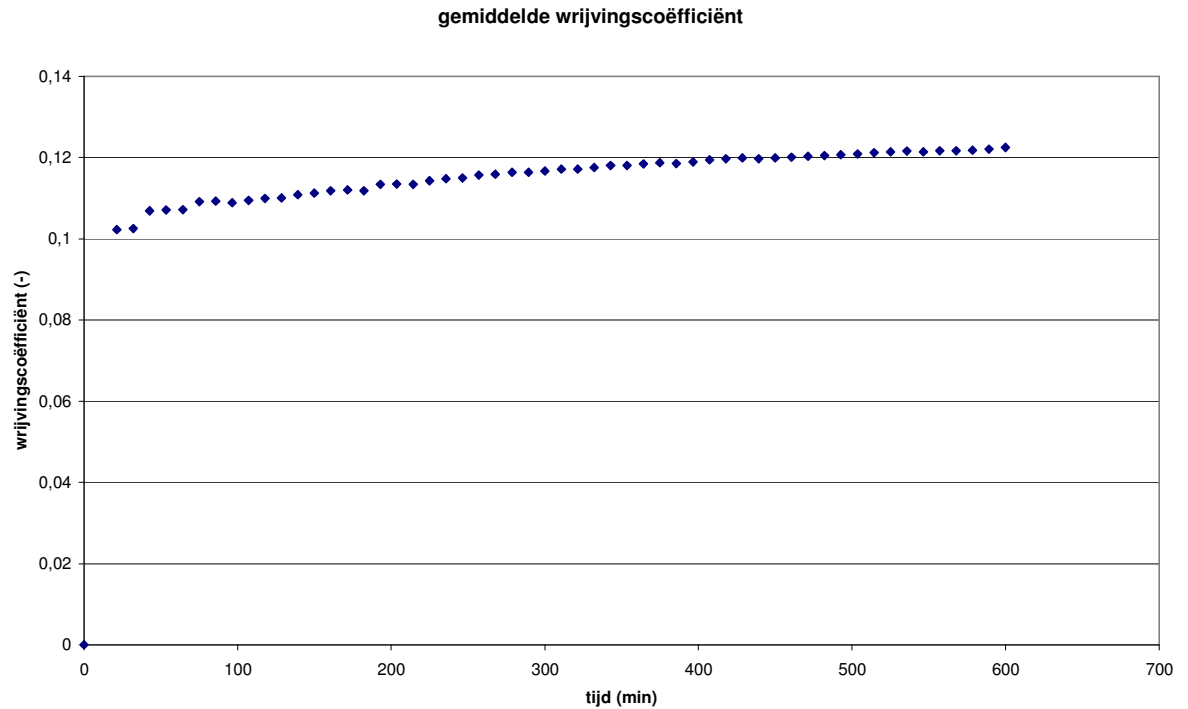


Fig 29: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

De metingen gebeurden volgens de lijnen die in de figuur worden aangegeven. Dit gebeurde voor alle separator platen volgens ISO 4768 met de ruwheidsmeter (Hommel Somicronic Surfascan 3D reference (3/MM/368)). Er werden verschillende parameters opgemeten namelijk de klassieke R_a , R_q , R_z , R_t ¹⁷ en ook de skew die iets over de symmetrie zegt en de kurtosis parameter die iets over de scherpte van de pieken zegt.

