การประมาณค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองอย่างง่ายสำหรับ
การทำนายประสิทธิภาพการจับแอโรซอลบนเส้นใยที่มีฝุ่นเกาะ

นาย อดิศร อารีพันธุ์

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-791-2

PARAMETER ESTIMATION OF A SIMPLIFIED MODEL FOR PREDICTING AEROSOL COLLECTION EFFICIENCY ON A DUST-LOADED FIBER

Mr. Adisorn Areephant

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1996
ISBN 974-633-791-2

Thesis Title	PARAMETER ESTIMATION OF A SIMPLIFIED MODEL FOR PREDICTING AEROSOL COLLECTION EFFICIENCY ON A DUST-LOADED FIBER
By	Adisorn Areephant
Department	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Tawatchai Charinpanitkul, Dr.Eng.
Co-advisor	Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

.... Dean of Graduate School

(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee

....Chairman

(Professor Piyasan Praserthdam, Dr.Ing.)

....Thesis Advisor

(Tawatchai Charinpanitkul, Dr.Eng.)

....Thesis Co-Advisor

(Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Ph.D.)

....Member

(Deacha Chatsiriwech, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อดิศร อารีพันธุ์ : การประมาณค่าตัวแปรเสริมของแบบจำลองอย่างง่าย สำหรับการทำนายประสิทธิภาพการจับแอโรซอลบนเส้นใยที่มีฝุ่นเกาะ (PARAMETER ESTIMATION OF A SIMPLIFIED MODEL FOR PREDICTING AEROSOL COLLECTION EFFICIENCY ON A DUST-LOADED FIBER) อ.ที่ปรึกษา : ดร. ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, 165 หน้า.
ISBN 974-633-791-2

การเติบโตของเดนไดร์ตบนเส้นใยเดี่ยวในไส้กรองอากาศ เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของประสิทธิภาพการจับอนุภาค พร้อมๆ กับการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของความดันลด ตามเวลาการกรอง แบบจำลองเชิงดิเทอร์มินิสติกของการเติบโตของเดนไดร์ตซึ่ง ดร.วิวัฒน์ และคณะได้พัฒนาขึ้น บนพื้นฐานของดุลประชากร ถูกดัดแปลงสำหรับการจับอนุภาคโดยการแพร่พาและการกระทบจากแรงเฉื่อย ค่าตัวแปรเสริมที่เหมาะสมของแบบจำลองดังกล่าวนี้ สามารถประมาณโดยการเปรียบเทียบกับผลการจำลองเชิงสโตแคสติก การประมาณค่าอาศัยวิธีซิมเพล็กแบบไม่เป็นเส้นตรง เพื่อหาตำแหน่งที่ให้ค่าต่ำสุดของฟังก์ชันเป้าหมาย ซึ่งเป็นผลต่างกำลังสองของการกระจายตัวของเดนไดร์ตระหว่างแบบจำลองนี้กับแบบจำลองเชิงสโตแคสติกครั้งก่อน การกระจายตัวของเดนไดร์ตที่ทำนายได้โดยแบบจำลองนี้ สอดคล้องได้ดีกับของแบบจำลองเชิงสโตแคสติก ที่ค่าพารามิเตอร์น้อยๆ ของการสกัดกั้น แต่สอดคล้องกันปานกลางที่ค่าพารามิเตอร์ค่อนข้างมากของการสกัดกั้น ชุดค่าตัวแปรเสริมที่เหมาะสม และค่าอัตราการเพิ่มของประสิทธิภาพการจับอนุภาค จะขึ้นกับสภาวะการกรอง นั่นคือ ค่าพารามิเตอร์ของการสกัดกั้น และค่าตัวเลขเพคเลทสำหรับการแพร่พา หรือค่าพารามิเตอร์ของการสกัดกั้น และค่าตัวเลขสโตกซ์สำหรับการกระทบจากแรงเฉื่อย อนึ่งแบบจำลองนี้ยังใช้หน่วยความจำคอมพิวเตอร์ และเวลาการคำนวณน้อยมากๆ กว่าแบบจำลองเชิงสโตแคสติก

ภาควิชา ....วิศวกรรมเคมี........ ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ....วิศวกรรมเคมี........ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

ปีการศึกษา ......2538...... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C716899 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: PARAMETER ESTIMATION/ AEROSOL COLLECTION/ DUST-LOADED FIBER/ DIFFUSION/ INERTIA

ADISORN AREEPHANT : PARAMETER ESTIMATION OF A SIMPLIFIED MODEL FOR PREDICTING AEROSOL COLLECTION EFFICIENCY ON A DUST-LOADED FIBER. THESIS ADVISOR : TAWATCHAI CHARINPANITKUL, Dr. Eng., THESIS CO-ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 165 pp. ISBN 974-633-791-2

