

Humidity Measurement in Vortex Tube Application towards separator

BACHELOR END PROJECT
TU Eindhoven
January 22, 2014

Keywords: Vortex tube , droplet separation

Summary

The experimental work aims to investigate droplet separation in Ranque-Hilsch vortex tube (see Fig. 1). Droplet laden N_2 gas is fed at $Ma \sim 0.9$ in the vortex chamber and the relative humidity at either end of the tube is measured to determine the droplet content as a measure of separation.

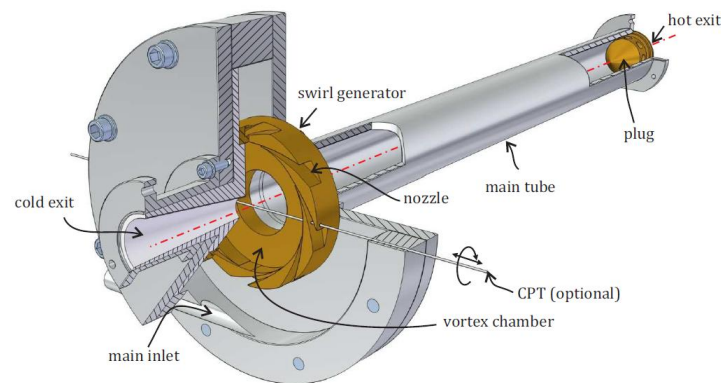


Figure 1: Experimental setup of Ranque-Hilsch vortex tube (RHVT)

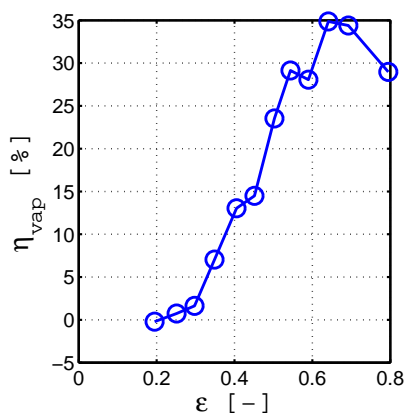


Figure 2: Enrichment of the water vapor at the hot exit at 70 gm/sec, $RH = 0.7-0.9$ and $T_{pl} = 28-32^\circ C$

Preliminary result from Fig.2 shows the vapor enrichment, η_{vap} at the hot exit plotted as a function of cold fraction ϵ , i.e., the amount of flow flowing through the cold exit of the RHVT with respect to the total flow. The intension is to study the effect of change in geometry on relative humidity at the hot and cold side of RHVT and eventually determine the optimum geometry configuration for enhanced separation efficiency.

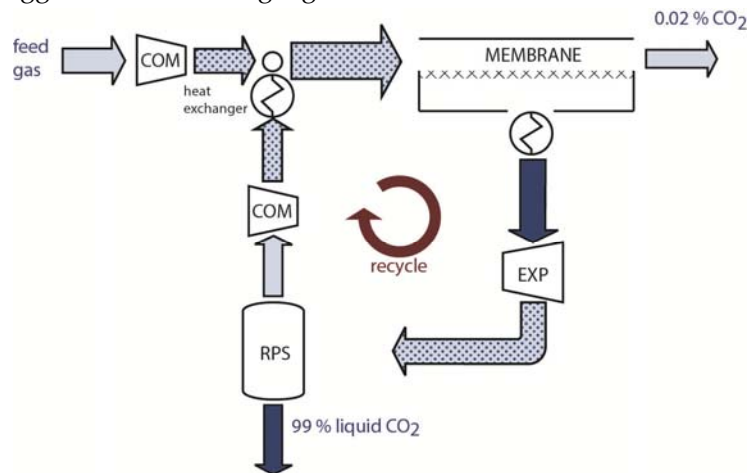
The goal of the BEP project for the participant is to improve the separation quality of the vortex tube.

BEP: Vervloeiën van biogas

Biogas maken door het vergisten van mest, rioolslib of huisafval gebeurt op een steeds grotere schaal in Europa. Het biogas bestaat hoofdzakelijk uit methaan (60 %mol) en koolstofdioxide (40 %mol). Gebruikelijk is om dit "arme" gas te gebruiken in een warmte-kracht installatie. De warmte kan echter vaak niet gebruikt worden. Daarnaast is het vergisten een continu proces en staan de elektriciteitsprijzen in de daluren onder druk.

Om het gas verder te kunnen verwerken in het gasnet moet het CO₂ eruit worden gehaald. Bestaande technieken zoals pressure swing absorbtion zijn hiertoe in staat, maar kennen een hoog energiegebruik. Recent worden ook membranen ingezet voor het reinigen. Deze hebben echter het nadeel dat de permeaat stroomnaast CO₂ nog vrij veel methaan bevat.

Dat methaan kan terug worden gewonnen met lage temperatuur destillatie. De permeaat stroom wordt gekoeld en geëxpandeerd naar een punt in het phase diagram waar een mist van pure CO₂ druppeltjes ontstaat. Het overblijvende gas heeft ongeveer dezelfde compositie als het ingaande biogas en wordt teruggevoerd naar de ingang van het membraan.



De principes van het destillatie proces, Condensed Rotational Separation zijn uitgewerkt voor het verwijderen van CO₂ uit aardgas en rookgassen van kolencentrales, zie

<http://alexandria.tue.nl/extra2/762323.pdf>

Van U wordt gevraagd om dit proces uit te werken voor een decentrale vergister met een biogas productie van 50 Nm³/hr. De uitdagingen op deze kleine schaal zijn dat de installatie simpel en robuust moet blijven. Het project wordt uitgevoerd in samenwerking met Encon, een leverancier van vergisters:

www.enconcleanenergy.com/

Erik van Kemenade

h.p.v.kemenade@tue.nl

2-9-2014

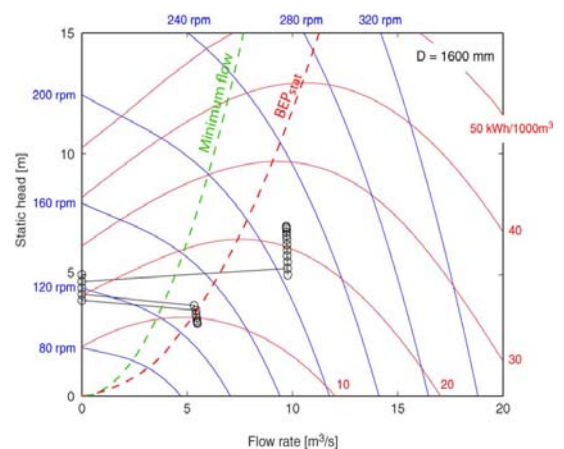
Efficiënte polderbemaling

BEP opdracht

In Nederland zorgen meer dan 5000 gemalen en pompinstallaties voor de waterhuishouding, ten koste van grote investeringen en een hoog energiegebruik. Op dit moment wordt de regeling van pompgemalen niet of nauwelijks geoptimaliseerd. In de meeste gevallen is het pompbedrijf slechts afhankelijk van het waterpeil t.o.v. het zgn. inslag- en uitslagpeil.

In de nabije toekomst zullen waterschappen gedwongen worden om zoveel mogelijk energie te besparen. Eén van de mogelijkheden is om een pompregeling te gebruiken die het energieverbruik en/of de energiekosten minimaliseert.