¹⁷ De definities van deze parameters kunnen in bijlage terug gevonden worden

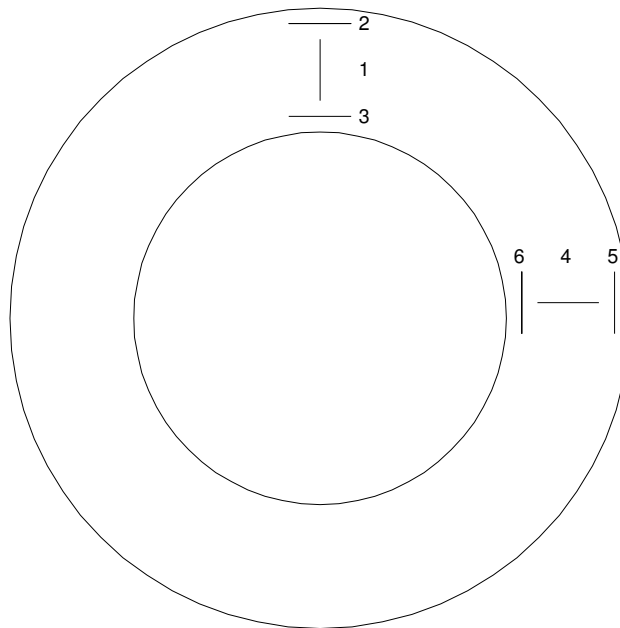


Fig 30: Plaats van de metingen

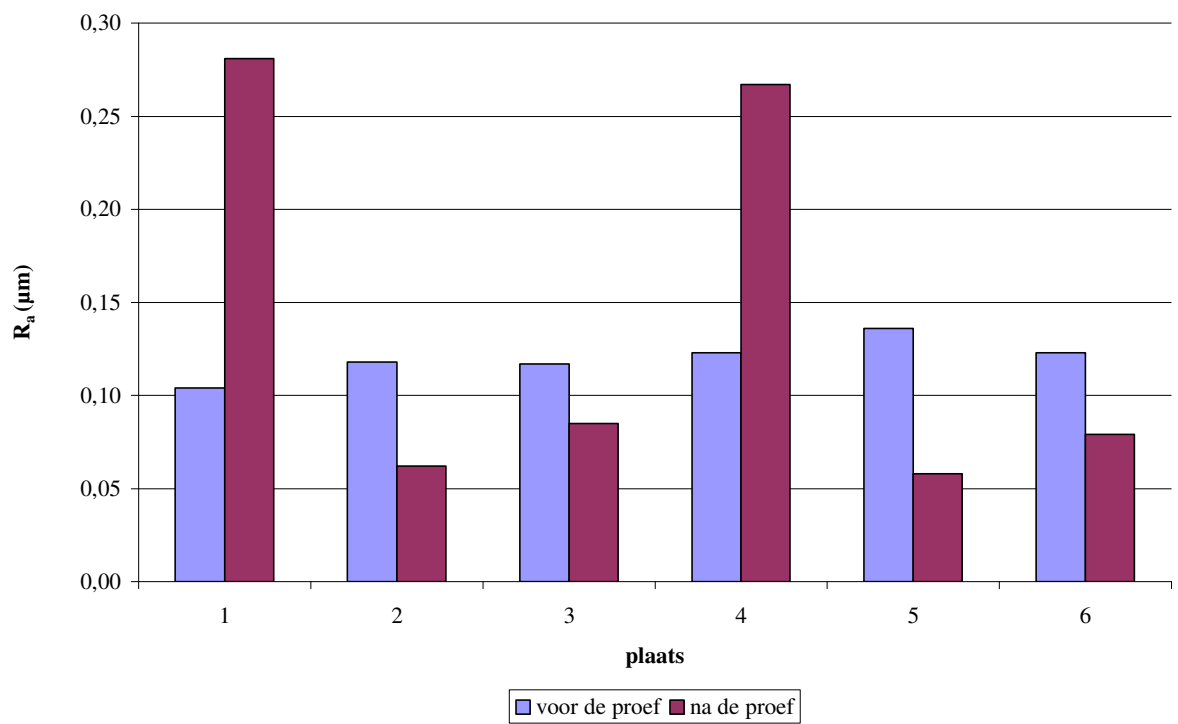


Fig 31: R_a van proef 1

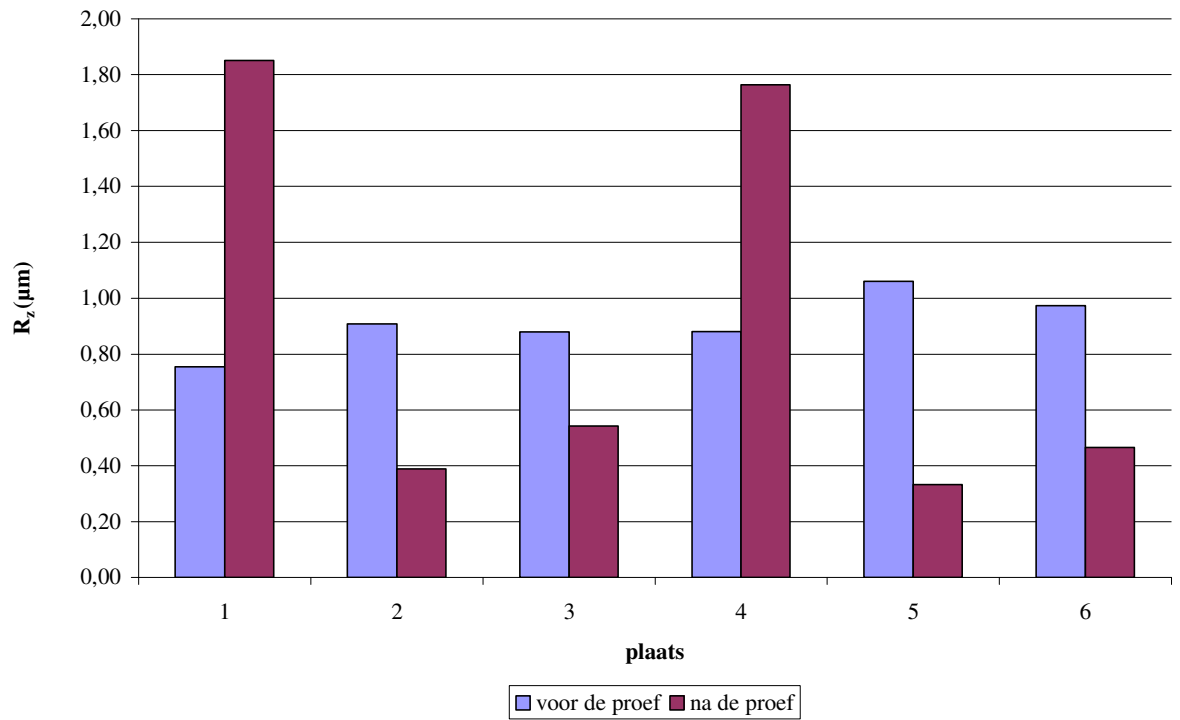


Fig 32: R_z van proef 1

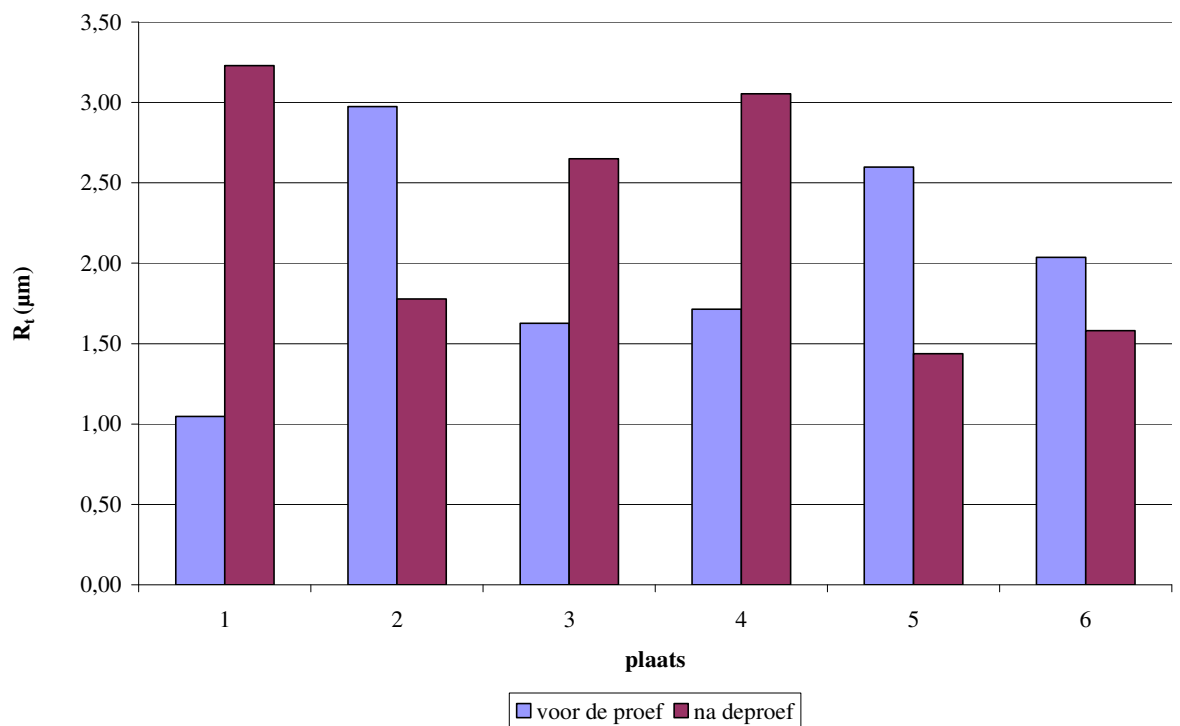


Fig 33: R_t van proef 1

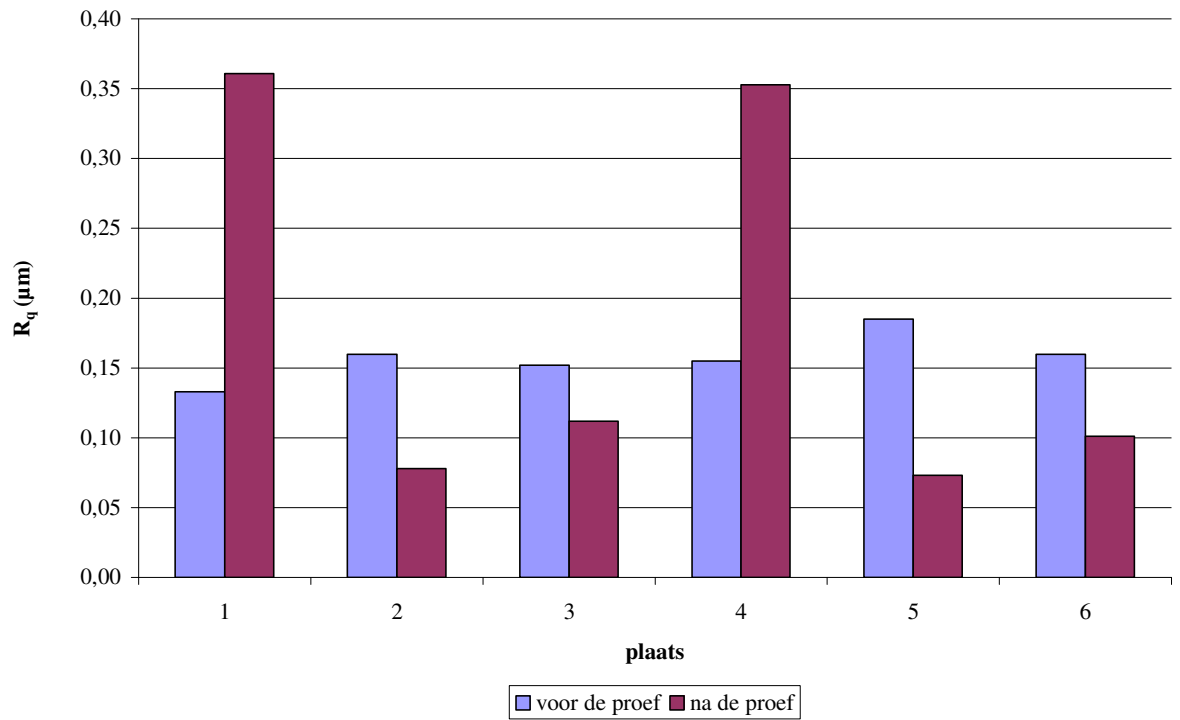


Fig 34: R_q van proef 1

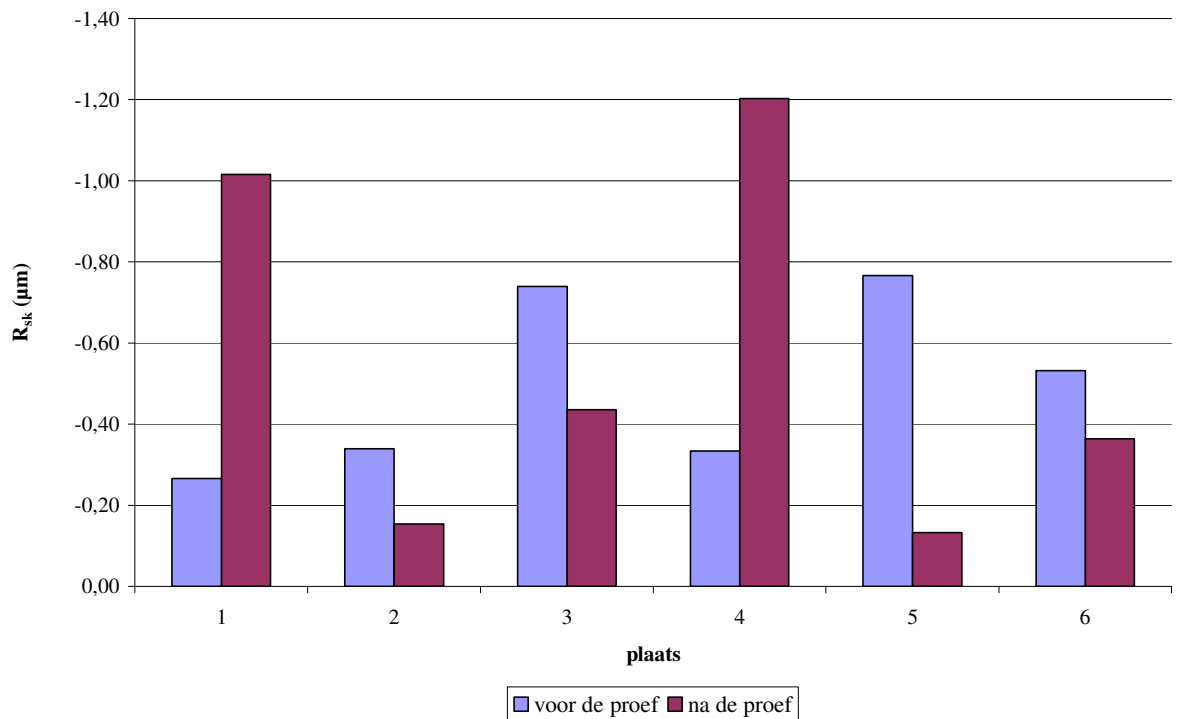


Fig 35: R_{sk} van proef 1

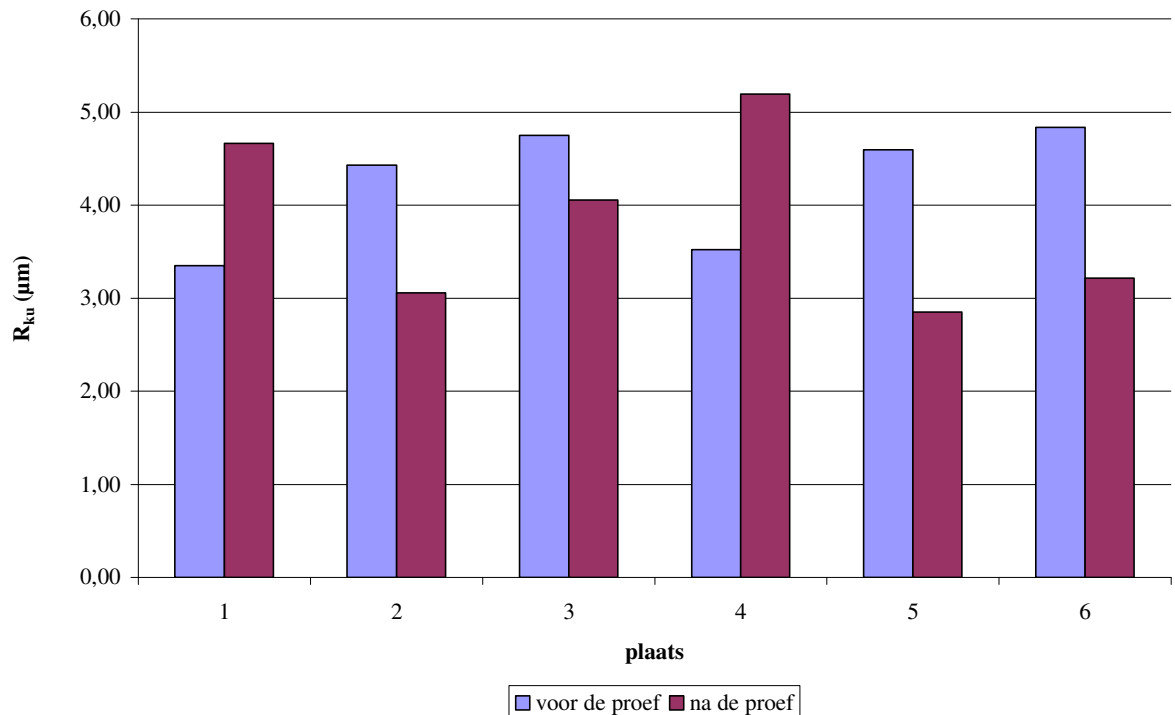


Fig 36: R_{ku} van proef 1

De constante in al deze metingen is dat de ruwheid na de proef groter wordt als de ruwheid gemeten wordt volgens de lijn loodrecht op de bewegingsrichting. De ruwheid die gemeten wordt langs de bewegingsrichting daalt. De verklaring hiervoor kan zijn dat de vrijgekomen slijtagedeeltes kerven maken in het materiaal volgens de bewegingsrichting met als gevolg dat de ruwheid loodrecht op de bewegingsrichting anders is dan die volgens de bewegingsrichting. Dit is ook te zien op de platen zie fig 41

Uit bovenstaande blijkt dat van de 6 vooropgestelde parameters alleen R_a en R_q voldoende constant blijven over de plaat. Hieruit volgt dat het verschil tussen de meetwaarden voor de proef en die erna te wijten zijn aan de proef en niet aan de spreiding op de metingen wat het geval is voor de skew, kurtosis, R_t en in mindere mate R_z . Voor de volgende proeven wordt er nog enkel rekening gehouden met de R_a .

Er is geen verschil in ruwheid te merken tussen de ruwheid gemeten aan de buitenkant van de plaat en de ruwheid gemeten aan de binnenkant van de plaat. Hieruit kan men concluderen dat de plaats geen rol speelt bij het meten van de ruwheid indien er gemeten wordt volgens de bewegingsrichting.

Er werd rekening gehouden met de Abbott-Firestone curve (bearing curve)¹⁸; hieronder is een voorbeeld weergegeven. De parameters die uit deze curve te halen zijn kunnen een beter beeld geven het slijtpatroon. Wat de verandering van de piekhoogtes is en hoeverre er verandering te merken is in de diepte van de valleien of die opgevuld worden door slijtage partikels.

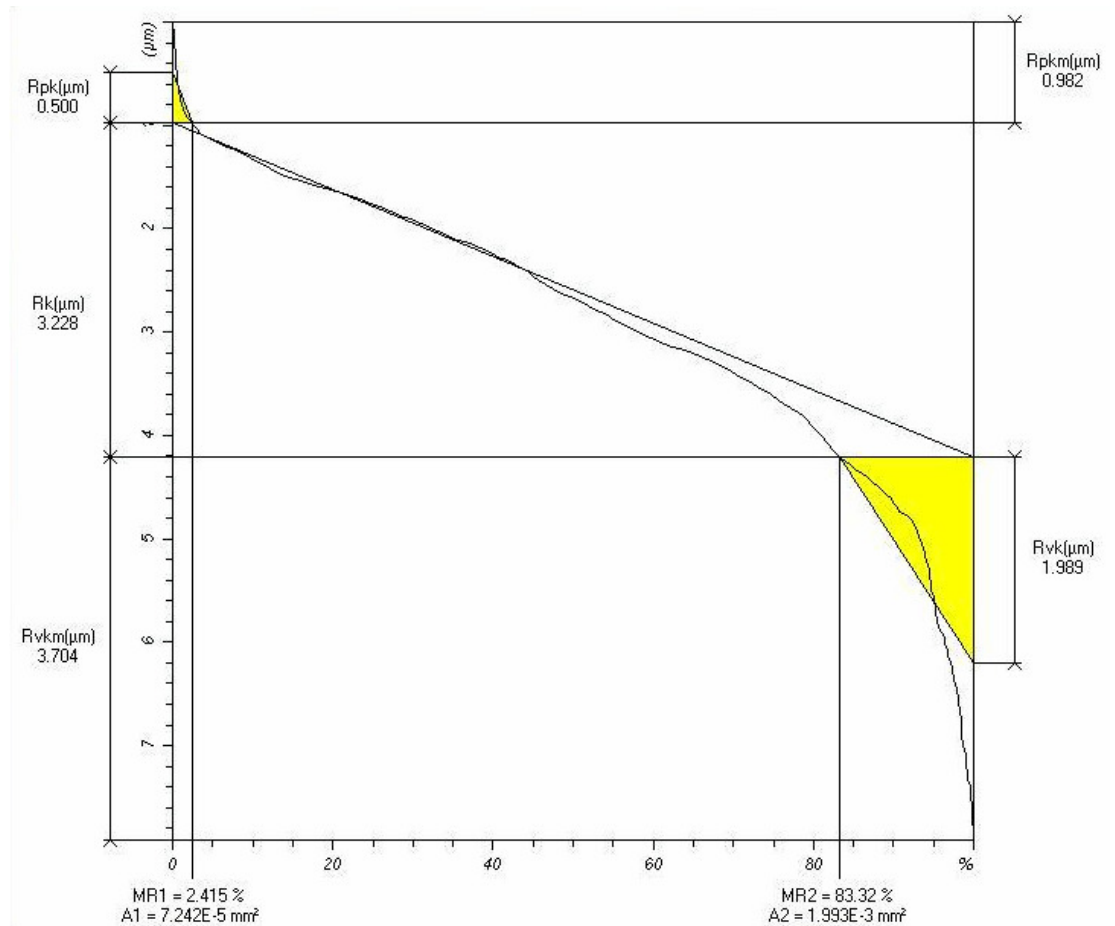


Fig 37: Abbott-Firestone curve van proef 1 plaats 1 voor de proef

¹⁸Dit is een verdeling van de hoogtes. Waarbij de verschillende parameters iets vertellen over respectievelijk de top, valleien en het midden van de verdeling.

