THE EFFECT OF SURFACE SCALLOPING ON FLOW HYDRODYNAMICS AND PRESSURE DROP

Mr. Chaiwat Lertsurasakda

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
The Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University
in Academic Partnership with
The University of Michigan, The University of Oklahoma,
Case Western Reserve University and Institut Français du Pétrole
2007

Thesis Title:	The Effect of Surface Scalloping on Flow Hydrodynamics and Pressure Drop
By:	Chaiwat Lertsurasakda
Program:	Petrochemical Technology
Thesis Advisors:	Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon
	Prof. Derek H. Lister
	Prof. Frank R. Steward

Accepted by the Petroleum and Petrochemical College, Chulalongkorn University, in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science.

Nantaya Yanumet ..... College Director

(Assoc. Prof. Nantaya Yanumet)

Thesis Committee:

.....

(Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon)

.....

(Prof. Derek H. Lister)

.....

(Prof. Frank R. Steward)

.....

(Assoc. Prof. Pramoch Rangsunvigit)

Kitipat Siemanond .....

(Assist. Prof. Kitipat Siemanond)

ABSTRACT

4871007063 Petrochemical Technology Program
Chaiwat Lertsurasakda: The Effect of Surface Scalloping on Flow Hydrodynamics and Pressure Drop
Thesis Advisors: Assoc. Prof. Thirasak Rirksomboon, Prof. Derek H. Lister, and Prof. Frank R. Steward 58 pp.
Keywords: Scallop/ Pressure drop/ Hydrodynamics/ Corrosion/ Roughness/ CFD/ FLUENT

Scalloping, a texturing of a corroding surface that imparts the appearance of orange peel, is commonly observed in the area exposed to the flow assisted-corrosion. The effects of surface scalloping on flow hydrodynamics and pressure drop remain unclear. The scalloped surface characteristics are believed to be mainly a function of flow hydrodynamics. On the other hand, the special surface characteristics of the scallop are also believed to change the hydrodynamics which affects the pressure drop. In this thesis, two dimensional (2D) scalloped surface was studied. The experiments were conducted in an atmospheric-pressure, recirculating loop. The internal surface of the acrylic test section was machined into scalloped surfaces. Static pressure was measured along the test section with various Reynolds numbers of flow. Flow separation causing flow recirculation was observed in congruence with a previous study. Flow hydrodynamics simulated by CFD code - Fluent 6.3.26 was validated with the experimental results and SST k-ω is the most appropriate viscous model. It was found that the pressure drop of 2D scalloped surface was proportional to its surface area but was not a function of scalloped distribution. The von Karman equation for fully roughness in turbulence flow cannot be used to predict the friction factor for the scalloped surface accurately and the values of friction factor obtained from backward and forward flows on the scalloped surface were unidentical even though the roughness was the same.

บทคัดย่อ

ชัยวัฒน์ เลิศสุรศักดา : ผลกระทบของพื้นผิวชนิดสแกลอปต่อคุณสมบัติการไหลของน้ำและความดันลดของระบบ (The Effect of Surface Scalloping on Flow Hydrodynamics and Pressure Drop) อ.ที่ปรึกษา :รศ.ดร.ธีรศักดิ์ ฤกษ์สมบูรณ์, ศ.ดร.ดีเรก เอช ลิสเตอร์ และ ศ.ดร.แฟรงค์ อาร์ สจ้วต 58 หน้า

พื้นผิวชนิดสแกลอปเป็นพื้นผิวซึ่งมีลักษณะคล้ายเปลือกส้มที่เกิดจากการกัดเซาะโดยของไหลมีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรง ปัจจุบันผลกระทบของพื้นผิวชนิดสแกลอปต่อคุณสมบัติการไหลของของไหลและความดันลดของระบบยังไม่เป็นที่เข้าใจแน่ชัด เชื่อกันว่าคุณสมบัติการไหลของของไหลเป็นตัวการสำคัญในการกำหนดคุณลักษณะของพื้นผิวชนิดสแกลอป ในทางกลับกัน เชื่อว่าพื้นผิวชนิดพิเศษนี้สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติการไหลของของไหลซึ่งส่งผลกระทบต่อความดันลดของระบบได้/ งานวิจัยนี้ศึกษาพื้นผิวชนิดสแกลอปแบบสองมิติในระบบที่มีการหมุนวนของของไหลที่ความดันคงที่ โดยกลึงพื้นผิวภายในท่อออคริลิคให้เป็นพื้นผิวแบบสแกลอป ทำการวัดความดันลดหลายตำแหน่งต่างๆตามความยาวท่อทดลองที่ค่าเรย์โนต่างๆของของไหล จากการทดลองพบว่าเกิดการแยกไหลของของไหล ส่งผลให้เกิดบริเวณที่ของไหลเกิดการหมุนวน ได้จำลองคุณสมบัติการไหลของของไหลโดยโปรแกรมฟลูเอน (FLUENT) พบว่ามีความถูกต้องตรงกลับผลการทดลองโดยที่โมเดลความหนืดชนิด เอสเอสที เคโอเมกา ให้ความถูกต้องแม่นยำที่สุดในการทำนายคุณสมบัติการไหลของของไหล จากการทดลองพบว่าความดันลดของพื้นผิวชนิดสแกลอปแบบสองมิตินั้นแปรผันตามพื้นที่ของพื้นผิวชนิดสแกลอปโดยที่การกระจายตัวของพื้นผิวแบบสแกลอปนั้นแทบจะไม่มีผลต่อความลดของระบบ สมการวอน คาแมน (von Karman) ที่ใช้สำหรับพื้นผิวที่ขรุขระมากในการไหลแบบปั่นป่วนไม่สามารถใช้ทำนายการไหลได้ นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดที่คำนวณได้จากการทดลองที่ใช้ของไหลวิ่งไปข้างหน้า และ ของไหลวิ่งย้อนกลับมีค่าไม่เท่ากันทั้งที่ค่าความขรุขระมีค่าเท่ากัน

ACKNOWLEDGEMENTS

First of all, I would like to give special thanks my supervisors, Dr. Thirasak Rirksomboon, Dr. D. H. Lister and Dr. Frank R. Steward for an opportunity given to me to do this work. I'm grateful for your kindness and guidance.

I want to thank Chien-ee Ng for his practical advises and endless creative idea. I appreciate his professional and willing to help. Feicht Andrew is thanked for all the helps and suggestions. The experiment will be much more difficult without him.

I thank Keith and Jody from chemical engineering shop who always provide technical supports with kindness. I would like to thank Dr. Kishawy for allows me to use the CNC Lethe which is necessary for the project. Pang Lei is thanks for his friendly technical support for the CNC Lethe.

Big thanks come to my friends in chemical engineering department, UNB for a very nice friendship and care about where I slept last night. I thank all of my PPC friends for their support and care. They are such a nice friend.

I thank Thai community in Fredericton for their warm welcome, helps and support. Kittima Khum sa-ang is thanked for her helps in machining and polishing.

My family is a source of my power. Their unconditional love and support are a driving force for me to have everything that I have today. I would like to say thank you.

I want to say thank you very much to Ratchanee Patcharasaksakol for her care and love. Since she was here, I never feel lonely or loose my stimulation in my work.

Finally, this thesis work is partially funded by the Petroleum and Petrochemical College; and the National Excellence Center for Petroleum, Petrochemicals, and Advanced Materials, Thailand.

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER PAGE

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES

FIGURE **PAGE**

FIGURE **PAGE**

ABBREVIATION

2D	Two dimension
3D	Three dimension
CFD	Computational fluid dynamic
DES	Detached eddy simulation
FAC	Flow-assisted corrosion
LES	Large eddy simulation
Re	Reynolds number
SST	Shear-stress transport
R	Realizable
RNG	Renormalization-group
RSM	Reynolds Stress Model

LIST OF SYMBOL

ε	Turbulence dissipation rate (epsilon)
ω	Specific dissipation rate (omega)
ϵ	Roughness height
ρ	Density
Δp	Pressure drop
μ	Viscosity
d	Diameter
f	Friction factor
g	Specific gravity
h_f	Surface energy lost
k	Turbulence kinematics viscosity
L	Characteristic length
V	Velocity