In de sectie *Process Technology* is dit probleem gemodelleerd als een niet-lineair minimalisatie-probleem met gelijkheids- en ongelijkheidsrandvoorwaarden. Berekeningen worden uitgevoerd in Matlab. In dit project wordt samengewerkt met Bosman Watermanagement en Waterschap Rivierenland.



De werkzaamheden in deze BEP opdracht zijn:

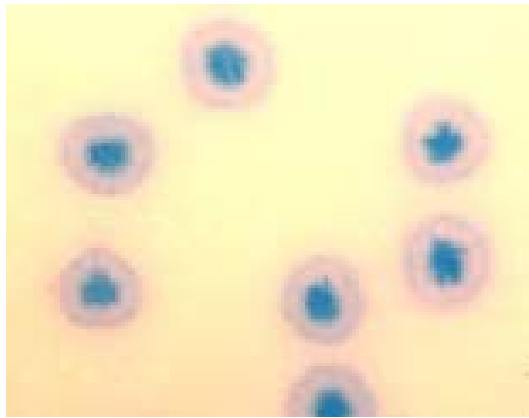
- Studie van algemene optimalisatiemethoden
- Bestudering van de huidige modelvorming en oplossingsmethode
- Uitbreiding c.q. verbetering van de methode
- Analyse van bemalings-logfiles van gemaal Altena
- Toepassing van de methode op gemaal Altena

Contact: Bart van Esch, GEM-Z 2.138, b.p.m.v.esch@tue.nl

Verdamping van druppels

In veel toepassingen worden druppels van een vloeistof met een opgeloste stof met inkt-jet printers op een substraat geprint. Denk aan het printen van inkt op papier of aan de productie van biosensoren. Na het printen verdamt de vloeistof en blijft de opgeloste stof op of in het substraat achter. Voor de kwaliteit van het product is het van belang dat de opgeloste stof uniform verdeeld is over het substraat en er niet uitziet als een koffievlek die een veel grotere dikte heeft aan de rand dan in het midden.

Deze verdeling hangt af van de processen die tijdens de verdamping een rol spelen en van de verdampingssnelheid. In onze groep is een numeriek simulatiemodel voor dit proces ontwikkeld dat gebruikt kan worden voor ronde (axiaal-symmetrische) druppels. In veel gevallen is deze aanname niet nauwkeurig omdat de symmetrie verstoord wordt door andere druppels in de buurt. Dit komt met name voor bij printen van lijnen, waar vele druppels vlak naast elkaar geprint worden, of bij het printen in bepaalde tweedimensionale patronen.



In dit project willen we onderzoeken hoe de verdampingssnelheid afhangt van de aanwezigheid van naburige druppels. De verdampingssnelheid volgt uit de oplossing van de concentratie van damp in de lucht die de druppel omringt. Die wordt beschreven door een eenvoudige vergelijking:

$$\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} = 0$$

waarbij c de concentratie damp is. Deze vergelijking zal met behulp van het softwarepakket COMSOL opgelost worden.

De opdracht bestaat uit de volgende onderdelen:

- Literatuurstudie naar verdampfingsmodellen
- Inwerken in softwarepakket
- Berekeningen aan tweedimensionale druppels voor het printen van lijnen
- Berekeningen aan driedimensionale druppels in een ruitjespatroon
- Schrijven van verslag.

De begeleiding zal gebeuren door Hans Kuerten, GZ 2.136, j.g.m.kuerten@tue.nl

ONTWERP VAN EEN ALTERNATIEF BLUSSYSTEEM

BEP OPDRACHT

INLEIDING

De brandweer in Nederland is volop in beweging. In het kader van efficiency en het doorontwikkelen / moderniseren van de brandbestrijding en hulpverlening wordt actief gezocht naar passende werkwijzen, slimmere organisatievormen en toepassing van moderne technieken. Eén van deze veranderingen is het uitrukken naar brand met minder dan 6 personen op een brandweervoertuig. De afgelopen decennia is deze 6-man bezetting de standaard geweest waarop de brandweerorganisatie en inzet tactiek is gebaseerd.



Eén van de vaste taken in een brandweerteam is die van chauffeur/pompbediende. Deze persoon is belast met het op druk houden van het blusmiddel (water) dat door zijn collega's in de brandbestrijding wordt gebruikt. Van oudsher wordt hier in het merendeel van de gevallen een hoge druk centrifugaalpomp (35-40 bar) voor gebruikt. Dit type pompen is vatbaar voor warmlopen door cavitatie in het geval er niet continu water wordt afgenomen. Dat is bijvoorbeeld het geval tijdens een woningbrand waar wordt getracht met zo min mogelijk water een brand te blussen i.v.m. stoomvorming en waterschade. Een pompbediende is dan gebonden aan het in het oog houden van de pomp of het hercirculeren van water in de voorraadtank om de opwarming te vertragen. Voor overige taken is hij/zij niet beschikbaar.

Een betrouwbaar blussysteem dat niet vatbaar is voor warmlopen en daarnaast volledig automatisch functioneert zou de pompbediende vrij maken om ingezet te worden voor andere taken in de brandbestrijding en daarmee de efficiency en slagkracht van een brandweereenheid vergroten. In de afgelopen jaren zijn experimentele brandweervoertuigen uitgerust met ultrahogedruk plunjerpompen (100bar) en drukluchtschuimsystemen. Deze systemen zijn compacter en eenvoudiger te bedienen, maar er worden vragen gesteld bij het blusvermogen, de waterleverantie en bedrijfszekerheid.

ONDERZOEKSVRAAG

Onderzoek de mogelijkheden naar een (water)blussysteem dat bedieningsvrij en bedrijfszeker opereert. De prestaties van dit systeem moeten gelijk of hoger zijn aan het huidige hoge-druksysteem met behulp van een centrifugaalpomp:

- Waterleverantie: minimaal 125 liter/ minuut.
- Inzetdiepte: 90 meter.
- Toepassing: handstraalpijp met gebonden- of sproeistraal.
- Snel inzetbaar door maximaal 2 personen.

Om het onderzoek compleet en bruikbaar te maken zal het onderzoek (minimaal) 3 deelaspecten moeten bevatten:

- Analyse van huidige werkwijzen brandweer en daarvoor gebruikte pomptechniek.
- Analyse van veranderingen in werkwijzen en daarbij passende beschikbare techniek die voldoen aan de bovengestelde eisen.
- Ontwerp van een bruikbaar blussysteem. Mochten er geen passende technieken worden gevonden dan zal het ontwerp zich moeten richten op een binnen brandweer Eindhoven bestaand idee voor een dergelijk systeem dat tot op heden niet tot in detail is uitgewerkt.

BEGELEIDING

De begeleiding van dit project is tweeledig aangezien het project ook tweeledig is: een goede technische uitwerking en de juiste gebruikskarakteristieken bepalen samen de bruikbaarheid en daarmee de levensvatbaarheid van het systeem. Om zowel technisch, als ook vanuit de gebruiker, begeleiding te bieden zullen zowel de faculteit werktuigbouwkunde van de TU/e als de veiligheidsregio Brabant Zuidoost (brandweer Eindhoven) betrokken zijn.