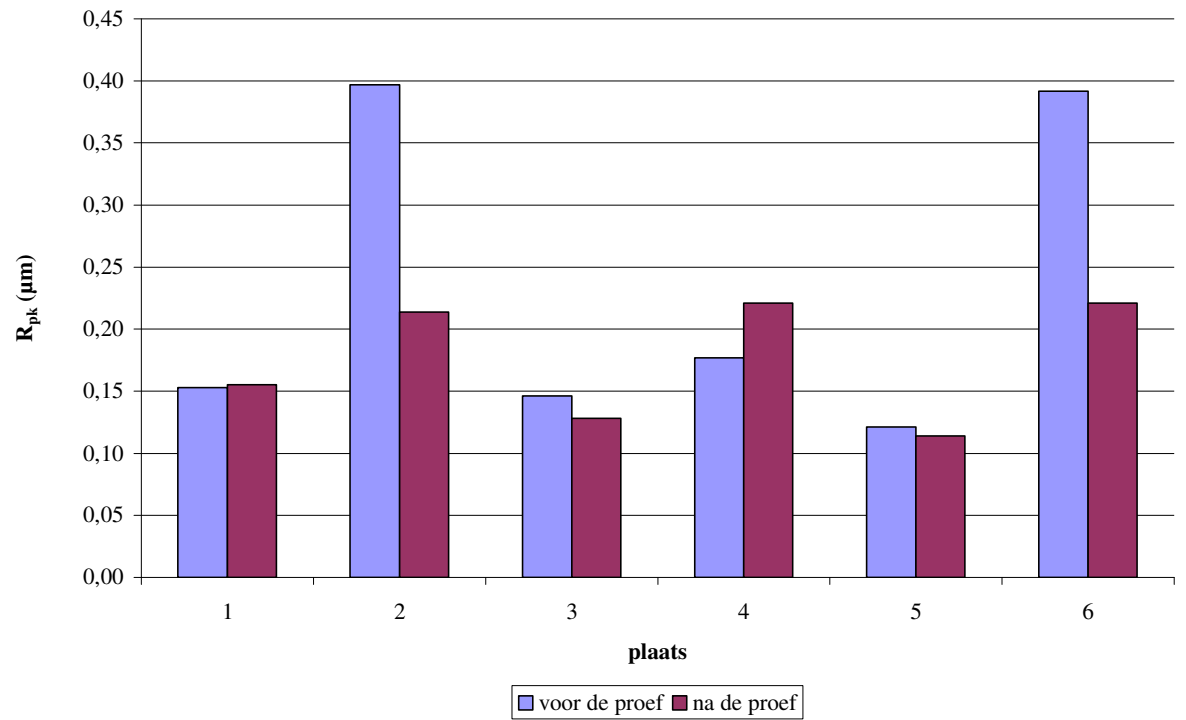


Fig 38: R_{pk} van proef 1

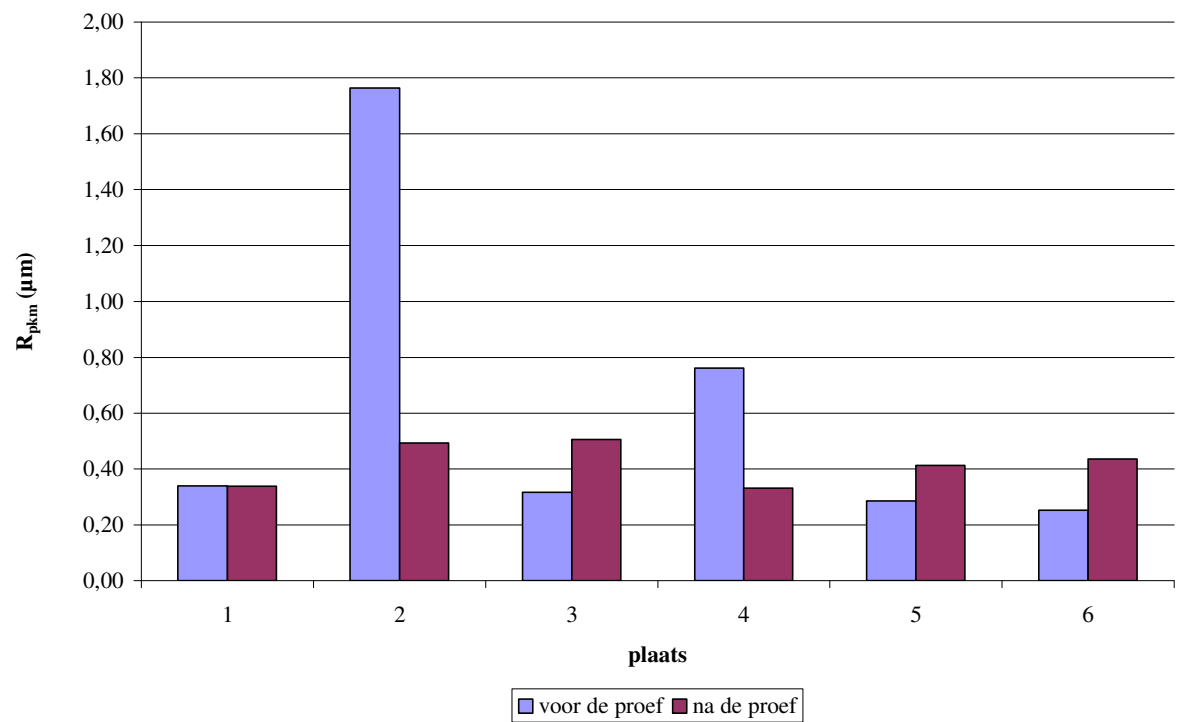


Fig 39: R_{pkm} van proef 1

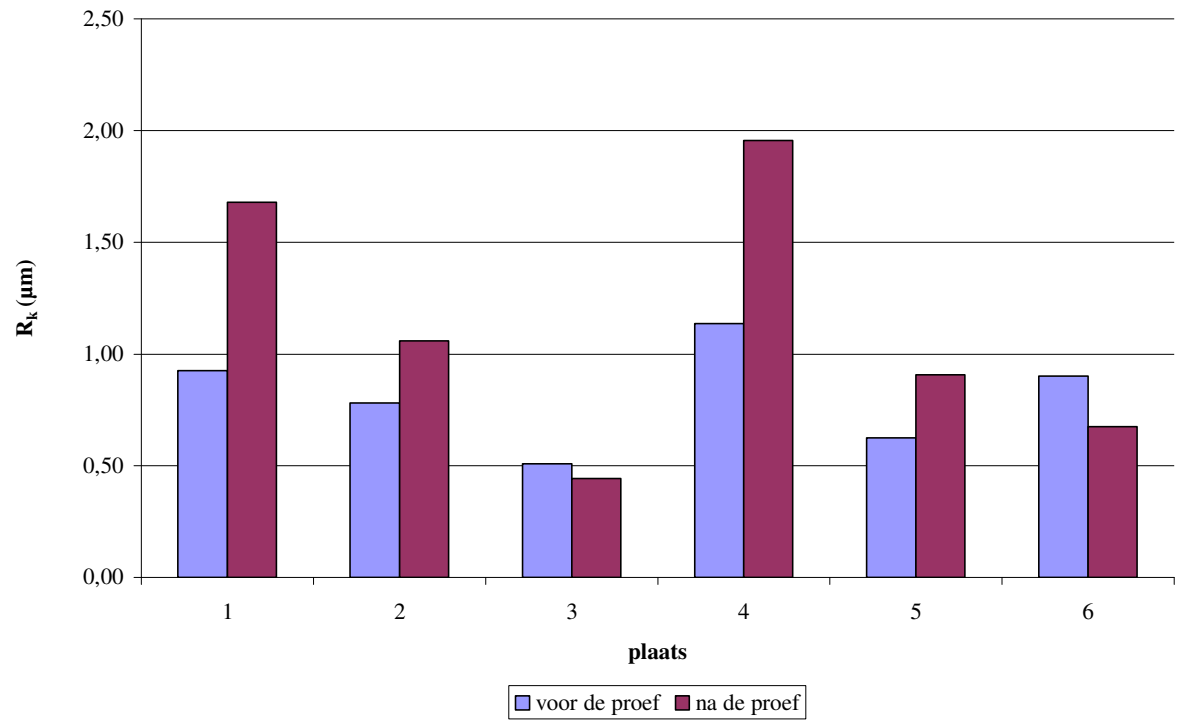


Fig 40: R_k van proef 1

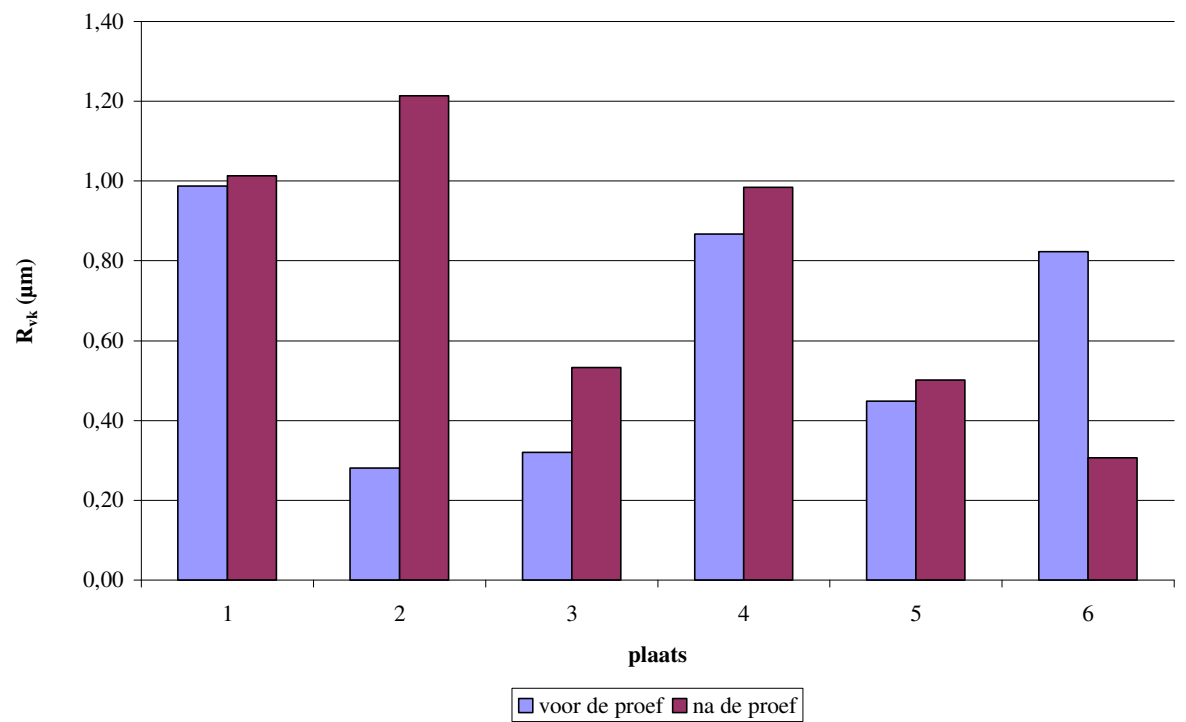


Fig 41: R_{vk} van proef 1

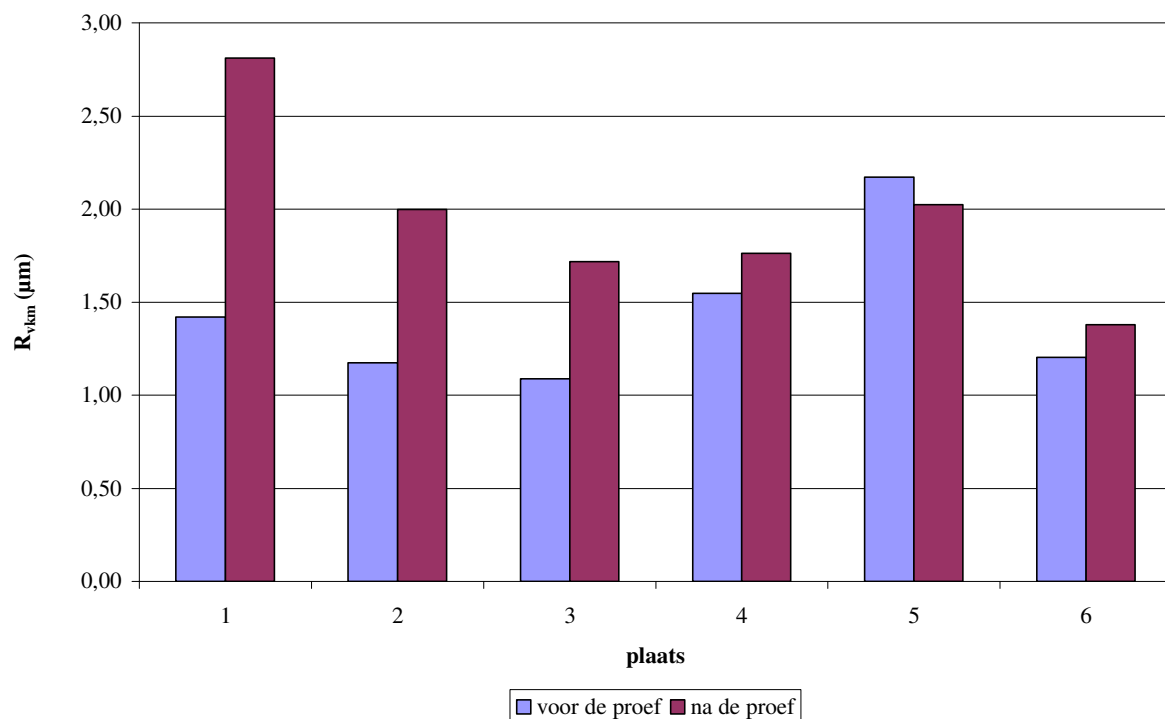


Fig 42: R_{vkm} van proef 1

Er moet opgemerkt worden dat geen van de parameters hierboven weergegeven consistent zijn over de plaat. Met andere woorden geen van deze parameters is geschikt voor het maken van een analyse. Dus men is niet in staat de slijtage over de hoogte op een consistente manier te bepalen.

