كليه الهندسة

قسم هندسة القوى الميكانيكية

استخدام ديناميكا الموائع الحسابية لمحاكة السريان فى طبقة التبريد السطحية

رسالة مقدمة للحصول على الماجستير فى هندسة القوى الميكانيكة

مقدمة من

م/عمرو اسماعيل حسين مبارز

تحت اشراف

ا.د/احمد رضا الباز

قسم هندسة القوى الميكانيكية

كلية الهندسة – جامعة عين شمس

ا.د/لمياء الجابرى

قسم الهندسة الميكانيكية

كلية الهندسة – الجامعة الامريكية بالقاهرة

جامعة عين شمس

كليه الهندسة

قسم القوى الميكانيكية

إسم الطالب : عمرو اسماعيل حسين مبارز

إسم الدرجة: ماجستير

عنوان الرسالة: استخدام ديناميكا الموائع الحسابية لمحاكة السريان فى طبقة التبريد السطحية

لجنة المناقشة و الحكم

أ.د./اسامه عزت عبد اللطيف (.....)

كليه الهندسة– جامعةشبرا – ج.م.ع

أ.د./عبدالعزيز مرجان عبد العزيز (.....)

كليه الهندسة – جامعة عين شمس –ج م.ع

أ.د./أحمد محمد رضا الباز (.....)

كليه الهندسة – جامعة عين شمس – ج.م.ع

د/لمياء عبد العال الجابرى (.....)

كليه الهندسة – الجامعة الامريكية _ ج.م.ع

جامعة عين شمس

كليه الهندسة

قسم القوى الميكانيكية

إسم الطالب : عمرو اسماعيل حسين مبارز

إسم الدرجة: ماجستير

عنوان الرسالة: لستخدام ديناميكا **الموائع** الحسابية **لمحاكة** السريان **فى طبقة** التبريد السطحية

لجنة الاشراف:

أ.د./أحمد محمد رضا الباز

د./لمياء عبدالعل الجابرى

الدراسات العليا:

ختم الاجازة: أجيزت الرسالة بتاريخ / /

موافقة مجلس الكلية **موافقة مجلس الجامعة**

/ / / /

تعريف بمقدم الرسالة

الاسم :عمرو اسماعيل حسين مبارز

الدرجة الجامعية الاولى: بكالوريس الهندسة

التخصص:ميكانيكا قوى

الجهة المنحة: كليه الهندسة-حامعة عين شمس

تاريخ المنح: يونيو ٢٠٠٨

التقدير العام :جيد

التوقيع:.....

التاريخ:.....

شكر و تقدير

أتقدم بالشكر للسادة الاساتذة الذين قاموا بالاشراف على الرسالة على مساندتهم لى علميا و معنويا و هم:

أ.د./أحمد رضا الباز

د./ لمياء عبدالعال الجابرى

و اتقدم بعظيم الشكر الى والدى و حميع افراد اسرتى على مساندتهم الدائمة لى

عمرو اسماعيل مبارز

ملخص

تقوم هذه الدراسة باجراء التحقيق العددي ثنائي الأبعاد لفعالية غشاءالتبريد ل لنموذج يعبر عن ريشه التربينه. ويتكون هذا النموذج من نصف اسطوانة مع جسم مسطح ، تميل فتحه التبريد بزاوية ٢١.٥ درجة إلى حافة النموذج .

تم تقديم مقدمة مختصرة عن تتطور الابحاث فى مجال الـــتبريد الغشائى و تم ايضا مناقشة ظهور فكرة استخدامالسريان المتذبذب بدلا من السريان المستمر لهواء التبريد تم ايضا مناقشة العوامل الرئيسية المؤ ثرة على كفاءة تبريد.

تم استعراض المعادلات الحاكمة المستخدمه فى ديناميكا الموائع الحسابية تم التاكد من صلاحية نموذج المحاكاة المستخدم عن طريق مقارنه بتائج تجارب عملية سابقة.

نفذت عمليات المحاكاة لنسب نفخ تتراوح بين٠.٧٥، ٢ -. ومثل الاضطراب باستخدام نموذج المحاكاة k-ω sst. كماتمت دراسة استخدام السريان المتذبذب لهواء التبريد و مقارنة النتائج مع السريان المستمر و قد قام السريان المتذبذب بتحقيق فعالية تعادل فعاليه السريان المستمر ، ولكن مع انخفاض كميه الهواء المبرد العام ، وبالتالي تعزيز كفاءة التوربينات.

Ain Shams University

Faculty of Engineering

Mechanical power department

CFD Simulation of Film Cooling flow

By

Amr Mobarez
B.Sc. Mechanical Power Engineering
Ain Shams University

A Thesis

Submitted in Partial Fulfillment of the Degree of Master
of Science in Mechanical Power Engineering

Prof. Ahmed El Baz
Mechanical Power Department
Faculty of Engineering
Ain Shams University

Dr. Lamyaa Abdelaal El Gabry
Mechanical Department
Faculty of Engineering
American University in Cairo

EXAMINERS COMMITTEE

The undersigned certify that they have read and recommend to the faculty of Engineering, for accepting the thesis entitled "CFD Simulation of Film Cooling flow" , submitted by Amr Ismail Mobarez, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in mechanical power Engineering.