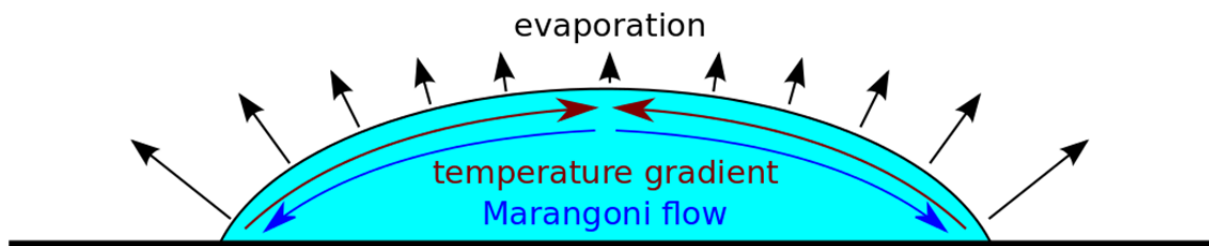
Contact: Bart van Esch, GEM-Z 2.138, b.p.m.v.esch@tue.nl

Evaporation of ink-jet printed droplets – influence of the latent heat of evaporation

Ink-jet printing is a common method to print ink on paper, but it is also used for the production of bio-microarrays on substrates. After being propelled to the target, the sessile droplet evaporates and soaks into the substrate and the initially dissolved particles are deposited on the surface. For the afore-mentioned applications, a homogeneous deposition on the substrate is required, but often the particles are predominantly located along the perimeter of the initial droplet, as it is well-known from coffee stains. Avoiding the latter effect and thereby increasing the printing quality requires a thorough investigation of the interplay of all physical processes in the drying droplet.

In our group, a model for axisymmetric droplets has been developed and a corresponding numerical solver has been implemented in FORTRAN, but there are still physical mechanisms left unconsidered within the framework of this model.

In this project, the existing model shall be generalized by taking a temperature field into account. The latent heat of evaporation leads to a local decrease of the temperature on the surface of the droplet. The non-uniform rate of evaporation and local geometrical differences affecting the heat conduction lead to a temperature gradient along the liquid-gas interface. Thereby, the surface tension at the interface is altered and Marangoni flows in the droplet are induced, which shall be investigated within the project.



The project incorporates the following steps:

- Literature study
- Familiarize with the software (either FORTRAN or MATLAB)
- Extending the present model and the corresponding numerical implementation by the effect of the latent heat of evaporation
- Writing the report

Supervision: Christian Diddens (GEM-Z 2.139) and Hans Kuerten (GEM-Z 2.136).

Design of a rotating hot plate with water jet cooling

The aim of this project will be to further the study on the phenomena that happen just after a circular water jet impinges on a high temperature surface. In the steel industry, water jets are used to cool hot steel plates. There have already been several experimental setups in the department of process technology, in which the plate was stationary. This project will further this experimentation by designing a new setup in which the plate can move past the water jet at a set velocity, since in the steel industry the plate will move past the water jet at a speed of typically up to 22 m/s.

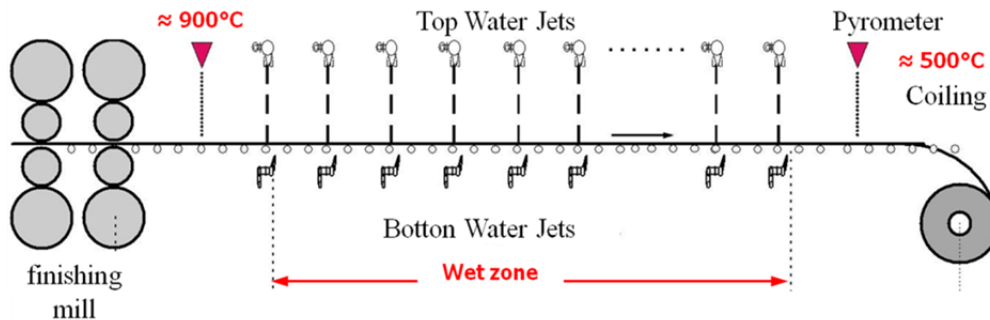


Figure 1: schematic of run out table

Utilization

Many manufacturing processes use impingement jets, because of the high rates of heat transfer that can be obtained using relatively simple equipment. A good example is the cooling process in the steel industry. Cooling on the run out table after hot rolling is one of the most difficult steps in the hot mill strip, as illustrated in Fig.2. In fact the microstructure and consequently the mechanical properties of the steel depend on the final temperature and therefore on controlled cooling process. For a hot strip mill the finishing temperature is around 900°C. In order to cool the strip before coiling, the strip is cooled by water on the run out table. At the very beginning of the cooling phase, the temperature of the steel is well above the Leidenfrost temperature so film boiling, transition boiling and nucleate boiling all occur. The entire phenomenon is still not well understood because of the complex mixing phenomena. Moreover jet impingement cooling of a hot surface raises nucleation of bubbles.

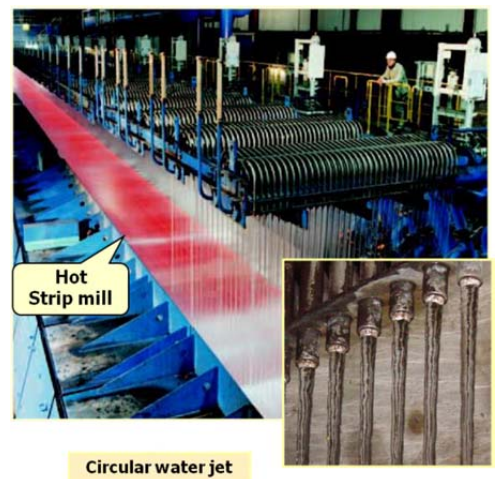


Figure 2: Cooling process of hot steel with water jets

Current experimentation

At present, the setup that is used has a vessel in which water can be pressurized and heated, before using a water exhaust to create a jet. Under this vessel is a test plate, in which thermocouples are installed, and which can be heated to high temperatures. The cooling done by the jet can be observed using high speed camera's, one of which is aimed directly at the water impingement point on the plate, and one of which is connected to a borescope which is positioned so that the camera will look into the jet of water and onto its contact point with the plate. This plate however is stationary, whereas on an industrial line, the hot plate will be constantly moving at a high speed. This is why a new experimental layout will have to be designed.