The growth of dendrite on a fiber in an air filter causes the particle collection efficiency along with the pressure drop to increase rapidly with filtration time. The deterministic dendritic growth model which Dr.Wiwut et al. developed on the basis of population balance was modified for particle deposition via convective diffusion and via inertial impaction. The optimal parametric values of the model could be estimated by comparison with the stochastic simulation results. The non-linear simplex method was used to estimate the set of values that minimized the objective function, which is the squared difference of the dendrite distribution between the present model and the previous stochastic model. The dendrite distribution predicted by the model agreed well with that of the stochastic model at a small interception parameter R but fairly well at a large R. The set of optimal parameters and the collection efficiency raising factor depended on the filtration conditions namely, R and Pe for convective diffusion, or R and St for inertial impaction. By the way, the present model also required much less computer memory and consumed much less computational time than the stochastic model.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to express his gratitude to his thesis advisor, Dr. Tawatchai Charinpanichkul, and co-advisor, Professor Wiwut Tanthapanichkoon, for their encouraging guidance and suggestions throughout this study. Their comments and suggestions not only provide valuable knowledge but also widen his perspective in practical applications. Much of the work here is related to Prof. Kanaoka's previous work, which includes the collaborative work between Prof. Kanaoka and Prof. Wiwut initiated some years ago.

The author thanks Professor Piyasan Praserthdam and Dr. Decha Chatsiriwech for their stimulating comments and participation as thesis committee. The author would like to thank to Professor Chikao Kanaoka, Dr. Montree Wongsri Dr. Tarathron Mongkonsri and Dr.Jirdsak Tscheikuna for their helpful suggestions to this study.

The excellent facilities and financial support from The Asahi Glass Foundation Japan and the Graduate School, Chulalongkorn University are duly acknowledged.

Furthermore, the author would like to extend his most sincere gratitude to his parents for their moral and financial support.

Finally, the author would like to thank his friends and both Process System Engineering and Powder Technology Laboratory members who have encouraged him to pursue this study.

CONTENTS

LIST OF FIGURES

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

Page

LIST OF TABLES

Page

NOMENCLATURE

$A(t)$ = fluctuating term (m/s)

C_m = Cunnigham's correction factor (-)

d_f = fiber diameter (m)

d_p = particle diameter (m)

D_{BM} = diffusion coefficient (= $\frac{C_m kT}{3\pi\mu D_p}$) (m^2/s)

e_N = coefficient of effective capture area of a single dendrite of size N (-)

e'_N = coefficient of effective shadow area of a dendrite of size N (-)

E = particle collection efficiency of filter (-)

Gr = gravitation settling parameter (=$\frac{U_\infty}{V_g}$) (-)

h = thickness of filter (m)

H = half height of generation plane (-)

Ii = unit vector (-)

K = hydrodynamic factor (-)

K = position vector (m)

L = Sample size (-)

m = dust load in a unit filter volume (kg/m^3)

M = maximum dendrite size of interest (-)

n = number of fibers (-)

n = number concentration of aerosol particles ($-/m^3$)

n = standard normal random vector = (n_x,n_y,n_z)

N = total number of sampling points (-)

N_{gen} = number of incoming particles per unit dimensionless fiber length up to time t (-)

Pe = Peclet number (=$\frac{D_f U_\infty}{D_{BM}}$) (-)

P_N = number of dendrites of size N per unit dimensionless fiber length (-)

R = interception parameter (d_f/d_p) (-)

R_c = dimensionless radius of Kuwabara's cell (-)

R_f = radius of fiber (m)

R_p = radius of particle (m)

S' = total area directly and indirectly (shadowed) by the dendrites (-)

S_N = effective capture area of an incoming particle by dendrite of size N (-)

St = Stoke number (= $\frac{C_m U_\infty \rho_p d_p^2}{9\mu d_f}$) (-)

t = time (s)

Δt = time step (s)

u = fluid velocity (-)

U_X = fluid velocity in x-direction (-)

U_Y = fluid velocity in y-direction (-)

U_Z = fluid velocity in z-direction (-)

U_∞ = approach velocity of air (m/s)

v = particle velocity (-)

V_g = settling velocity (m/s)

x = x-coordinate (m)

X = dimensionless x-coordinate (-)

y = y-coordinate (m)

Y = dimensionless y-coordinate (-)

z = z-coordinate (m)

Z = dimensionless z-coordinate (-)

Greek symbols

α = packing density of filter (-)

β = mobility of particle (-)

η = particle collection efficiency (-)

η_0 = single fiber collection efficiency (clean surface) (-)

λ = collection efficiency raising factor (kg/m^3)

ω = weighting factor in equation (7) (-)

μ = viscosity of air (Pa.s)

ρ_p = particle density (kg/m^3)

σ = scale length (-)

ψ = stream function (-)

Subscripts

R = interception

D = diffusion

f = fiber

G = gravitaion

i = ith step

I = inertia

o = initial

p = particle

sto = stochastic simulation

i = size of dendrites

x = x-direction

y = y-direction

z = z-direction

Superscripts

j = sampling point