1. **Prof. Dr. Osama Ezzat Abdellatif** (……..)

   Faculty of Engineering

   Shobra University

   Cairo – Egypt

2. **Prof. Dr. Abdelaziz Morgan Abdelaziz** (……..)

   Faculty of Engineering

   Ain Shams University

   Cairo – Egypt

3. **Prof. Dr. Ahmed Reda Elbaz** (……..)

   Faculty of Engineering

   Ain Shams University

   Cairo – Egypt

4. **Dr. lamyaa Abdelaal Elgabry** (……..)

   Faculty of Engineering

   American University

   Cairo – Egypt

STATEMENT

This dissertation is submitted to Ain Shams University for the degree of Master of Science in Mechanical power Engineering.

The work included in this thesis has been carried out by the author at the department of Mechanical Power Engineering, Ain Shams University, during the period from 2010 to 2015.

No part of this thesis has been submitted for a degree or a qualification at any other university or institution.

Name : Amr Ismail Hussien Mobarez

Signature :

Date : / /

ACKNOWLEDGMENTS

First and foremost, praise and thanks to Almighty Allah, the most Merciful, and peace be upon his prophet.

I would like to express my deepest gratitude to my father and mother for their endless support and continuous assistance and encouragement, also to my wife and son for their help and patience.

I also greatly appreciate the help and guidance provided by Prof. Dr. Ahmed Reda Elbaz and Dr. Lamyaa Abdelaal Elgabrey throughout all stages of the research.

Amr Ismail Mobarez

ABSRACT

This study is a two-dimensional numerical investigation of the effectiveness of film cooling for a turbine blade leading-edge model with a single cooling configuration. The model consists of a half cylinder with a flat after-body. Multi-block grids were generated using ICEM, and the flows were simulated using the flow solver Fluent. Simulations were carried out for Blowing ratios, B.R, ranging from 0.75 to 2.0. Turbulence was modeled using the k-ω shear-stress transport (SST) model. The values obtained for effectiveness were far from those obtained by experimental investigation due to the absence of the span wise averaging but still agrees with the findings B.R=1 gives the highest film cooling effectiveness .Also the concept of pulsing the coolant flow was Implemented so as to achieve film-cooling effectiveness equivalent to that with constant cooling, but with reduced overall coolant air, thereby enhancing turbine efficiency. Pulsed Cooling with pulsing frequency PF = 10Hz, and duty cycle DC = 50% was investigated and after time averaging it shows the exact same behavior as the continuous flow. Two other angles (20°, 24°) were investigated the 21.5° coolant shows better film cooling effectiveness

Table of contents

EXAMINERS COMMITTEE……...…I

STATEMENT……..…… I I

ACKNOWLEDGMENTS……...…III

ABSTRACT…….....…...…IV

TABLE OF CONTENTS…….....…VI

LIST OF FIGURES ……..……...…X

LIST OF TABLES…….....…XV

NOMENCLATURE…….....…XVI

ABBREVIATIONS…….....… XVI I

CHAPTER 1- INTRODUCTION

1.1 Motivation……...1

1.2 Objectives of current work…….……....6

1.3 Layout of the thesis ……..……..……...…...7

CHAPTER 2 – LITERATURE REVIEW

2.1 Dynamics of a jet in a cross flow……...… 8

2.2 Introduction to film cooling...…….…….……11

2.3 Leading-Edge film cooling……..…..…….....15

2.4 Choice of turbulence model …….…….....18

CHAPTER 3 – GOVERNING EQUATIONS AND NUMERICAL SOLUTION TECHNIQUE

3.1 Governing equations and solution procedure …..…….22

3.2 Geometry and grid generation for film cooling model……..31

3.3 Grid dependency study for film cooling model…….....37

3.4 Geometry and grid generation for the validation case …...……..38

3.5 User-Defined wave form for pulsing coolant flow……...…….....42

CHAPTER 4 – RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Introduction…….…….....43

4.2 Validation of numerical solution…….…….....44

4.3 Effect of blowing ratio on continuous film cooling effectiveness……..……52

4.4 Single-slot pulsed film-cooling …….....62

4.5 Effect of coolant angle for single-slot continuous film-cooling …….…....69

CHAPTER 5 – CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS FOR FUTURE WORK

5.1 Conclusions …….……...….....73

5.2 Recommendations for future work…….……...74

References……...……..……..75

NOMENCLATURE

B.R	Blowing ratio for the continuous coolant case = $\rho_c U_c / \rho_\infty U_\infty$
D	Leading edge diameter
DC	Duty cycle (%) = valve open time / cycle time
Fr	Frossling number = $Nu / Re^{1/2}$
h	local heat transfer coefficient (W/m^2K)
h	Width of cooling slot (mm)
k	Thermal conductivity (W/m-K)
Nu	Nusselt number based on leading edge diameter $N_u = \frac{h D}{K}$
PF	Pulsing frequency (Hz) = 1 / cycle time
R	Radial distance
R	Velocity ratio
Re	Free-stream Reynolds number ($U_\infty D / \upsilon$)
R_o	leading edge radius
s	Arc length from the stagnation line (m)
T	Temperature (K)