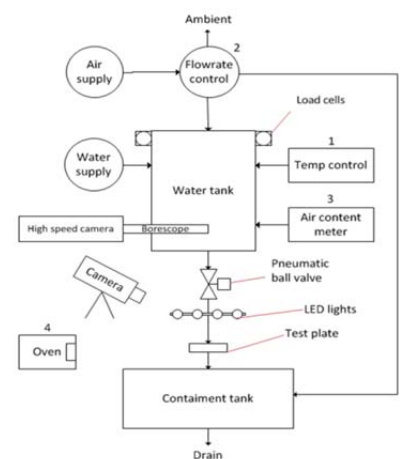


Figure 3: Schematic of current setup

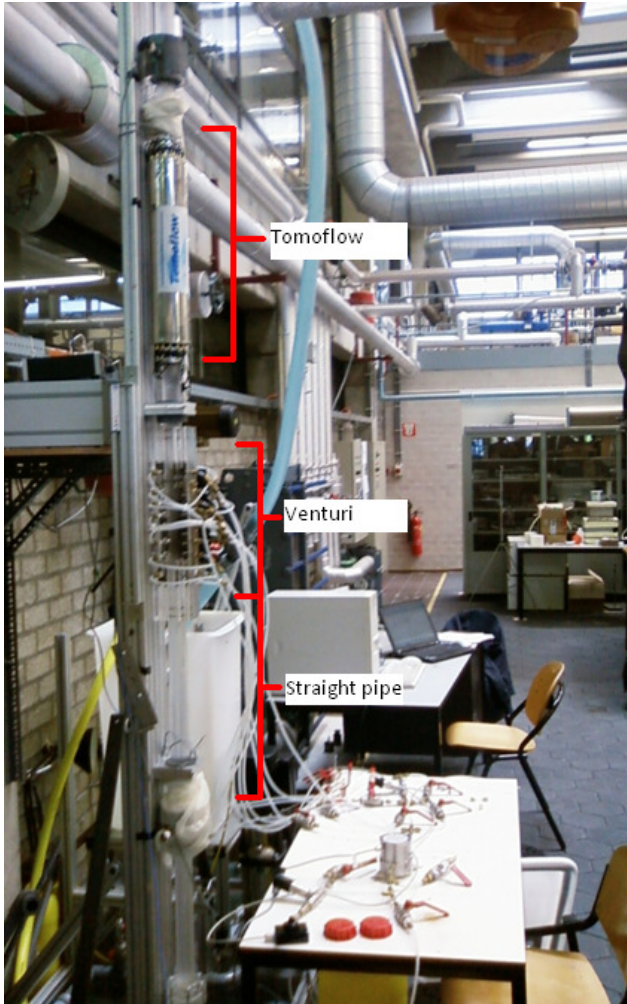
New experimental layout

In order to get to velocities of up to 22 m/s, the plan is to use a rotating test plate holder, which will have the test plate on a radius from the center. The test plate can then pass periodically under the water jet, in order to simulate multiple water jets in series. Of course this has its challenges, because of the multitude of forces working on the setup, and the thermal expansion will have to be accounted for, while the experiments have to have quite a high degree of precision. The moving plate design also has consequences for the measuring equipment, so that new equipment has to be found which sends its data to the acquisition modules wirelessly. Furthermore, the supply of power has to be worked out.

Summary

- Design a complex moving system which involves several different disciplines within mechanical engineering.
- Design and research the measuring systems and data acquisition.

1 Voorspellen en meten van stromingspatronen



Stromingspatronen zoals ringstroming, plugstroming, bellenstroming in een pijp zijn een functie van orientatie van de testsectie, warmteflux en massastroomdichtheden, om maar enkele parameters te noemen. Voor het meten van de corresponderende topologieën van het grensvlak kan een geavanceerde voidfractiemeter, de zogeheten Tomoflow™ sensor, worden gebruikt. Deze zit momenteel nog in een venturi-opstelling, zie fig. 1, maar kan daar uit worden gehaald en elders uitgetoet. Er moeten in samenwerking met Stork Thermeq uit Hengelo twee testopstellingen op TU/e worden ontworpen, beide voor het meten van stromingspatronen. Important design parameters are diameter and length of the test tube. The selection must be based on a thorough analysis of existing flow pattern maps and prediction methods. You are asked to

1. Study literature for these prediction methods. Focus on physical models and flow pattern maps, for both vertical and horizontal tubes.
2. Make a recommendation for diameter and length of two tubes, one with water-steam, the other with HFE7000 and its vapor.
3. Investigate the applicability of the existing Tomoflow sensor for both liquids of 2; perform calibration experiments.
4. Write an extensive report.

Guidance: Cees van der Geld, Camille Torbey en Marc Willekens.

2 Measurement and analysis of bubble growth with acoustic triggering

Introduction

Today's demand for smaller and faster electronic devices such as laptops, cameras and mobile phones, requires smaller electronic components. The generated heat of these components has increased in recent years and it is expected that the heat per unit surface will only increase in the future. Advanced cooling techniques are required. Boiling has one of the highest heat transfer rates in nature. Therefore boiling is used for cooling in a variety of industrial applications as illustrated in Fig. 1.



Fig.1 Boiling used for cooling in industrial applications

The major drawback of boiling is the maximum in the heat flux. It is investigated if the heat flux can be enhanced by acoustic excitation of growing boiling bubbles. Promoting bubble detachment should result in a higher heat transfer.

Experimental setup

The experimental setup consists of a pool boiling pot extended with a reservoir and a speaker. The speaker is used to generate the acoustic waves. Bubble behavior is recorded with a high speed camera.

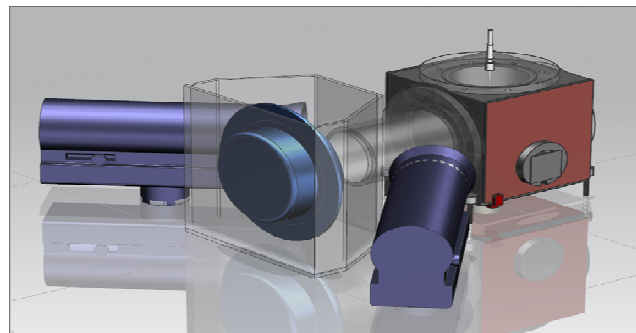


Fig.2 Test rig with acoustic chamber and lightning from aside

Results

Decrease in bubble volume is observed during the excitation. Bubble volume with and without excitation is compared in figure 3. Excitation starts at $t=0$.

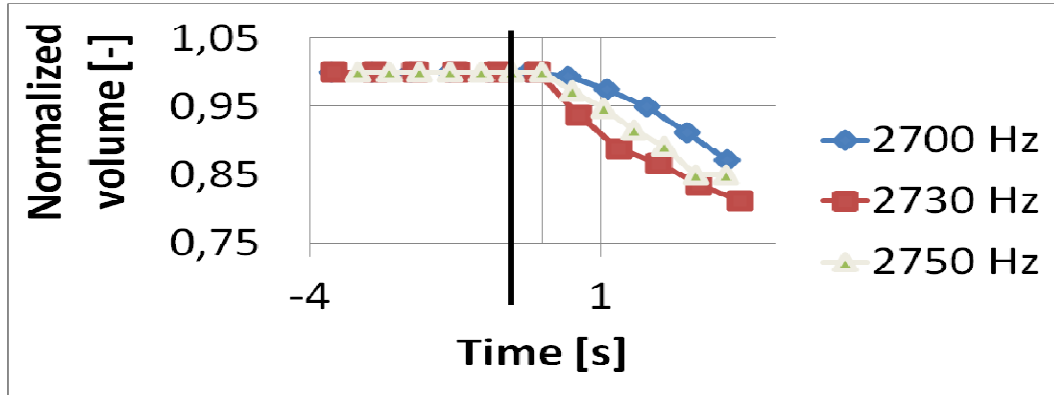


Fig. 3 Bubble volume histories at near-resonance frequencies

It can be observed that a maximum decrease in bubble volume of 20 % is obtained with acoustic excitation. The largest decrease is obtained if the applied frequency is close to the resonance frequency of the bubble ω_0 .

The growth of bubbles without excitation is compared to the growth of bubbles with excitation in figure 4. It can clearly be observed that bubbles are smaller and detach faster.