Slijtage

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)
2,62	2,59

Tabel 10: Dikte van het proefstuk

De dikte wordt gemeten door middel van een micrometer op 4 plaatsen 90° tegenover elkaar verschoven. Wat er bovenstaande tabel staat is een rekenkundig gemiddelde van deze 4 metingen. De nauwkeurigheid van de micrometer was 0.01mm.

Hieruit kan er besloten worden dat er door slijtage een dikteverandering heeft plaatsgevonden wat enigszins logisch is, maar dat die niet vrij groot is wat er op wijst dat

de plaat de test meerdere dagen kan doorstaan voor hij het einde van zijn levensduur bereikt.(de slipweg was 253m).

Er werd ook schade vastgesteld die niet veroorzaakt werd door de normale werking van de opstelling. Deze afbrokkeling van de frictieplaat kan verklaard worden door een niet perfecte uitlijning van de platen of door een te hoog oliedebiet. Verder onderzoek wees uit dat de oorzaak een niet perfecte uitlijning was. Deze oorzaak werd bepaald met de tabellen die in hoofdstuk 4.10 staan.



Fig 43: Platen na de test



Fig 44: Beeld van schade

11.3 Besluit uit de proef

Hieruit kan men besluiten dat gebruik maken van de klassieke parameters de beste manier is om een goed beeld te krijgen van de ruwheid van de platen en in het bijzonder R_a die dan ook verder gebruikt zal worden.

Het idee om de ruwheidverandering van de separatorplaat te kwantificeren via de parameters uit de Abbott-Firestone curve om zo een beter idee te krijgen van de afplatting van de ruwheidpieken zijn niet bruikbaar daar de spreiding op de meetwaarden te groot is. Dat de plaats geen rol speelt bij het meten van de ruwheid indien men volgens de bewegingsrichting meet.

Dat uitbrokkelen van de frictieplaat vermeden kan worden bij het verbeteren van de uitlijning van de twee platen.

12. Referentieproeven

Om de spreiding van de meetresultaten te bepalen worden twee proeven uitgevoerd met dezelfde randvoorwaarden. Hieruit kan men dan de fout op de metingen bepalen en bekomt men ook referentiewaarden voor verdere proeven.

12.1 Meting 2

Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	E
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 11: Gegevens bij de proef

Bespreking

Tijdens de proef werden de torsieveren vervangen door gewone plaatjes. De torsieveren¹⁹ zijn door vermoeiing gebroken (kerfwerking bij hun inklemming). Deze veren dienden om het geheel minder stijf te maken. Dit heeft voornamelijk belang bij het lasermeetsysteem. Daar dit toestel niet gebruikt werd zou de breuk geen invloed mogen gehad hebben op de meting.

¹⁹ In de plannen in bijlage voorgesteld door nr 21

Wrijvingscoëfficiënt

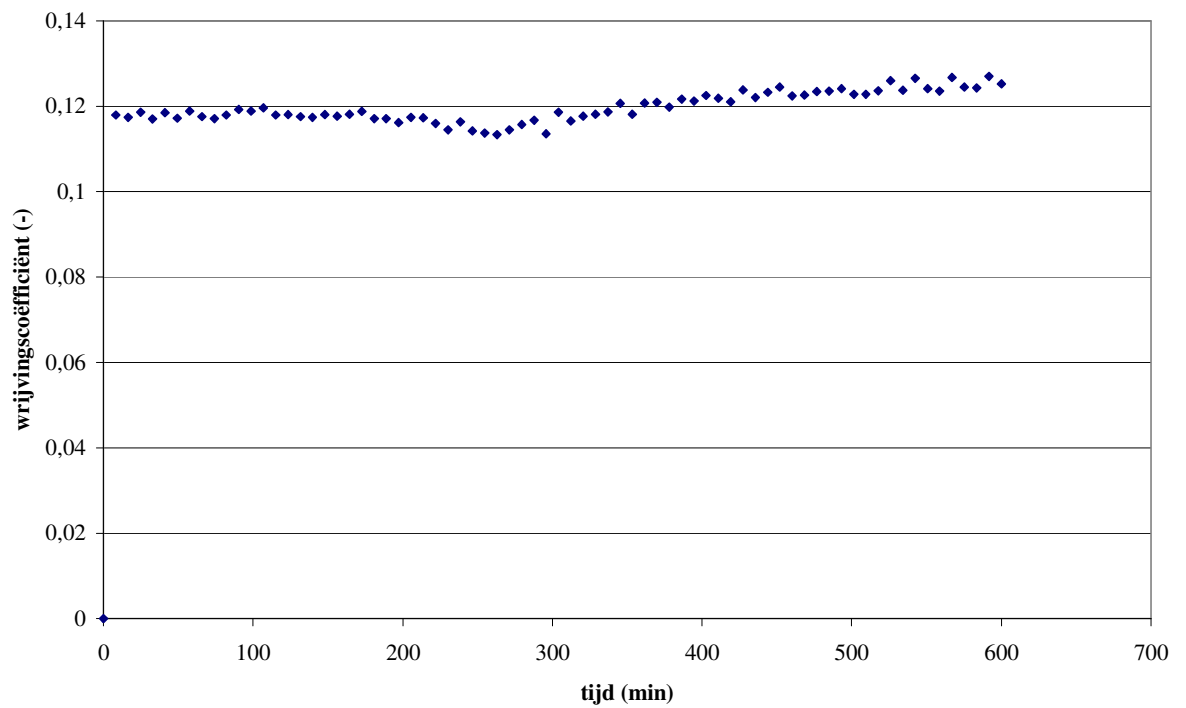


Fig 45: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

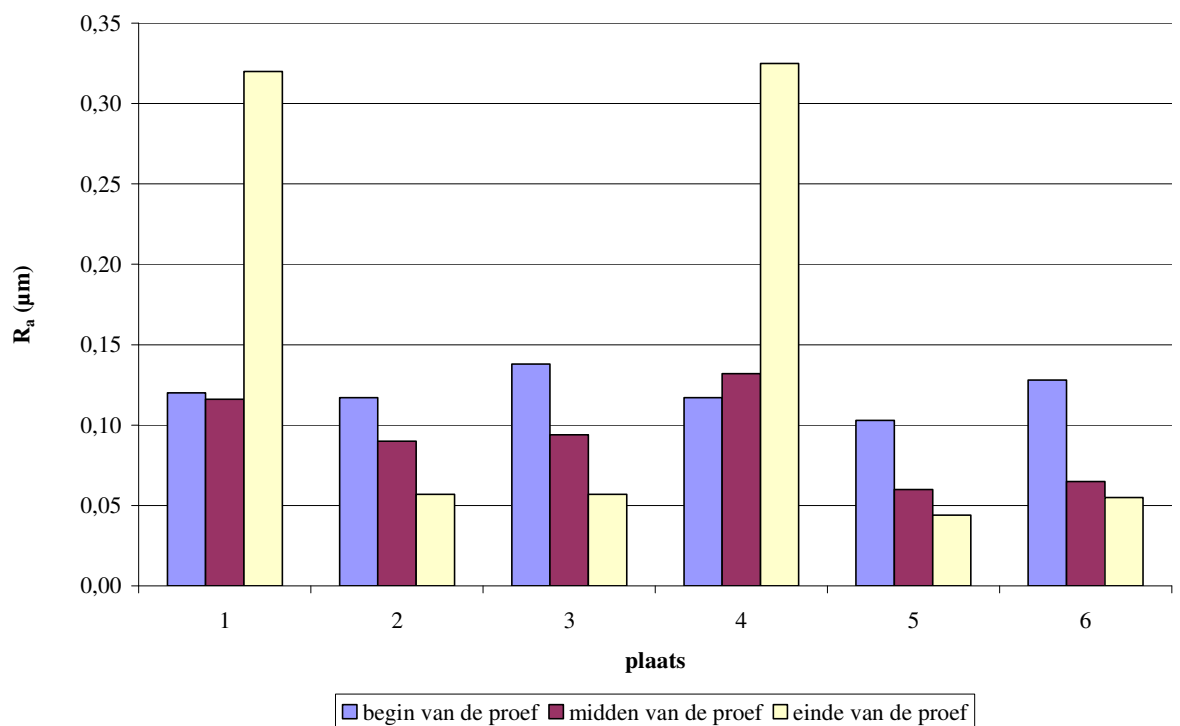


Fig 46: R_a van proef 2

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	Einde (mm)
2,62	2,60	2,59

Tabel 12: Dikte van het proefstuk

12.2 Meting 3

Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	H
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 13: Gegevens bij de proef

Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

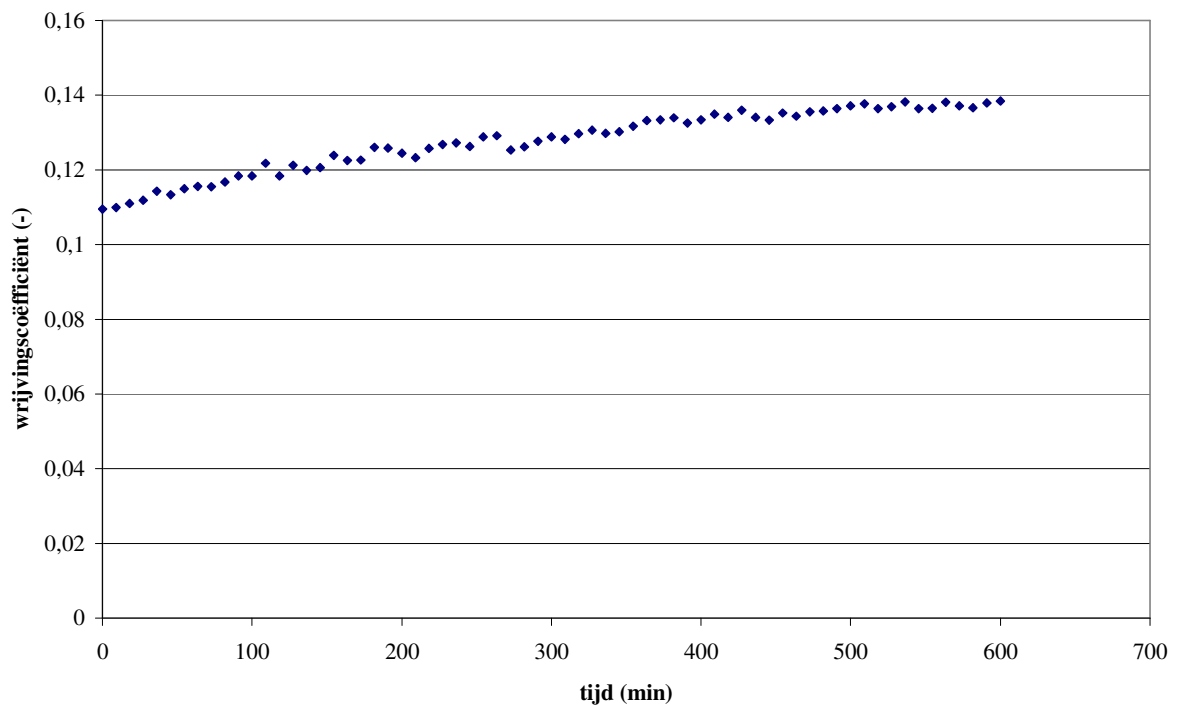


Fig 47: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

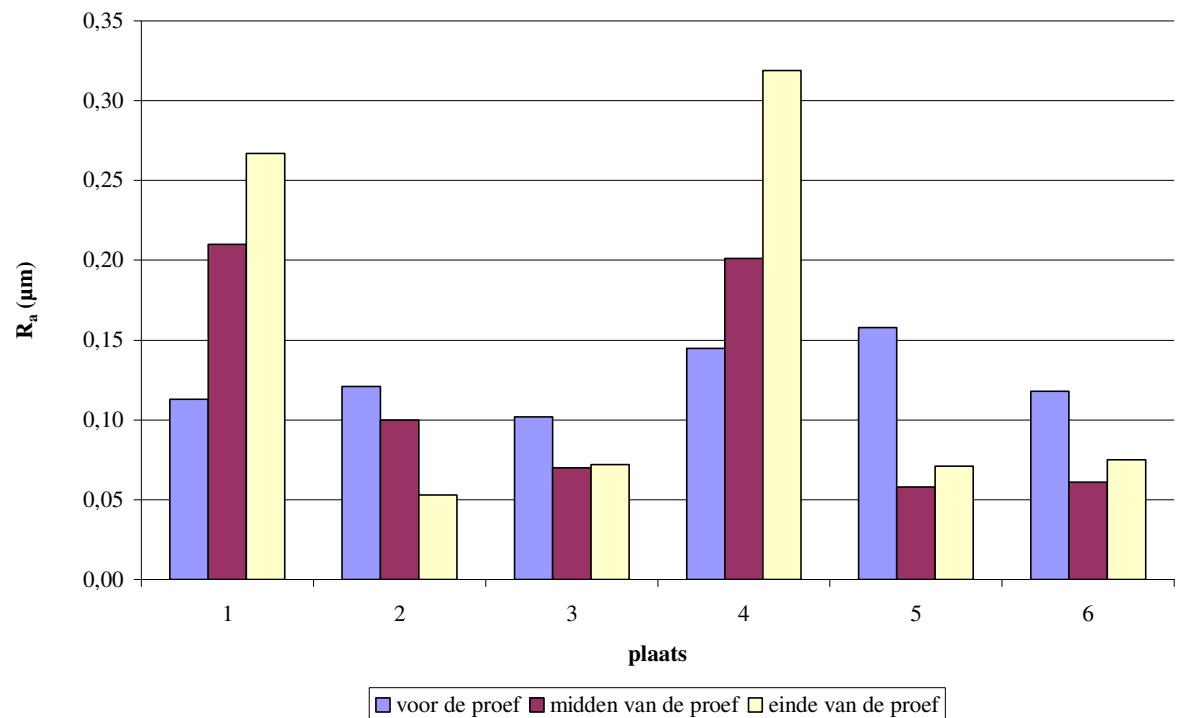


Fig 48: R_a van proef 3

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,63	2,57	2,56

Tabel 14: Dikte van het proefstuk

12.3 Besluit

Uit de twee referentieproeven kan men opmerken dat de eerste twee cijfers van een meting zinnig zijn en dat er een afwijking van 0,02 bestaat tussen twee metingen. Dit kan als referentiefout gebruikt worden. De ruwheden vertonen een gelijkaardig verloop. De dikteverandering loopt iets meer uit elkaar wat erop kan wijzen dat de periode voor de breuk een invloed kan gehad hebben of dat er een zekere spreiding bestaat.

