การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์

นางสาวระพีพร มหาแสน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการทางวิศวกรรม
ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-922-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 3 มิ.ย. 2545
I16506562

THE ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE SHRINKAGE OF RECIRCULATION FILTER

Miss Rapeeporn Mahasaen

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management
The Regional Center for Manufacturing Systems Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-639-922-5

Thesis Title	The Analysis of Factors Affecting the Shrinkage of Recirculation Filter
By	Miss Rapeeporn Mahasaen
Programme	Engineering Management
Thesis Advisor	Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.
Thesis Co-advisor	Miss Omjai Uthaiwattananon

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

..... Dean of Graduate School
(Professor Supawat Chutivongse, M.D.)

THESIS COMMITTEE

..... Chairman
(Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr.Ing)

..... Thesis Advisor
(Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.)

..... Thesis Co-advisor
(Miss Omjai Uthaiwattananon)

..... Member
(Parames Chutima, Ph.D.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้แต่เพียงแผ่นเดียว

ระพีพร มหาแสน : การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์ (THE ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE SHRINKAGE OF RECIRCULATION FILTER) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นางสาวออมใจ อุทัยวัฒนานนท์ ; 154 หน้า. ISBN 974-639-922-5.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอผลของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์สำหรับฮาร์ดดิสก์ โดยศึกษาในชนิดของฟิลเตอร์สองชนิดและแยกศึกษาการหดตัวในทิศทางตามความกว้างและความยาวของแต่ละชนิดวัสดุ การศึกษาทำในขั้นตอนการตัดและเชื่อมแผ่นฟิลเตอร์ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ที่มีขนาดตามที่ต้องการ

การศึกษาเริ่มต้นจากเลือกปัจจัยต่าง ๆที่สามารถควบคุมได้โดยใช้แผนภูมิเหตุและผล การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (The Analysis of Variance : ANOVA) เพื่อให้ได้เฉพาะปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์ หลังจากนั้น จึงศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านั้นต่อการหดตัวของฟิลเตอร์ในรูปแบบของสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกและลดระยะเวลาในการทำแม่พิมพ์ในการตัดรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์

ในส่วนของการคำนวนของการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์นี้ ใช้โปรแกรมทางสถิติ Minitab ซึ่งใช้แนวคิดของการทดสอบสมติฐาน และความมีอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ

จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์ คือ ความกว้างของแนวเชื่อม (edge seal), ความกว้างของใบมีด (cutting edge) และแอมปลิจูด (amplitude) ของพลังงานที่ใช้ในการตัดและเชื่อม อย่างไรก็ตามพบว่า ในบางวัสดุที่บางสภาพของการตัด (cutting condition) มีปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ซึ่งไม่ได้รวมอยู่ในของเขตของการศึกษาครั้งนี้มีอิทธิพลต่อการหดตัวของรีเซอร์คูเลชั่นฟิลเตอร์มากกว่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ...ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต... ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา ...การจัดการทางวิศวกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา ...2541..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C819339 : MAJOR ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD: MULTIPLE REGRESSION / CONFIDENCE INTERVAL / PREDICTION INTERVAL / ANOVA / RECIRCULATION FILTER

RAPEEPORN MAHASAEN : THE ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE SHRINKAGE OF RECIRCULATION FILTER. THESIS ADVISOR : PROF. SIRICHAN THONGPRASERT, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : MISS OMJAI UTHAIWATTANANON. 154 pp.
ISBN 974-639-922-5.

This study represents an analysis of factors affecting the shrinkage of recirculation filter for hard disk drive by studying two types of Filtrete™ in length and width directions per each type of filters. The study is done at cutting and welding process to get pieces of filter with the required size.

An analysis started from selecting controllable factors from Cause-and-Effect diagram, and analysis of variance (ANOVA) in order to get factors that have significant influence on the shrinkage of recirculation filter. Then, the relationship of those factors was studied and the percent shrinkage in the format of multiple regression was determined in order to facilitate and reduce the period of making die.

In addition, in calculation part of this study, the statistical software called "Minitab" was used. The study was based on hypothesis testing approach and the influent of factors.