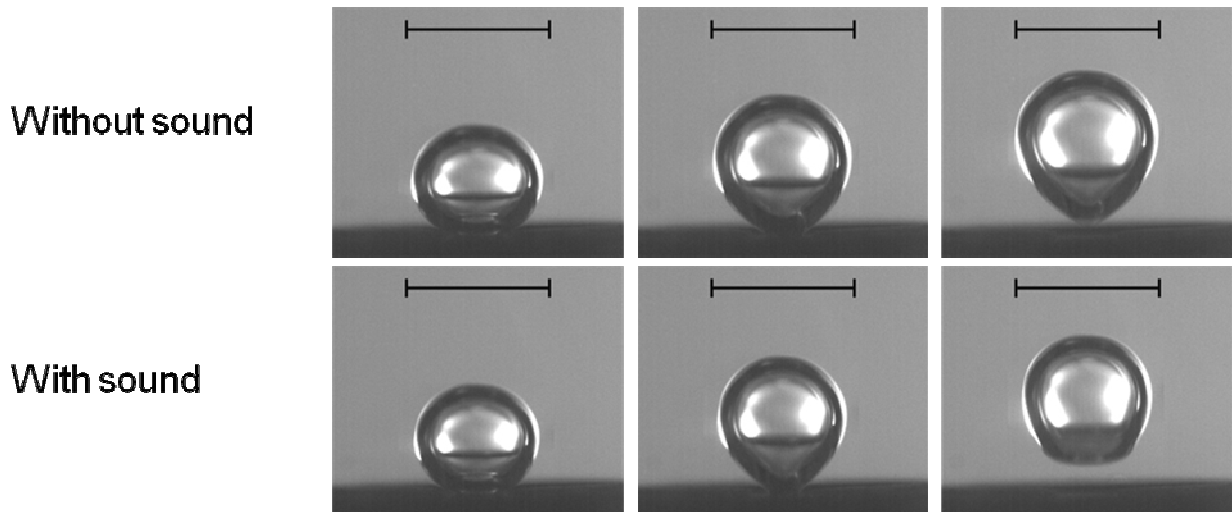


Figure 4 Typical bubble shapes at detachment and near the resonance frequency.

Assignment

Although the above measurements are quite convincing, a number of issues remain to be solved. These issues are the following and will be subject of further research in this BEP assignment.

The amplitude of the sound wave applied needs to be quantified. Although the main settings are still known (report and measuring diary of Bram van de Sande), the loudspeaker is back at TNO in Delft and the acoustical part of the set-up has been dismantled. For this reason a new stainless steel set-up has been fabricated by Geertjan van Hoek, see Fig. 5.

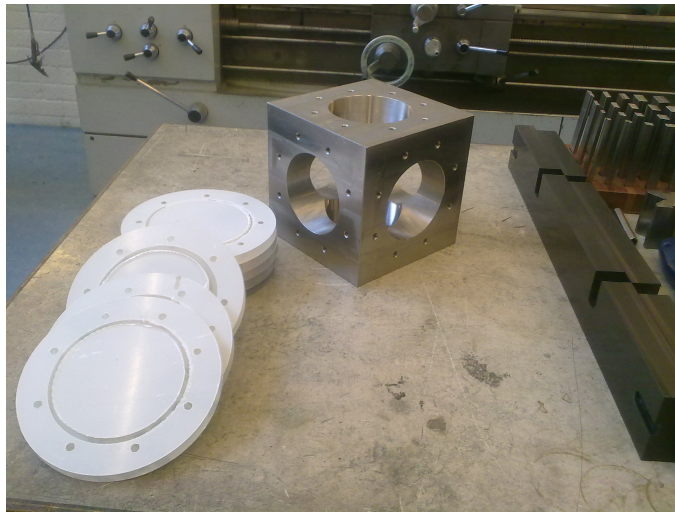


Fig. 5 New pool boiling test rig.

Paul van Neer of TNO in Delft is willing to help quantifying the amplitude of the sound wave applied (after 11-2-2013 for practical reasons), but the test rig has to be assembled and put up in the laboratory of Paul in Delft. Paul also made an analysis of the acoustic properties of the set-up with the aid of a programme (Matlab if I remember correctly). It is important to collect all these data and analysis and report them extensively in a Word or Latex document. Because of the complexity these measurements and analysis is not to be carried out (fully) by the BEPper, but he must collect, understand and report the findings properly.

Before embarking on further bubble detachment studies with acoustic triggering, bubble detachment without such triggering needs to be investigated, in particular with the eye on heat transfer and forces on the bubble. The importance of hydrodynamic and drag forces during bubble detachment depend on Jacob, Weber and Reynolds numbers that can be influenced by adapting

1. The substrate material
2. The mode of heating
3. The orientation of the bubble generator with artificial cavity with respect to gravity
4. The saturation temperature.

Measurements have been performed to investigate some these dependencies. New Matlab-based software (IAT) is available to analyze the data collected with high-speed cameras. A manual of IAT is available as well as publications on the interpretation of forces as implemented in IAT. Several new bubble generators with artificial cavities have been prepared and a new electronic conditioner has been fabricated and testes. One or more of the above adaptations needs to be examined experimentally and with the available analyzing software and the results must be reported extensively. More details will be provided at the start of the assignment.

Guidance: Paul van Neer (TNO Delft), Coen Baltis and Cees van der Geld.

3 Literature research and preparation of experiments of boiling at a stationary hot plate with jet impingement

This is a continuation of recent work by Pedro Angel Redondo Gomez [pedrego@etsid.upv.es], Giorgio Antenucci, Paul Bloemen and Hormando Leocadio Junior. The last and Cees van der Geld will provide guidance. Experiments can be performed in the presence of either Pedro (in February 2013) or Hormando (in March 2013).

This study concerns an experiment conducted to understand the phenomena that happen just after a circular water jet impinges on a high temperature surface. A circular water jet of 290 K and 2 m/s impinged on the surface of a square steel plate that was preheated to 900°C. The temperature history is measured using embedded thermocouples. The temperature data are recorded and used to predict the surface temperature by an inverse heat conduction method.

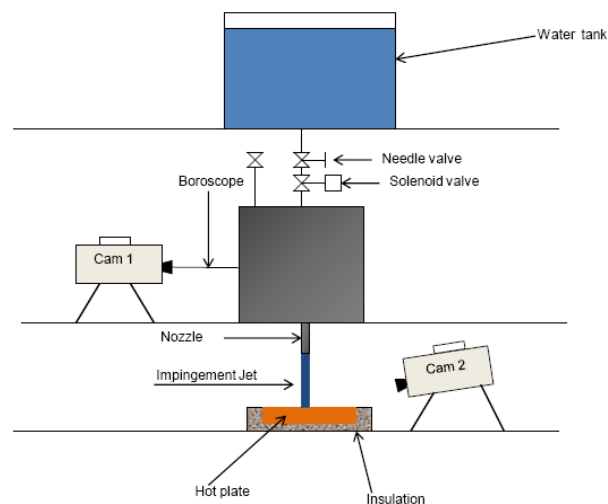
The objectives of the present study are measurement and interpretation of boiling and interface topology in the stagnation point of flow of a liquid jet impinging at a stagnant hot plate. The new tools are a boroscope and a special sapphire window placed on the hot plate. Two high speed video cameras are used for recording images.