13. Meting 4: invloed van de druk

13.1 Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	5,5
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	B
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 15: Gegevens bij de proef

Deze proef gaat na wat de invloed is van een drukdaling op de verschillende parameters. Hierbij wordt de druk op de plaat gehalveerd.

13.2 Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

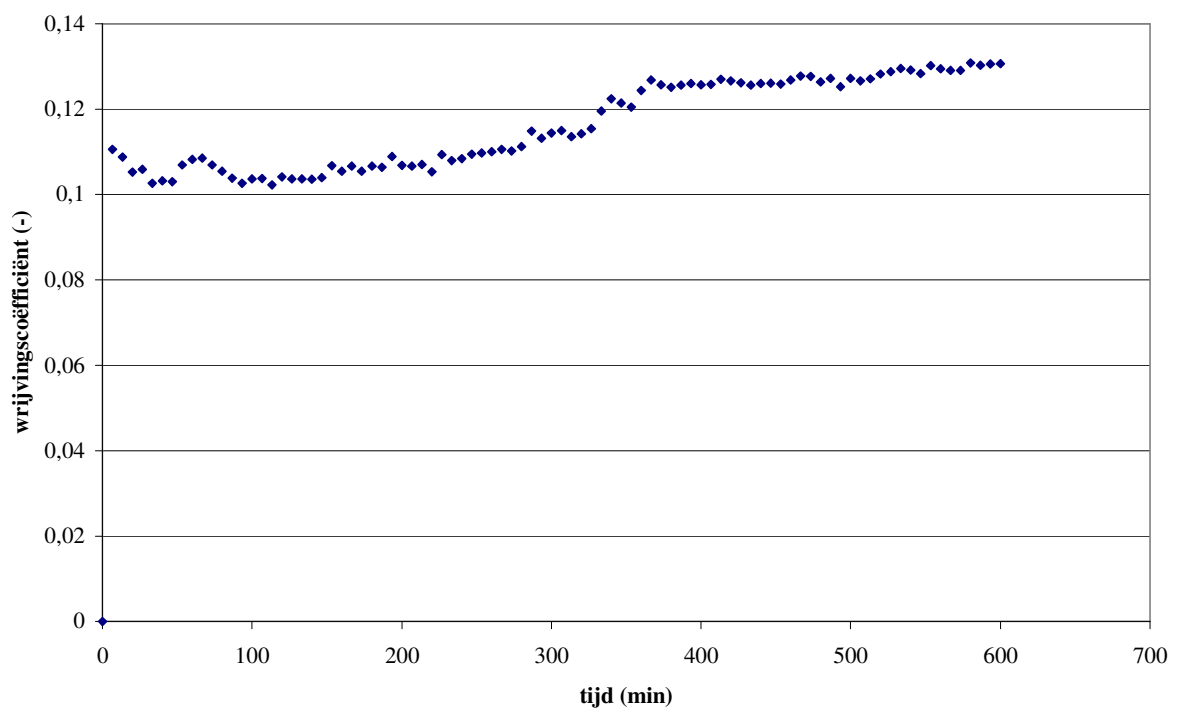


Fig 49: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

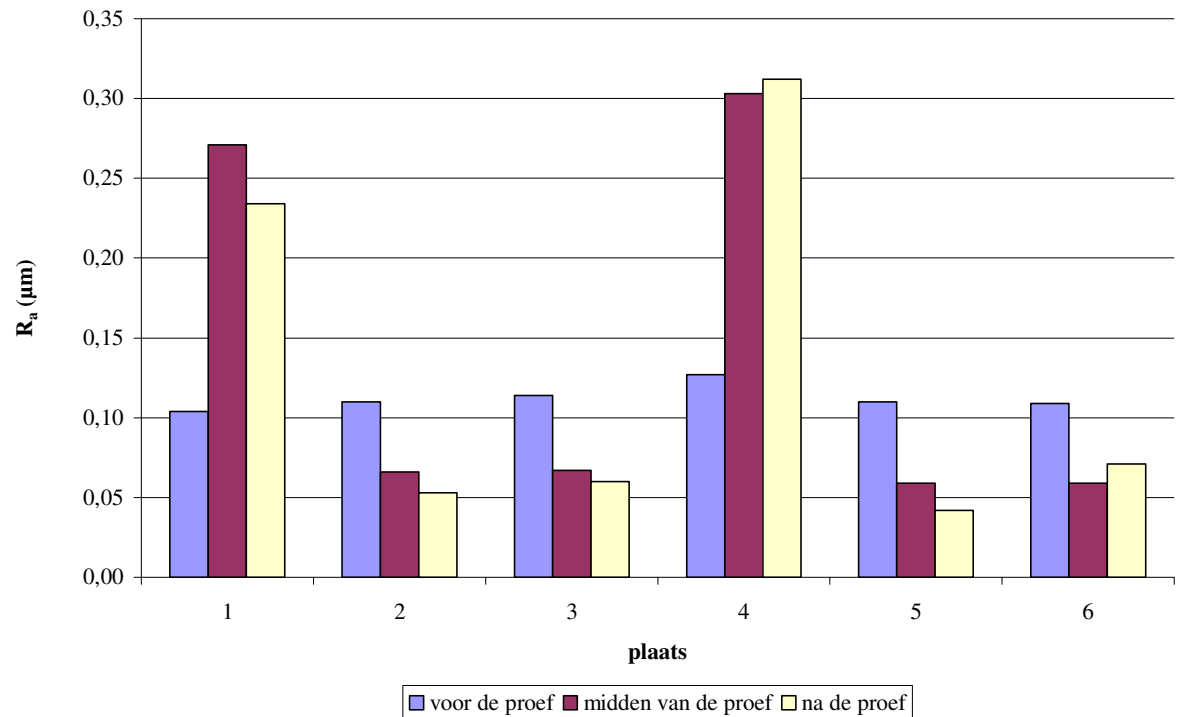


Fig 50: R_a van proef 4

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,61	2,61	2,6

Tabel 16: Dikte van het proefstuk

13.3 Besluit uit de proef

Uit de proef kan men besluiten dat een lagere druk een iets lagere wrijvingscoëfficiënt veroorzaakt, maar dat die niet significant is. De ruwheidveranderingen geven dezelfde trend aan als de referentietesten. De slijtage bij lagere druk is ook iets kleiner dan de slijtage bij hogere druk.

14. Invloed van de snelheid

Deze proeven worden gebruikt om het effect van de snelheid te bepalen. Hiervoor worden er twee testen gedaan. Proef 6 is de proef bij een lagere snelheid maar met dezelfde inertiemassa's als de vorige testen. Proef 7 is de proef waarbij het toerental hoger is en het aantal inertiemassa's lager namelijk 5 in plaats van de gebruikelijke 7. Deze maatregel is genomen om ervoor te zorgen dat de energie-inhoud per cyclus dezelfde is. Er wordt ook voor gezorgd dat de gemiddelde energie per tijdseenheid dezelfde blijft want de tijd waarin de inertie zijn energie dissipeert is niet exact gelijk voor beide testen.

14.1 meting 5

Inleiding

N (rpm)	760
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	A
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 17: Gegevens bij de proef

Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

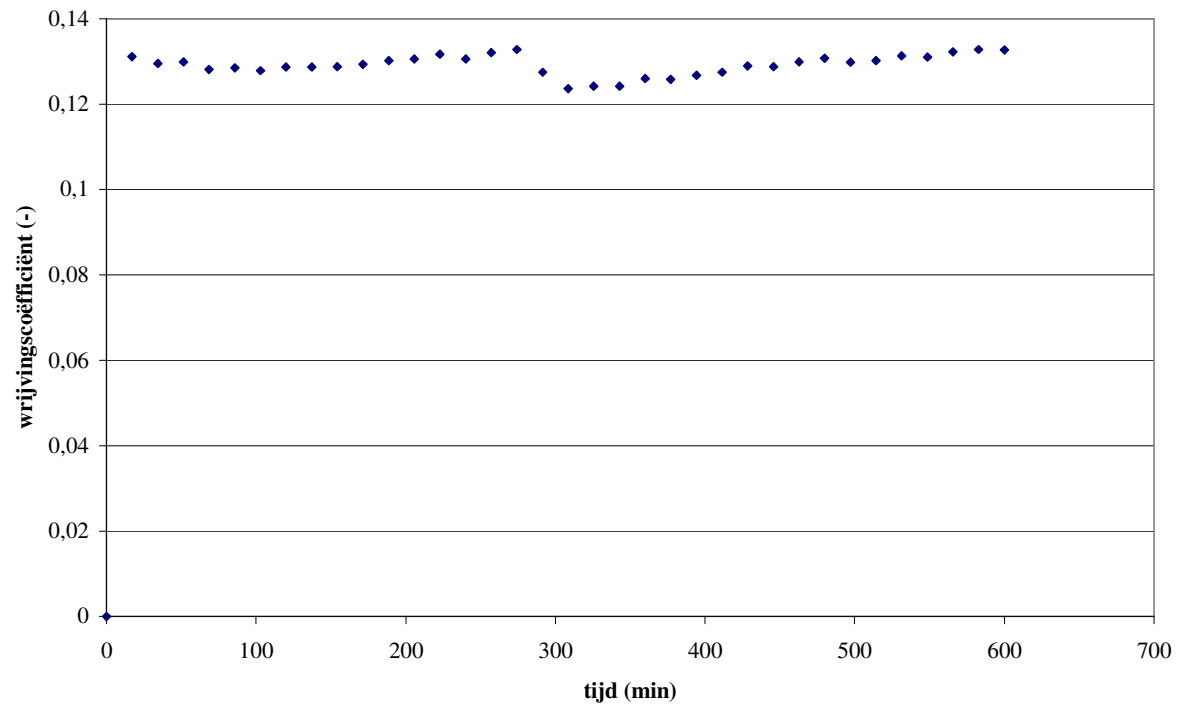


Fig 51: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

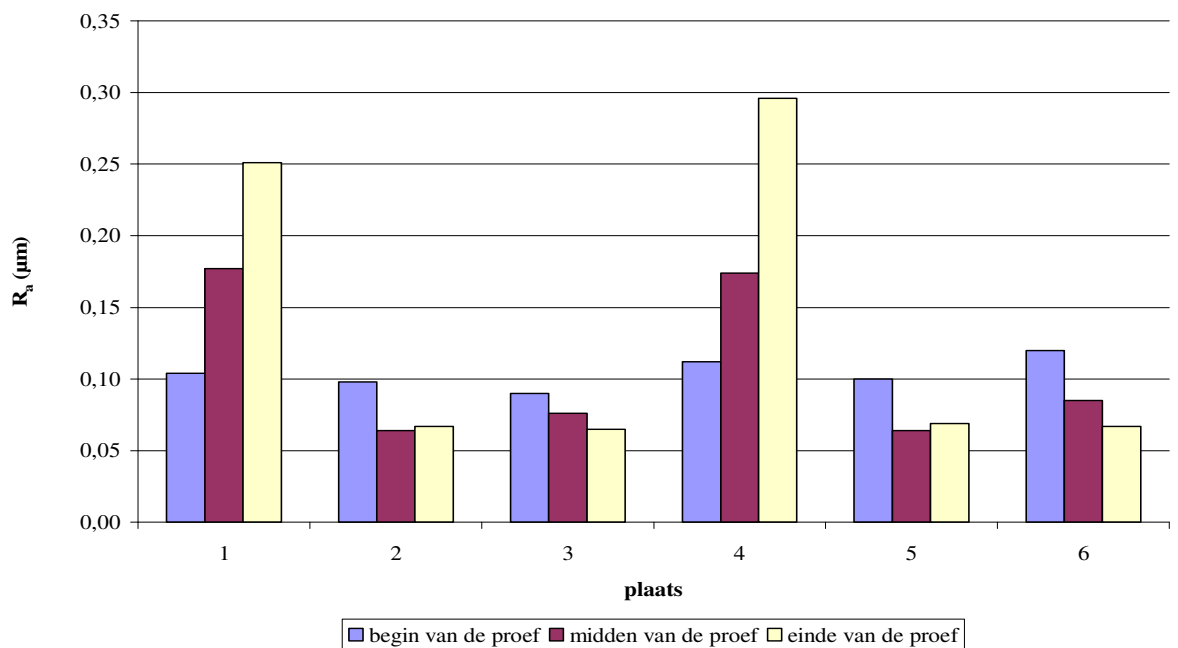


Fig 52: R_a van proef 5

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,64	2,62	2,59

Tabel 18: Dikte van het proefstuk

14.2 Meting 6

Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,105
stuknummer (-)	F
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 19: Gegevens bij de proef

Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

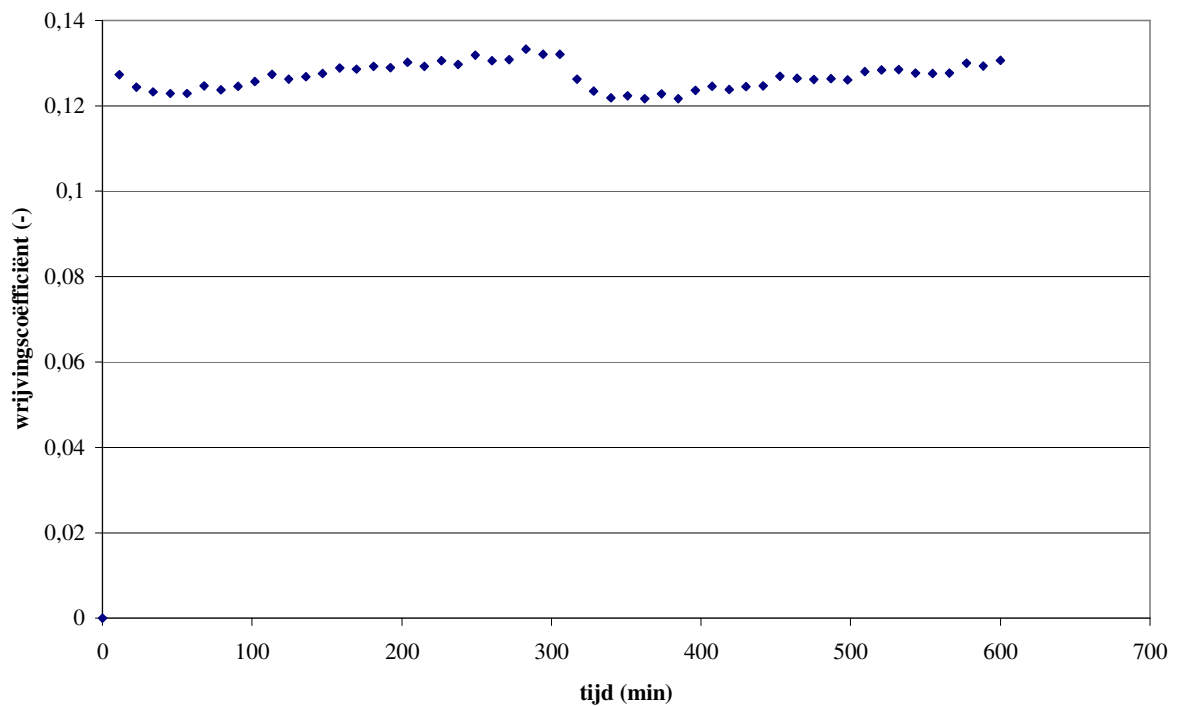


Fig 53: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

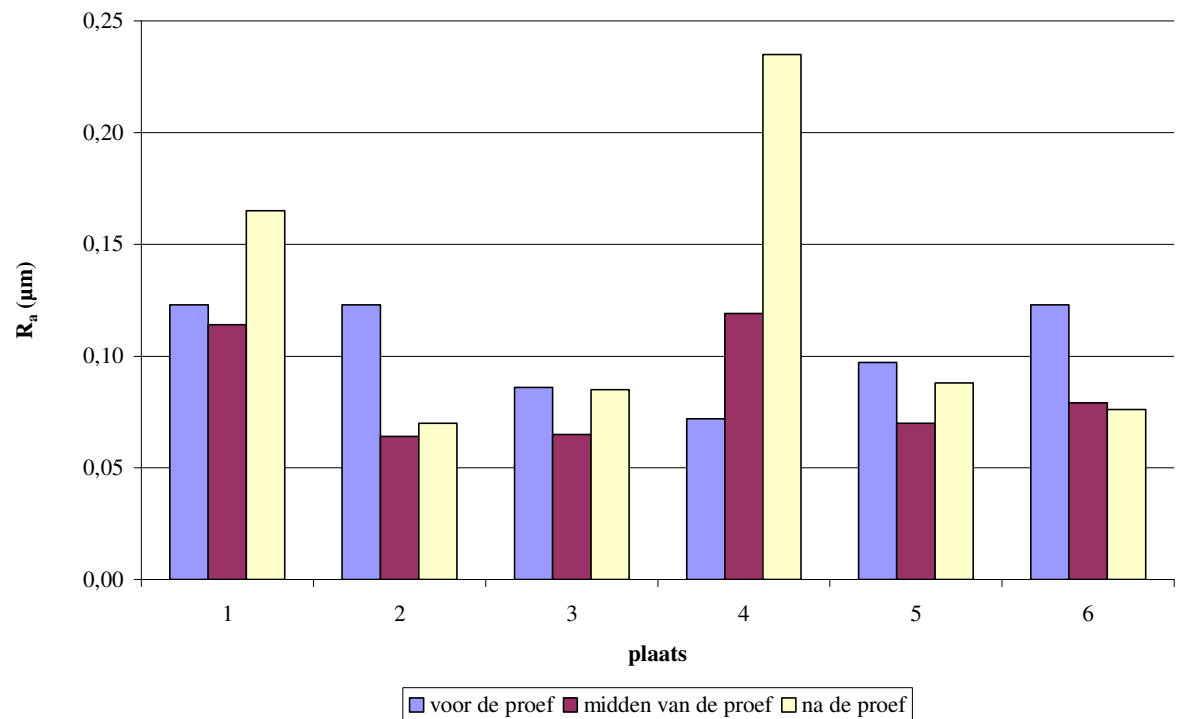


Fig 54: R_a van proef 6

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,6	2,58	2,57

Tabel 20: Dikte van het proefstuk

14.3 Besluit uit proef

Uit de twee bovenstaande metingen kunnen we besluiten dat veranderingen van snelheid weinig effect hebben op de wrijvingscoëfficiënt. Het heeft ook een verwaarloosbaar effect op de verandering van de ruwheden. De dikteverandering bij lage snelheden is iets hoger dan die bij hogere snelheden wat overeenkomt met de testen van Lloyd [11], maar om daar een beter beeld van te krijgen zouden de testen langer moeten duren. De sprongen die in de wrijvingscoëfficiënt voorkomen tussen de twee testhelften wordt uitgebreid besproken in test 8.

15. Meting 7: invloed van het frictiemateriaal

15.1 Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	C
Frictieplaat	Wellman N670
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 21: Gegevens bij de proef

Deze test wordt gebruikt om de invloed van de soort plaat na te gaan. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van een Wellman N670-plaat. Dit is een papieren wrijvingsplaat met iets betere thermische vastheid.

15.2 Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

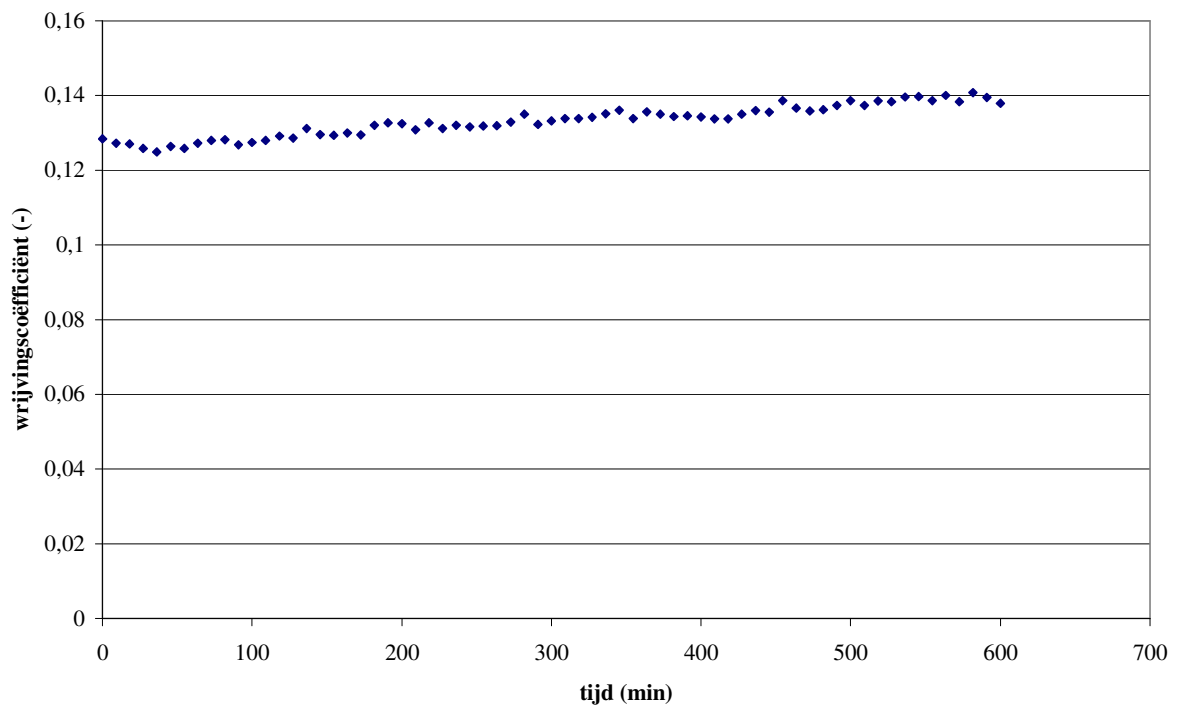


Fig 55: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

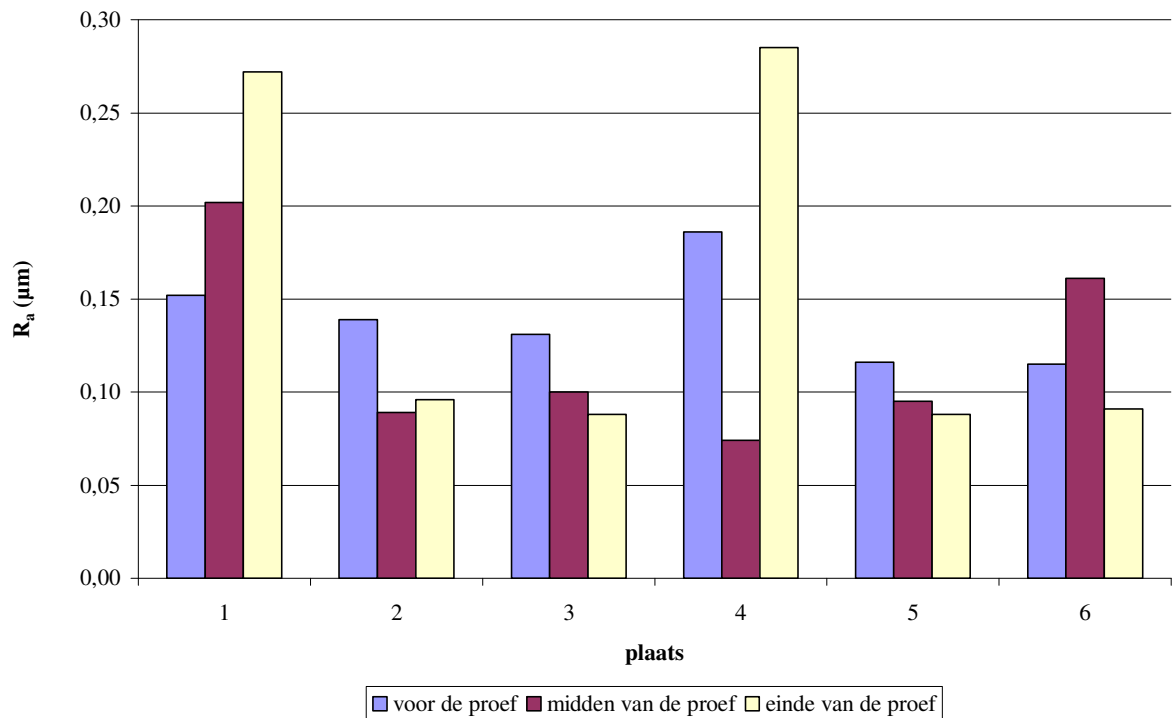


Fig 56: R_a van proef 7

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,62	2,61	2,60

Tabel 22: Dikte van het proefstuk

15.3 Besluit uit proef

Uit deze kan men besluiten dat er geen effect op de wrijvingscoëfficiënt is indien men voor een andere soort wrijvingsmateriaal kiest. De veranderingen van de wrijvingsconstante zijn minder eenduidig, maar globaal gezien volgen ze dezelfde trend als de andere platen. De dikteverandering is ook kleiner dan de andere plaat.

16. Meting 8: verklaring van de sprongen in de wrijvingscoëfficiënt

16.1 Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	G
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 23: Gegevens bij proeven

16.2 Bespreking

Deze test is uitgevoerd om te achterhalen wat de oorzaak is van de verandering van de wrijvingscoëfficiënt wanneer er een lange tijd verlopen is tussen de twee testhelften. Door telkens een periode te wachten om een proef uit te voeren en telkens parameters te veranderen zoals de tijd tussen twee metingen en het al dan niet in contact komen met atmosferische omstandigheden. Er moet aan onderstaande voorwaarden voldaan zijn: er moet meer dan 6u verlopen zijn tussen de twee testhelften en het stuk moet gedemonteerd geweest zijn. In onderstaande tabel staan verschillende mogelijke oorzaken die uitgesloten kunnen worden.

oorzaken
Temperatuur
druk
O ₂
relatieve vochtigheid
olie
drift meetinstrumenten
relaxatie/kruip
(de)montage proces

Tabel 24: Gegevens bij proeven

De veranderingen in omgevingstemperatuur zijn te gering om de sprongen te verklaren. De druk op de koppelingsplaten is iets hoger in het begin van een proef dan naar het einde toe maar die variatie is zeer klein en kan dit niet de verklaring.

Het verschijnsel treedt op los van het feit of de koppeling al dan niet in olie rust. Dus hiermee kan het effect van O₂, olie, relatieve vochtigheid geschrapt worden uit de lijst der mogelijke oorzaken.

Daar de drift op de meetinstrumenten te gering is kan dit niet als verklaring dienstdoen. Daar het effect niet optreedt indien de koppeling in de machine blijft.

De twee volgende mogelijkheden zijn relaxatie van de frictieplaat en het assemblage proces. Kruip wordt uitgesloten omdat de kracht die op de koppeling inwerkt tijdens rust te klein is om kruip tegen te gaan. Het assemblageproces kan ook niet de verklaring zijn daar er een tijdsafhankelijk proces blijkt te zijn. De conclusie uit dit alles is dat er op dit moment geen afdoende verklaring voor dit fenomeen is.

16.3 Besluit uit proef

Uit deze proef kan enkel besloten worden dat het fenomeen dat de verandering in wrijvingscoëfficiënt veroorzaakt nog niet gevonden is en dat de in tabel 23 opgesomde mogelijkheden niet aan de basis liggen voor het fenomeen.

17. Meting 9: Invloed van de ruwheid

17.1 Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	2
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 25: Gegevens bij proeven

Deze test zoekt uit wat de invloed van de ruwheid van de separatorplaat op de verschillende parameters hiervoor wordt er gebruik gemaakt van een plaat waarvan R_a 5 keer groter is dan bij de vorige metingen. Deze hogere ruwheid werd bekomen door het stuk met een grofkorrelig schuurpapier te bewerken.

17.2 Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

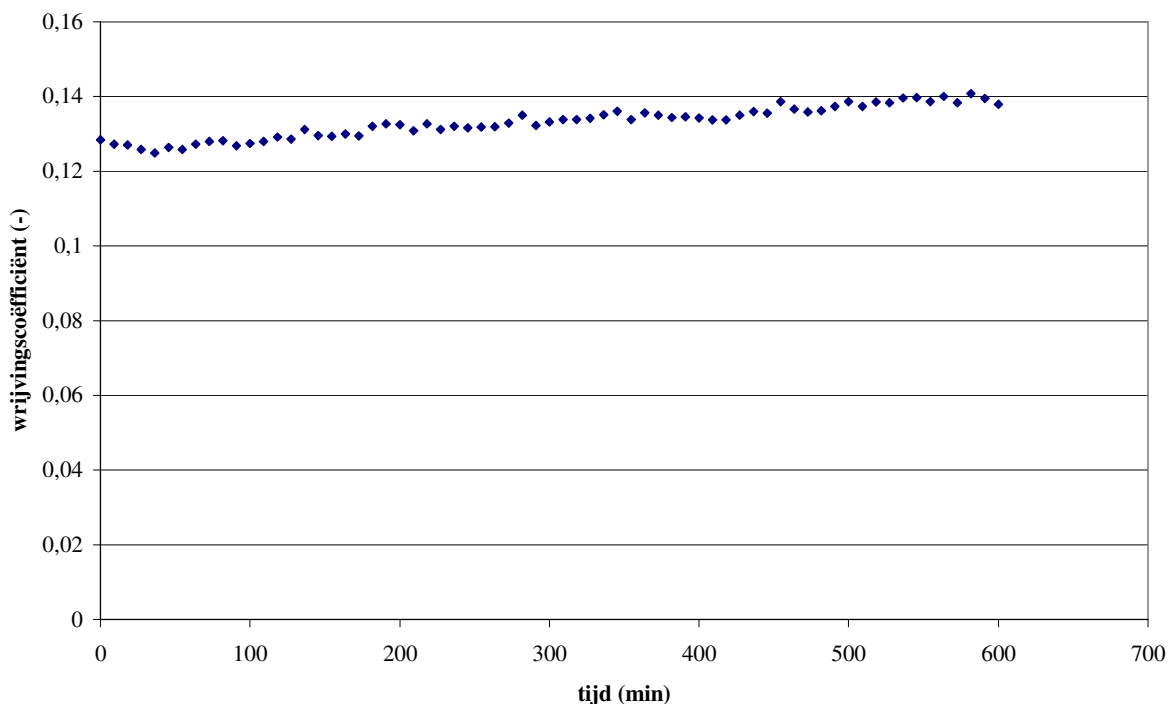


Fig 57: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

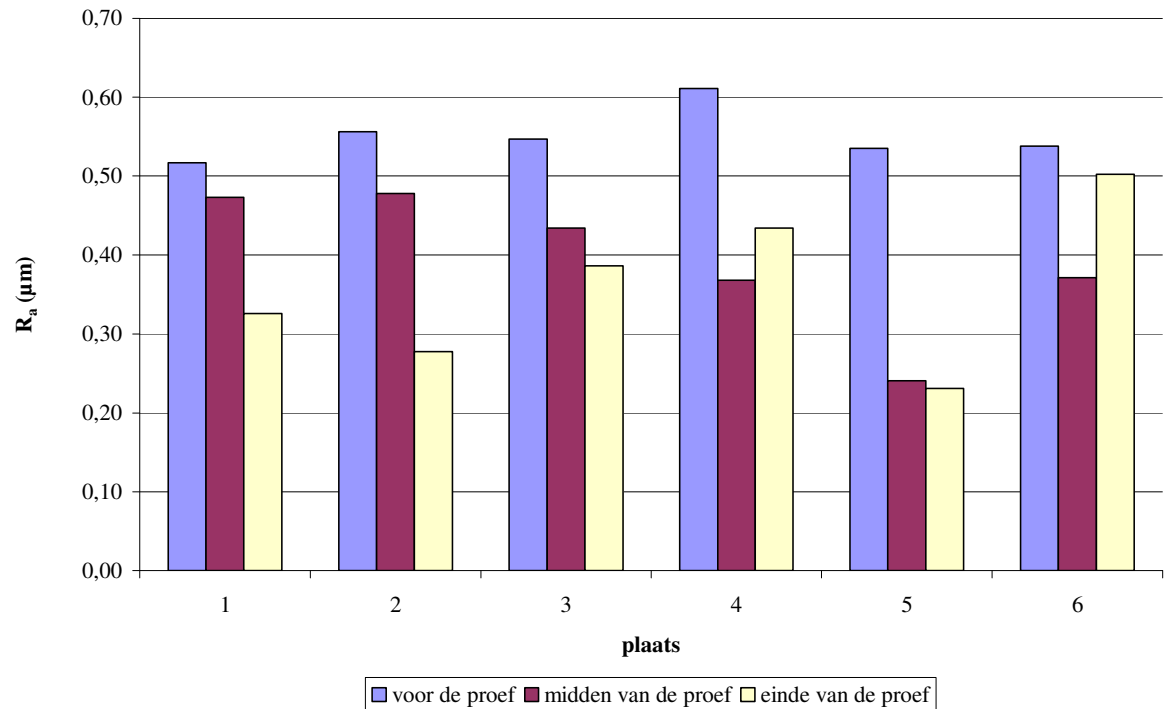


Fig 58: R_a van proef 9

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,60	2,58	2,57

17.3 Besluit

De ruwheid van de plaat heeft weinig effect op de wrijvingscoëfficiënt en volgens de meting ook weinig effect op de dikteverandering waar er wel een effect verwacht werd. Voor de ruwheden kan men concluderen dat die over de volledige plaat daalt. Wat er op kan wijzen dat er een evenwichtpositie bestaat waar de ruwheden in de radiale richting naar streven.

18. Meting 10: Invloed van de olie

18.1 Inleiding

N (rpm)	900
Fa (kN)	11
I (kgm ²)	0,1475
stuknummer (-)	3
Frictieplaat	Raybestos S-7901-2
Oliedebiet (l/min)	0,86

Tabel 26: Gegevens bij proeven

In tegenstelling tot vorige proeven wordt er nu van een andere koelolie gebruik gemaakt namelijk JD20C. Deze proef dient om het effect ervan te onderzoeken.

18.2 Bespreking

Wrijvingscoëfficiënt

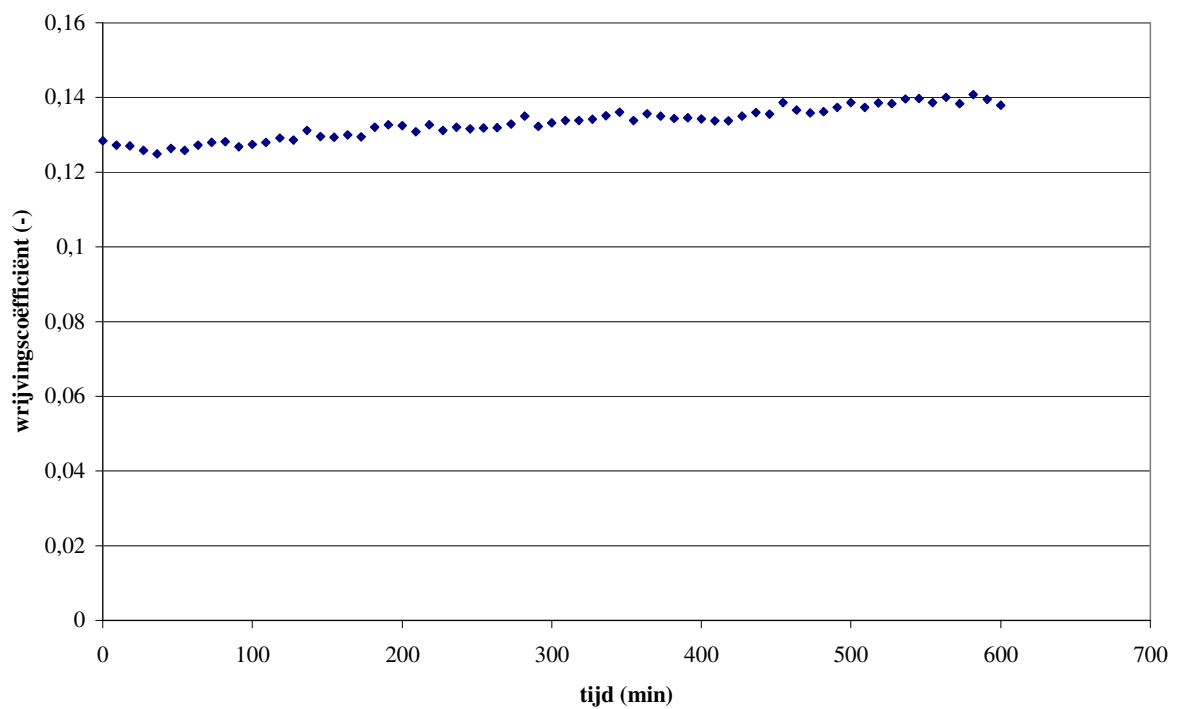


Fig 59: De gemiddelde wrijvingscoëfficiënt

Ruwheden

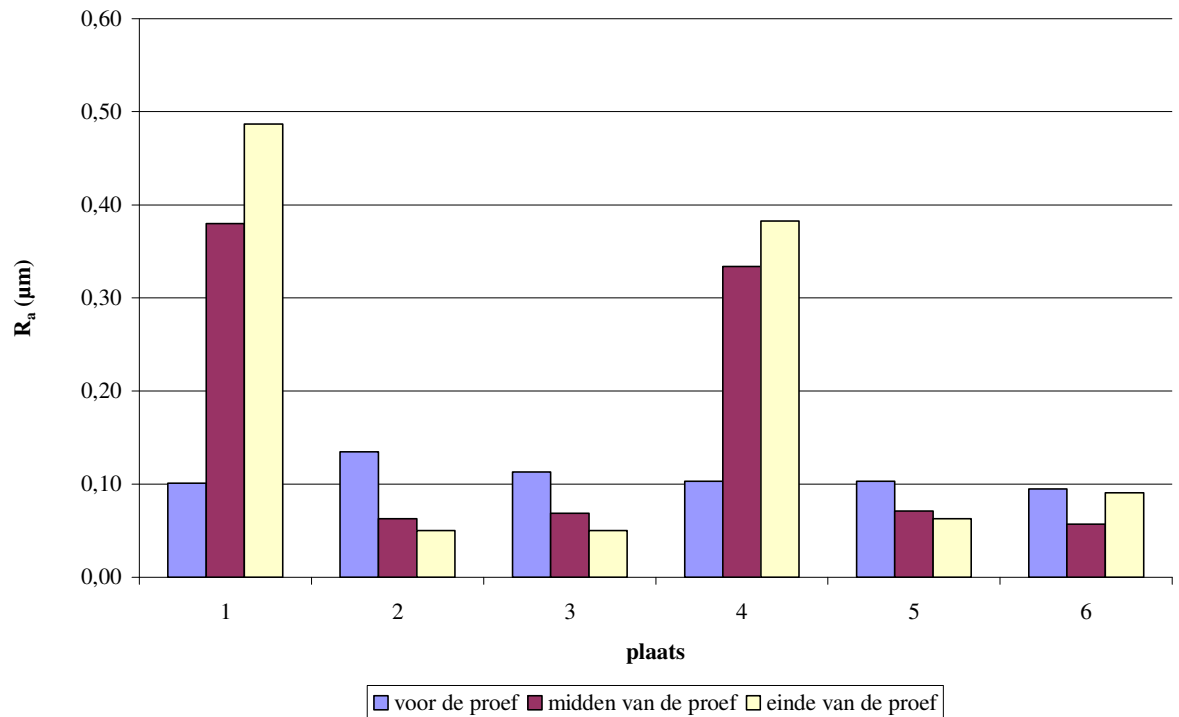


Fig 60: R_a van proef 10

Dikte

oorspronkelijke dikte (mm)	dikte na meting (mm)	einde
2,63	2,59	2,58

18.3 Besluit

Hieruit kan besloten worden dat de verandering van olie weinig effect heeft gehad voor de wrijvingscoëfficiënt. De ruwheidveranderingen is op plaats 1 iets groter dan bij de vorige proeven maar dit kan op toeval berusten daar de waarde op plaats 4 binnen de normale grenzen valt.

19. Algemeen Besluit

Uit de proeven kan men besluiten dat

- De verandering van druk een iets lagere wrijvingscoëfficiënt veroorzaakt en dat het materiaal bij een lagere druk een kleinere dikteverandering ondergaat.
- Een verandering van de snelheid heeft weinig effect op de wrijvingscoëfficiënt en heeft ook een verwaarloosbaar effect op de verandering van de ruwheden. De dikteverandering bij lage snelheden iets lager is dan die bij hoge snelheden.
- De keuze van een wrijvingsmateriaal heeft weinig invloed op de wrijvingsconstante maar heeft een invloed op de dikteverandering.
- De initiële ruwheid van de plaat heeft weinig invloed op de wrijvingscoëfficiënt. Men kan ook concluderen dat de radiaal gemeten ruwheden naar een evenwichtspositie streven.
- De keuze van koelolie heeft in deze weinig effect gehad op de wrijvingscoëfficiënt en de ruwheidveranderingen maar kan een effect hebben op de dikteveranderingen.
- Dat de parameters gebruikt in de Abbott-Firestone curve geen duidelijk beeld geven over de verandering van de ruwheid. Dat enkel de meer klassieke parameters zoals R_a en R_q voldoende stabiliteit vertonen om een goede analyse van de ruwheidverandering over een meting te kunnen uitvoeren

Om een beter beeld te krijgen van al deze effecten is het aangewezen om testen van langere duur uit te voeren.

20. Bijlagen

A Texamatic 7045 data sheet



Texamatic 7045 **Automatic Transmission Fluids**

Texaco's **Texamatic 7045** is a high quality automatic transmission fluid approved to the latest General Motors Dexron III (and Dexron II-E) and Ford Mercon specifications. **Texamatic 7045** is formulated with selected highly refined base oils blended with a specially balanced additive combination to provide the desired frictional properties of an automatic transmission fluid.

Texamatic 7045 is a red dyed automatic transmission fluid that provides superior performance in modern passenger car, truck, on and off-highway transmissions, designed to operate with Dexron III (and Dexron II-E), Ford Mercon and Allison C4 fluids.

Benefits

Texamatic 7045 provides outstanding performance with respect to friction retention, oxidation and thermal stability, anti-corrosion and rust protection, foaming and compatibility with various automatic transmissions components such as elastomeric seals and plastic parts. Together these provide:

- | | |
|-----------------------|---|
| Longer component life | - Reduced maintenance costs |
| | - Vehicle on road longer |
| Performance | - Wide temperature operating range |
| | - Fuel savings |
| | - Reduced emissions |
| Compatibility | - New electronically controlled transmissions |
| | - Smoother shiftability during gear changes |
| | - Reduced oil leaks |
| | - Smoother engagement of lock-up differential under high speed conditions |

Applications

Texamatic 7045 is approved for service fill and topping up of all General Motors passenger car and light truck automatic transmissions for which Dexron III (and Dexron II-E) products are specified. **Texamatic 7045** also meets all of the Dexron II requirements and can therefore be used in all older General Motors Dexron II applications back to 1949.

Texamatic 7045 may also be used in all passenger cars and light truck automatic transmissions where Dexron II was previously specified.

Texamatic 7045 is approved to the Ford Mercon Specification and is therefore recommended for use in all Ford applications specifying the use of 138-CJ, 166H or 194A fluids, especially new Fords utilising the CD4E Automatic transmission such as the Mondeo.

Texamatic 7045 is recommended for use in Allison transmissions, including those that require C-4 and Caterpillar transmissions specifying TO-2 performance level.

Texamatic 7045 may also be used as a wide temperature range anti-wear hydraulic fluid for mobile, industrial and marine applications. It meets the performance standards of ASTM D2822 and is suitable for hydraulic systems using Vickers, Sundstrand and Dennison (HF-0) pumps.

Texamatic 7045 can also be used as a power steering fluid in all applications where Dexron II products are specified.



Texamatic 7045

Automatic Transmission Fluids

Approvals

Texamatic 7045 is approved against:

• General Motors	Dexron III G-34003 Dexron III F-30174 (obsolete) Dexron II E-25244 (obsolete)
• Allison	C-4 17931493
• Ford Mercon	M-940127
• Voith	G607 (Diwa and Midimal)
• ZF	TE-ML-02F, 04D, 17C
• ZF Lenksysteme	TE-ML 09A, 09B

Note: Texamatic 7045 was formerly approved against ZF specification class TE-ML 14D but this class was discontinued by ZF in December 2001.

Products from this class were also removed from the ZF list TE-ML 03D.

Texamatic 7045 is also recommended for use in Caterpillar TO-2.

Health and Safety

Texamatic 7045 has been formulated to the highest safety standards and is unlikely to present any significant health and safety hazards when used properly in the recommended application and when good standards of industrial and personal hygiene are maintained. However should eye contact occur, flush for a minimum of 15 minutes with clean water. A comprehensive Materials Safety Data Sheet is available on request and is supplied as a matter of course to purchasers of this product.

Typical Data

Appearance	Red
Density at 15 °C, kg/l	0.886
Flash point, °C	200
Pour point, °C	-54
Kinematic viscosity, mm ² /s	
at 40 °C	35.86
at 100 °C	7.79
Apparent viscosity, mPa.s	
at -20 °C	1060
at -30 °C	3900
at -40 °C	17000
Viscosity index	197
Copper corrosion, 3 hr at 150 °C	1a
Foam characteristics	
seq I	10 / 0
seq II	0 / 0
seq III	10 / 0
Shear stability, 20hr	
Kinematic viscosity at 100 °C, mm ² /s	4.7
FZG Damaged Load Stage A/8.3/90	12+

Issued Apr. 2002

A ChevronTexaco Product

For further information, please contact your local Area Manager, or stockist.

B Opsomming onderdelen

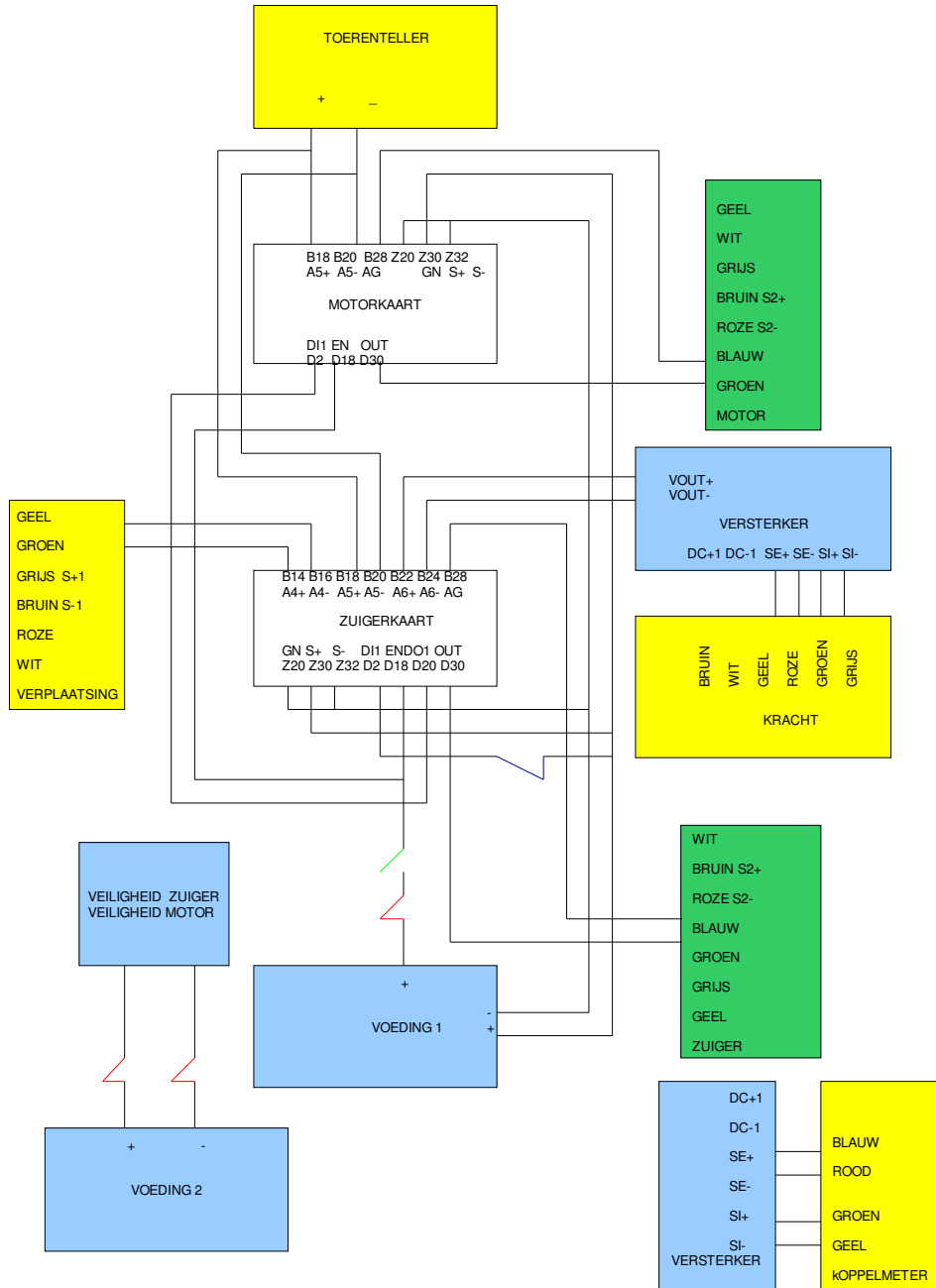
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----



Titel:
Vertikale wrijvingsproefstand
Disk on disk

Firma:
UGent Vakgroep Mechanische Constructie & Productie
Labo Soete – afdeling machinebouw / tribologie

C Elektrisch schema



D Definitie ruwheidwaarden

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx$$

Hierin stelt L de lengte waarover gemeten wordt voor,
Z(x) de hoogte bij het werkingpunt x

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L Z(x)^2 dx}$$

$$R_t = \max(R_{pi}) + \max(R_{vi})$$

Hier word de som genomen van de grootste piekhoogte
met de grootste dallengte.

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (Z_{pi} + Z_{vi})$$

Hier wordt het gemiddelde genomen van de 5 grootste
pieken Z_{pi} en dalen Z_{vi} .

$$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3} \left(\frac{1}{lr} \right) \int_0^{lr} Z(x)^3 dx$$

lr is de evaluatielengte.

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \left(\frac{1}{lr} \right) \int_0^{lr} Z(x)^4 dx$$

Referenties

- [1] Holgerson M., Apparatus for measurement of engagement characteristics of a wet clutch, *Wear*, Vol. 213,n° 1,1997.
- [2] Holgerson M., Lundberg J., Engagement behaviour of a paper-based wet clutch Part1 influence of drive torque,Proc Instn Mech Engrs Part D: Journal of Automobile Engineering, 1999,213: pp. 341-348.
- [3] Mäki R.,Wet clutch tribology- Fiction characteristics in limited slip differentials, Doctoral Thesis, Luleå university of technology, 2005.
- [4] Nyman P., Mäki R.,Olsson R.,Influence of surface topography on friction characteristics in wet clutch applications, *Wear*,Vol. 261,n°1,2006
- [5] Barker K., The effect of separator flatness on the performance and Durability of Wet Friction Clutches, SAE Technical paper n° 930915, 1993
- [6] Fish R.L., Lloyd F. A., Surface Finish requirements of spacer plates for paper friction applications, SAE Technical paper, n° 730840,1973.
- [7] Holgerson M., Lundberg J., Engagement behaviour of a paper-based wet clutch Part2 influence of temperature,Proc Instn Mech Engrs Part D: Journal of Automobile Engineering, 1999,213: pp. 449-455.
- [8] Zagrodizki P., Truncone S.A., Generation of hot spots in a wet multidisk clutch during short-term engagement, *Wear*, Vol. 140, n° 5-6, 1990.
- [9] Fish R. L., Wet friction material - Some modes of failure and methods of correction, SAE Technical paper n° 760664, 1973.
- [10] Ost W., Wrijving, slijtage en trillingen van oliegesmeerde koppelingen, doctoraat thesis, Universiteit Gent, 2006.
- [11] Van Der Putten J., Ooghe K., Experimenteel onderzoek naar de wrijving bij grenssmering tussen papierlamellen en staal voor lamellenkoppelingen,2000