From the analysis, factors that have effect on the shrinkage of recirculation filter are edge seal, cutting edge of die, and amplitude of the energy input. However, in some condition of some material, there was also other factors, not covered in the scope of this study, which had more influence on the shrinkage of recirculation filter.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 1998 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

ACKNOWLEDGEMENTS

I wished to express my deepest sincere appreciation to Prof. Dr. Sirichan Thongprasert for her supervision, patient advised and support during the cause of this thesis. Her help during most difficult time is something that can not be expressed in words.

Special thanks and sincere appreciation is also conveyed to Miss Omjai Utaiwattananon for giving me the permission to carry out this study, her advised and support me throughout this thesis.

My indebted appreciation to Associate Professor Dr. Tatchai Sumitra and Dr. Parames Chutima for their constructive comments and valued suggestions as the members of the thesis examination committee.

In addition, I would like to thank my colleagues, Chankij Suwannakij and Filtration Converting staffs, for helping me to deeply understand the problem, quick response for equipment and experimental needed, cutting my test pieces and their corporation.

My most special thanks go to my Mom and Dad for their love, understanding, patiently waiting, morale and support during my study, to my beloved Yutana Song-Ngendee for making time here be the most memorable one for me.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	Pages
ABSTRCT (THAI)	iv
ABSTRACT (ENGLISH)	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	xi
LIST OF FIGURES	xii
LIST OF ABBREVIATIONS	xiii
CHAPTER I : INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.1.1 The Manufacturing Process	3
1.1.2 Principle of Ultrasonic Welding	4
1.2 Statement of the Problem	6
1.3 Objective of Study	7
1.4 Scope of Study	7
1.5 Procedure	7
1.6 Benefits of the Study	8
1.7 Literature Review	8
CHAPTER II : THEORITICAL CONSIDERATION	12
2.1 Filter and Its Application	12
2.1.1 Application of Filter	12
2.1.2 Application of Filter in HDD	14
2.1.2.1 Contamination in HDD	14
2.1.2.2 Sources of Contamination	15
2.1.2.3 Recirculation Filter in HDD	16
2.1.2.4 HDD Recirculation Filter Manufacturing Process	18
2.1.3 Cleanroom	19
2.1.3.1 Specification of Cleanrooms	19
2.1.3.2 Application of Cleanrooms	20
2.2 Design of Experiment	21
2.2.1 The Basic Principle of the Design of Experiment	22

CONTENTS (cont.)

	Pages
2.2.1.1 Replication	22
2.2.1.2 Randomization	23
2.2.1.3 Blocking	23
2.2.2 Outline for Designing Experiments	24
2.2.3 Type of Experimental Design	24
2.2.3.1 Completely Randomized Design	24
2.2.3.2 Randomized Block Design	25
2.2.3.3 The Latin Square Design	25
2.2.3.4 Factorial Designs	26
2.3 The Analysis of Variance	27
2.3.1 Components of a Formal Hypothesis Test	27
2.3.2 One-Way ANOVA with Equal Sample Sizes	31
2.3.3 One-Way ANOVA with Unequal Sample Sizes	33
2.3.4 Two-Way ANOVA	37
2.3.5 Summarize Used of the ANOVA Method	40
2.4 Multiple Linear Regression	41
2.4.1 Test for Significance of Regression	41
2.5 Confidence Interval and Prediction Interval	44
2.5.1 Confidence Interval	44
2.5.2 Prediction Interval	46
CHAPTER III : EXPERIMENTAL DESIGN	47
3.1 A Study of Factor Concerned	47
3.1.1 Measurement	49
3.1.2 Material	50
3.1.3 Man	50
3.1.4 Method	51
3.1.5 Machine	52
3.2 Constraint	53
3.3 Summery of Experimental Design	54
3.3.1 Testing Condition	54
3.3.2 Hypothesis Testing Approach	56

CONTENTS (cont.)