Figure 1: Hot strip mill cooling system using water jets

Utilization

Many manufacturing processes use impingement jets, because of the high rates of heat transfer that can be obtained using relatively simple equipment. A good example is the cooling process in the steel industry. Cooling on the run out table after hot rolling is one of the most difficult steps in the hot mill strip, as illustrated in Fig.1. In fact the microstructure and consequently the mechanical properties of the steel depend on the final temperature and therefore on controlled cooling process. For a hot strip mill the finishing temperature is around 900°C. In order to cool the strip before the coiling, the strip is cooled by water on the run out table. At the very beginning of the cooling phase, the temperature of the steel is well above the Leidenfrost temperature so film boiling, transition boiling and nucleate boiling all occur.



The entire phenomenon connected to the heat transfer mechanism is still not well understood because of the complex mixing phenomena. Moreover jet impingement cooling of a hot surface raises nucleation of bubbles.

Apparatus and experiments

An outline of the experimental set up is shown in Fig. 2 above. The key components of the experimental setup were a heated square steel plate, a water jet, a boroscope, a side window and two high speed cameras. The tubes, the water tank and the cube-shaped box are all made of stainless steel. The water flows through the nozzle and the jet impinges on the heated plate.

The coolant fluid was ordinary water stored in a cylindrical tank. The water tank was connected to a smaller box by means of a solenoid valve and a needle valve.

The box as a cube shape with 100 mm in length. On the upper face there are a valve in order to remove air from the inside and the connection pieces to the water tank. On two lateral faces there are two little windows in glass to position the boroscope just over the nozzle. The optical lens of the boroscope was positioned inside the water box through a hole in a lateral face, as showed in Fig. 2. In the middle of the bottom face of the box there is the nozzle. The lens was positioned over the inlet nozzle of the box to observe from the inside the water flux. The boroscope was positioned four centimeters above the exit nozzle to avoid interferences to the water flow.

The exit nozzle, under the water box, had a circular shape with a diameter of 9 mm and a length of 40 mm, located 40 mm away from the test plate. The plate was heated until the temperature test (900 °C) by means of insulated cover and two gas burners as shown in fig. 3.

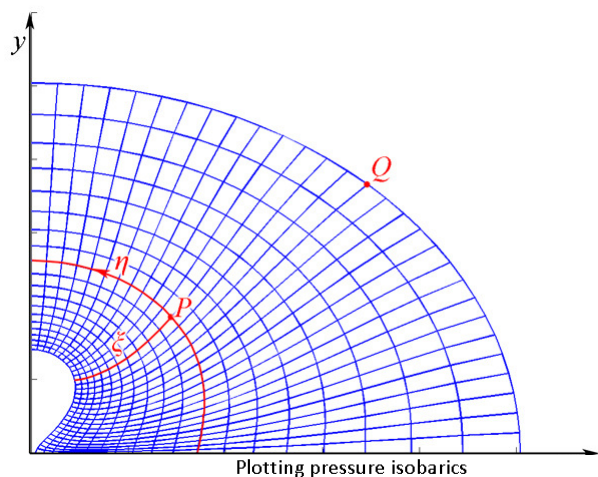
Assignment

A new side window has to be fabricated for which first a new design must be made, based on the experiences with the last window. Furthermore a temperature control for the water vessel must be designed and made operational. A design must be made to also control the air content of the water, based on a sensor of Spirotech in Helmond. You can contact René Hollink, R.Hollink@weirminerals.com, and Anton Lamers of Spirotech for that. More deairating experience is with Coen Baltis in our lab.

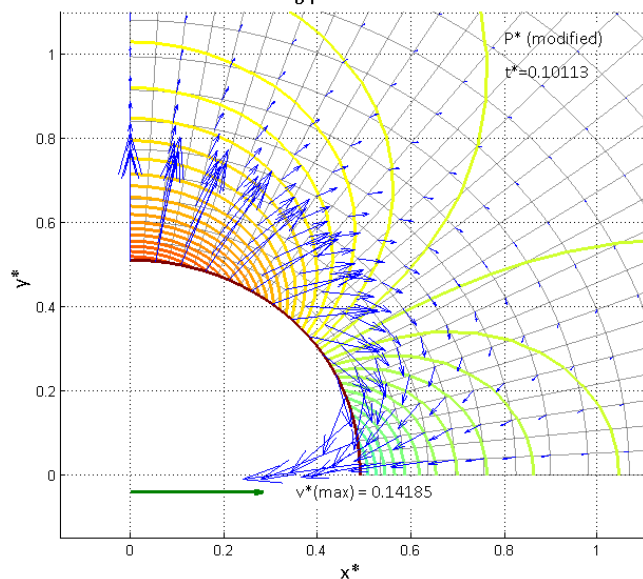
When Hormando Leocadio Junior will return in March 2013, measurements with the new designs must be made. In addition, recent experiments with thermocouples, two camera's and boroscope made by Hormando and Pedro must be analyzed and reported in a draft publication.

4 Bepaling van de visceuze kracht op een groeiende bel met behulp van VINSAX: een numeriek model van een vervormende bel aan een wand

De vorticeit die rond een groeiende bel ontstaat en zich verzamelt in een smalle grenslaag aan het oppervlak van de bel leidt tot een weerstand die bepaald dient te worden met het Fortran programma VINSAX. Dit programma is gebaseerd op front-tracking en curvilinear coordinates, beiden zeer handig in het modelleren van vervormende bellen. Een Ph.D. thesis met een beschrijving van de modelaanpak en de numerieke methode zijn aanwezig, alsook een handleiding geschreven door een eerdere BEPper.



Om vertrouwd te raken met het model wordt gevraagd eerst twee simulaties uit te voeren en te vergelijken met experimentele resultaten: een simulatie met een constant belvolume en een met een groeiende bel. Deze simulaties zijn al eerder uitgevoerd. Vervolgens dient de weerstandskracht bepaald te worden, zoals boven omschreven. Daarvoor is een fijn grid nabij de belwand nodig.



The size of the variables (and thus the grid) can be chosen dynamically with parameters. This enables the user to define a more refined grid without having to change all the subroutines. A much finer grid is needed to adequately calculated to vorticity generated around the bubble-liquid interface. Maybe this change requires adaptations of the presently used COMMON blocks.

If time permits the energy equation should be implemented. Solution of

this equation can be done simultaneously with solving the Navier-Stokes equations. This will result in a more accurate physical description in the case of boiling.

Begeleiding: Cees van der Geld.

Experimentele BEP/SEP-opdracht

Onderzoek naar instabiel gedrag van een centrifugaalpomp

Algemeen

Centrifugaalpomp van het mixed-flow of axiale type worden ingezet voor toepassingen waarin grote volumes vloeistof worden verpompt bij relatief lage opvoerdrukken. Voorbeelden zijn pompen in poldergemalen en koelwatercircuits van energiecentrales.

Alle axiale pompen en veel van de mixed-flow pompen hebben echter een beperkte inzetbaarheid, omdat in een deel van het mogelijke werkgebied de pomp instabiel gedrag vertoont. Dit wordt veroorzaakt door een zgn. instabiel gedeelte in de QH-karakteristiek van de pomp. Toepassing van de pomp in dit werkgebied kan leiden tot heftige pulsaties in pomp en leidingsysteem.

Hoewel dit verschijnsel uitgebreid is bestudeerd, bestaat nog altijd onduidelijkheid over de oorzaak ervan. Loslating (*stall*) van de stroming aan de schoepen en secundair stroming aan de inlaat van de pomp worden algemeen gezien als de voornaamste redenen. Maar ook het optreden van zgn. *rotating stall* wordt vaak als mogelijke oorzaak van pulsaties genoemd.

In samenwerking met **Wärtsilä Propulsion Netherlands** is een experimentele opstelling gebouwd in het laboratorium van de divisie TFE in GEM-N. Hierin kunnen de wisselende krachten op de as van de pomp worden gemeten.

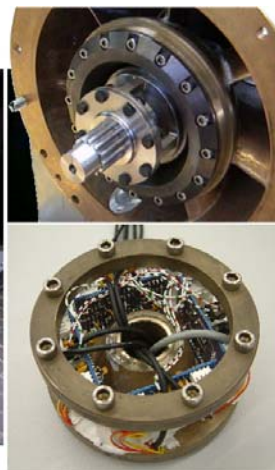
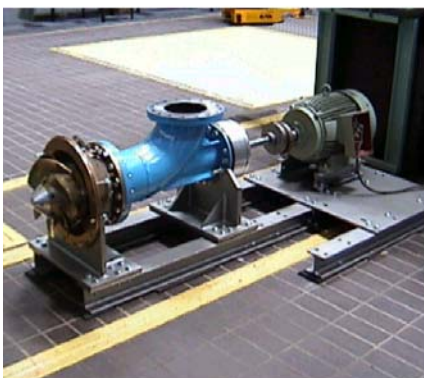


Opdracht

In deze opdracht word je gevraagd om de bestaande experimentele opstelling weer operationeel te maken. Eventueel moeten aanpassingen worden doorgevoerd zodat instantane druk- en krachtmetingen in de modelpomp kunnen worden uitgevoerd. Het doel is om te onderzoeken of instabiliteiten zoals voorkomen in axiale en centrifugale compressoren ook in het instabiele werkgebied van een mixed-flow pomp voorkomen.

De werkzaamheden bestaan uit:

- operationeel maken van de experimentele opstelling
- bestuderen van zgn. "spike en modal stall" in axiale- en centrifugaalcompressoren
- aanpassen van de experimentele opstellingen t.b.v. detectie van instabiliteiten
- uitvoeren van metingen, analyseren van resultaten en vastleggen in een verslag



Inlichtingen : Bart van Esch
GEM-Z 2.138, tel. 3158
b.p.m.v.esch@tue.nl

RANS of two-dimensional droplet-laden Ranque-Hilsch vortex tube.

The Ranque-Hilsch vortex tube (RHVT) is a device where pressurized gas is separated into a cold and a hot stream. The separation occurs without any moving parts. A scheme of the device is presented in figure 1.

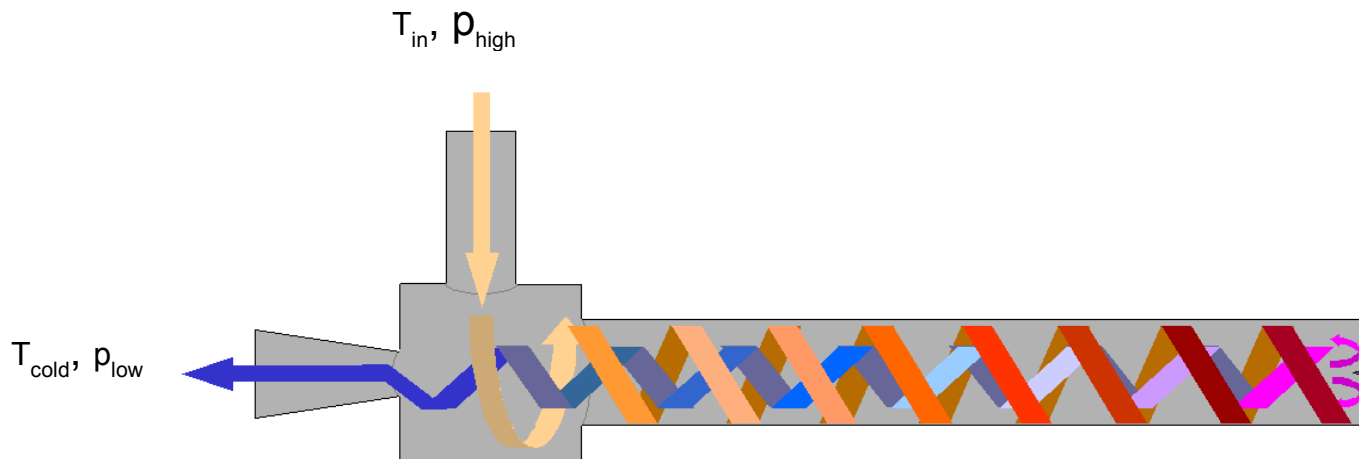


Fig.1. Ranque-Hilsch vortex tube.

The pressurized gas is tangentially injected into the vortex chamber, where it expands. Next, the gas is accelerated and a high swirl occurs. Expansion and a high swirl are good premises to believe that this device can be used as a tool to separate moisture and droplets from the gas.

The main goal of the project is to investigate the behavior of droplets in a two-dimensional domain of the RHVT. The main tasks of the project are as follows:

- creation of the two dimensional mesh of the RHVT in GAMBIT and import to the FLUENT,
- problem setup in FLUENT,
- performing of the simulation with RANS k-epsilon model without droplets,
- post-processing, comparison of the fluid properties with the given data from three-dimensional simulation and experiment.

The previous points have to be done iteratively to investigate the influence of the mesh quality and problem setup on the results. After positive evaluation of the fluid properties obtained by the student, droplets will be implemented. Several droplet properties have to be compared with the given results of the three-dimensional simulation.

Supervision: Wiktor Michałek (GEM-Z 2.139) and Hans Kuerten (GEM-Z 2.136).

Validatie van kookmodellen voor de koeling van een dieselmotor

Description of work to be performed at Eindhoven University,
Faculty of Mechanical Engineering

Zoals in onderstaand stukje te lezen staat is koken cruciaal bij de koeling van dieselmotoren. Met een afstudeerder, Hattie Kroes, hebben we de bestaande modellen voor koken geanalyseerd. Dat heeft geresulteerd in een goed werkend, menu-gestuurd pakket waarmee voor willekeurige condities met alle bestaande modellen op twee na voorspellingen gedaan kunnen worden. Tevens zijn vier grote data-sets geïmplementeerd om de voorspellingen te valideren.

Van U wordt gevraagd eerst deze data-sets uit te breiden met twee andere data-sets. Vervolgens dienen de voorspellingen vergeleken te worden met de experimentele resultaten. Tot slot dienen de laatste twee modellen geïmplementeerd te worden en vergeleken met de overige modellen. Dit laatste voor zover de tijd het toelaat.

Goede verslaglegging al tijdens de stage is een vereiste. De software van Hattie Kroes is beschikbaar en Hattie zal ondersteuning verlenen.

Begeleider: Cees van der Geld



Stageopdracht 'Critical Heat Flux' in opdracht van DAF Trucks N.V.

DAF Trucks N.V. is een dochteronderneming van het Noord-Amerikaanse bedrijf PACCAR Inc. De kernactiviteiten van DAF Trucks in Eindhoven zijn de ontwikkeling, productie, marketing en verkoop van middelzware en zware vrachtwagens. Daarnaast worden ook assen en motoren ontwikkeld en geleverd voor bussen en andere toepassingen.

Momenteel wordt er onder andere gewerkt aan een nieuwe motorgeneratie, de 12.9L PACCAR MX motor.

De levensduur van de cilinderkop van een motor wordt deels door de materiaalt temperatuur bepaald. Hierbij is de koeling van de cilinderkop van de motor een bepalende factor. Voor de koeling wordt een water/glycol mengsel gebruikt.

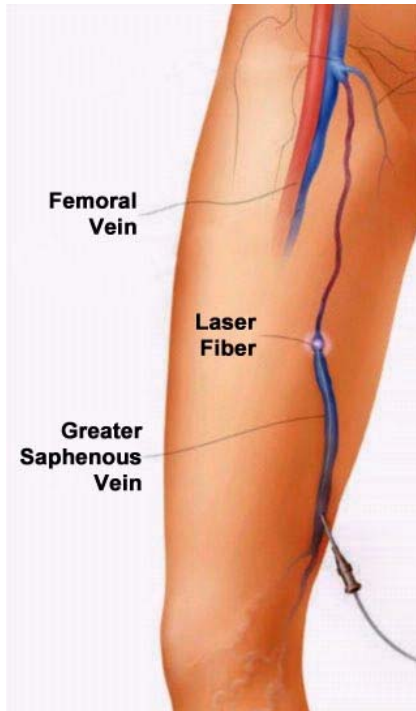
De warmteoverdracht in de cilinderkop wordt gedomineerd door 'Nucleate Boiling'. Door het lokaal verdampen van koelvloeistof wordt met een hoge effectiviteit warmte afgevoerd. Op dit moment zijn bij DAF modellen beschikbaar voor het voorspellen van de warmteoverdracht door "Nucleate Boiling". Deze modellen houden echter geen rekening met het punt waar een overgang plaats vindt naar "Film boiling"; het zgn. "Critical Heat Flux" punt.



PACCAR MX Motor

Measurement of the temperature field generated by laser heating of a Luviscöl-filled mock-up of a human vein

Description of BEP-work to be performed at Eindhoven University,
Faculty of Mechanical Engineering



This is an experimental study of a technique that is commonly used to treat patients with varicose veins, “spataderen”. Elimination of varicose veins such as the Venus Sapphena Magna is possible by pulling a thin laser probe through the vein, see Fig. 1, and burning the vein tight. We cooperate with the Erasmus hospital in Rotterdam, the EMC, and the AMC in a systematic study of temperature and velocity fields occurring with diagnostic therapies of varicose veins.

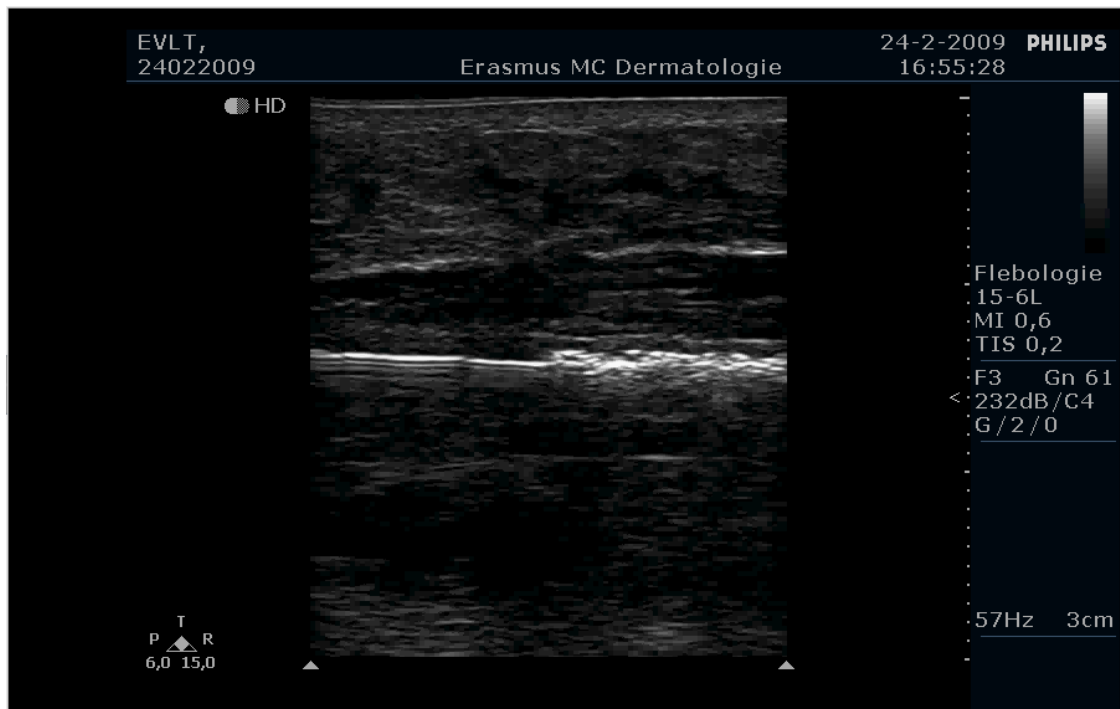
A set-up is available in which a glass (or polymer) tube with a diameter of about 3 mm, or a vein, can be mounted at body pressure, with optical access and with the possibility to measure local temperatures. Couples and a new data-acquisition system are available. Peter van Ruijven wrote his MSc thesis on experiments and on a numerical model of the transient temperature fields generated. A BEPper wrote a report on the constitution of the gas boiling bubbles generated in the process, see Fig. 2. The laser is made available by the EMC while also direct support is

given by a supplier with a nearby residence, Valkenswaard. Experimental guidance is given by Renate van den Bos, a doctor from EMC, Cees van der Geld (TUE), Martin van Gemert, from AMC, Brend van Deurzen, a MSc student working on a related topic, by Marc Willekens (TUE) and by Tamar Nijsten, a doctor from EMC.

The main task is to perform and analyze measurements of the temperature field with thermocouples at fixed positions. The drawback of the measurements performed by Peter van Ruijven was the possibility for the thermocouples to move in the domain. These thermocouples were introduced parallel to the laser which prevented damage but made it possible for the couples to change position during the process. It is possible to fix the position of the thermocouples by using not glass tubes but polymer tubes, drill holes in the tube and put the couples through the holes up to the desired location. By sealing or gluing repositioning is prevented.

The following steps can be specified:

1. Become familiar with method and analysis by reading manuals, reports and publications and by repeating simple experiments, with the help of people mentioned above.



2. Redesign the present test set-up to fix couples in the way indicated in the above.
3. Perform new measurements with the steam-injection unit. Use only a high viscous fluid, Luviscöl, to prevent convection of the fluid while keeping the set-up transparent. Peter van Ruijven did also measurements with blood, but this is not the intention at present.
4. Analyze the new measurements, including error analysis.
5. Report all the above efforts carefully in a written account fully documented with appendices.

Available literature: MSc report of Peter van Ruijven; manual of the supplier; three publications of the EMC-AMC-TUE project group.

Available hardware: medium-speed camera (250 Hz), high-speed camera, test section with thermocouples and data acquisition system.

Guidance: on arrival, Brend van Deurzen and Marc Willekens will assist. On February 9th Cees van der Geld will return from a work-sabbatical. Renate van den Bos, Tamar Nijsten (EMC) and Martin van Gemert will be happy to assist on request, after making appointments.