	Pages
3.3.3 Replication	56
3.3.4 Testing Procedure	56
CHAPTER IV : ANALYSIS OF TEST DATA	**60**
4.1 The Result form ANOVA	60
4.1.1 Material	60
4.1.1.1 Critical *F*	60
4.1.1.2 Result	60
4.1.1.3 Conclusion	61
4.1.2 Amplitude	61
4.1.2.1 Critical *F*	61
4.1.2.2 Result	61
4.1.2.3 Conclusion	62
4.1.3 Die's Characteristic	62
4.1.3.1 Critical *F*	62
4.1.3.2 Result	62
4.1.3.3 Conclusion	63
4.1.4 Conclusion of ANOVA Test	63
4.2 Multiple Regression Analysis	65
4.2.1 Result of Multiple Regression	65
4.2.2 Conclusion of the Multiple Regression Analysis	70
4.2.3 Interaction	73
4.3 Conclusion	75
CHAPTER V : CONCLUSION AND RECOMMENDATION	**76**
5.1 Conclusion	76
5.2 Recommendation	77
REFERENCES	**79**
APPENDICES	**81**
Appendix A : Percentage Points of the *F* Distribution	82
Appendix B : Percentage Points of the *t* Distribution	87
Appendix C : Experimental Data	88
Appendix D : Result of ANOVA Test	93

CONTENTS (cont.)

	Pages
Appendix E : Calculation for Confidence Interval and Prediction Interval	145
VITA	**154**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

		Pages
Table 2-1	A simplified Factorial Standard 209 classification of cleanrooms	19
Table 2-2	Possible cleanroom requirement for various tasks carried out in cleanrooms	20
Table 2-3	Class limits in particles per cubic foot of size equal to or greater than particle size shown (micrometers)	20
Table 2-4	The analysis of variance table for One-Way ANOVA (single-factor)	34
Table 2-5	Data for Two-Way ANOVA	37
Table 2-6	Summery of ANOVA method	40
Table 2-7	Analysis of Variance for Significance of Regression in Multiple Regression	42
Table 3-1	Testing condition for evaluating effect of material types	55
Table 3-2	Testing condition for evaluating effect of amplitude's levels	55
Table 3-3	Testing condition for evaluating effect of different dies	56
Table 4-1	Conditions that failed to reject an equal effect of material's types are shown as hatched	61
Table 4-2	Conditions that failed to reject an equal effect of amplitude's level are shown as hatched	62
Table 4-3	Conditions that failed to reject an equal effect of die's characteristics are shown as hatched	63
Table 4-4	Analysis report of multiple regression for percent shrinkage in length for G-100	66
Table 4-5	Analysis report of multiple regression for percent shrinkage in width for G-100	67
Table 4-6	Analysis report of multiple regression for percent shrinkage in length for GSB-70	68
Table 4-7	Analysis report of multiple regression for percent shrinkage in widthth for GSB-70	69
Table 4-8	Analysis of variance (Balance Design) of percent shrinkage in length	73
Table 4-9	Analysis of variance (Balance Design) of percent shrinkage in widthth	74

LIST OF FIGURES

		Pages
Figure 1-1	Recirculating in hard disk drive	1
Figure 1-2	Recirculation Filter Converting's Process Chart	2
Figure 1-3	Ultrasonic Welding Press	3
Figure 1-4	Construction of the die and the supporting metal	5
Figure 1-5	Recirculation Filter	7
Figure 1-6	Block diagram of a typical ultrasonic generator and transducer	10
Figure 2-1	Various types of filters	12
Figure 2-2	Various shapes of filters	13
Figure 2-3	Application of filters in medical field	14
Figure 2-4	Recirculation filter as HDD's component	16
Figure 2-5	Direction of air flow in HDD	16
Figure 2-6	Direction of air flow through filter	17
Figure 2-7	General Model of process or system	22
Figure 2-8	*F*- distribution	30
Figure 2-9	Procedure for Two-way ANOVA	39
Figure 2-10	Unexplained, Explained, and Total Deviation	43
Figure 3-1	Cause and Effect diagram	48
Figure 3-2	Area that the object should be placed on the projector	49
Figure 3-3	Filtrete™ feeding system	51
Figure 3-4	Cutting edge of the die	52
Figure 4-1	Interaction plot of percent shrinkage in length	73
Figure 4-2	Interaction plot of percent shrinkage in width	74

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF ABBREVIATIONS

3M	=	Minnesota Mining and Manufacturing Co., Ltd,
ANOVA	=	The Analysis of variance
Cpk	=	Process Capability Index
DOE	=	Design of Experiment
FA	=	First Article
HDD	=	Hard Disk Drive
TM	=	Trade Mark

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย