การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการทำความสะอาดชิ้นส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่

นาย บัณฑิต มากทองดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3530-8

APPROPRIATE CARBON DIOXIDE SNOW CLEANING CONDITIONS FOR REWORKED COMPONENT

Mr. Bundhit Markthongdee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management
The Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003
ISBN 974-17-3530-8
Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title	APPROPRIATE CARBON DIOXIDE SNOW CLEANING CONDITIONS FOR REWORKED COMPONENT
By	Mr. Bundhit Markthongdee
Department	Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Parames Chutima, Ph.D.

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

..... Dean of Faculty of Engineering
(Professor Somsak Panyakeow, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.....Chairman
(Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.)

.....Thesis Advisor
(Associate Professor Parames Chutima, Ph.D.)

.....Member
(Associate Professor Jeirapat Ngaoprasertwong)

บัณฑิต มากทองดี : การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในการทำความสะอาดชิ้นส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่. (APPROPRIATE CARBON DIOXIDE SNOW CLEANING CONDITIONS FOR REWORKED COMPONENT). อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ปารเมศ ชุติมา 89 หน้า ISBN 974-17-3530-8

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการนำคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ทำความสะอาดชิ้นส่วนที่นำกลับมาใช้ในบริษัท การวิจัยนี้เพื่อกำหนดปัจจัยต่าง ๆ คือ อุณหภูมิ ความดัน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และระยะทางของตัวเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมนี้สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญ สำหรับการทำความสะอาดโดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยส่งเสริมและปรับปรุงระดับความสะอาดของชิ้นส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่

งานวิจัยนี้เริ่มจากการเลือกปัจจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความดัน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และระยะห่างของตัวเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งอาจจะมีผลกับความสะอาดของชิ้นส่วนปัจจัยหลัก ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งเราจะนำมากำหนดเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของเครื่องทำความสะอาดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจัยหลักตามข้างล่างนี้ จะนำมาใช้ในการเริ่มต้นของการวิจัย

1. อุณหภูมิของลมร้อน (C°)ในช่วง 80 (ค่าต่ำสุด) ถึง 120 (ค่าสูงสุด)
2. ความดัน (PSI) ในช่วง 650 (ค่าต่ำสุด) ถึง 950 (ค่าสูงสุด)
3. ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วง 0.1 (ค่าต่ำสุด) ถึง 1 (ค่าสูงสุด)
4. ระยะห่าง (Inch) ของตัวเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ ในช่วง 0.5 (ค่าต่ำสุด) ถึง 2 (ค่าสูงสุด)

การทดสอบแบบแฟคทอเรียลได้นำมาใช้กับปัจจัยทั้ง 4 ที่ได้กล่าวมา หลังจากทำการทดลองสามารถสรุปได้ว่า มีปัจจัยหลักอยู่ 3 ตัวที่เกี่ยวข้อง คือ ความดัน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และระยะห่างของตัวเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังมีตัวแปรที่มีอิทธิพลร่วมอยู่ 2 ตัว คือ ความดันกับ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และความดันกับระยะห่างของตัวเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้น ปัจจัยเหล่านี้ได้ถูกนำมาเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของคาร์บอนไดออกไซด์ สุดท้ายเป็นการทดลองผลเพื่อหานำไปใช้งานจริงโดยใช้ตัวอย่าง 6 ตัว ตั้งค่าที่เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด จากการทดลองครั้งนี้ทำให้เราสรุปได้ว่า ความดันเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ค่าปริมาณฝุ่นต่ำ จึงเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือในการนำไปใช้ในกระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนที่นำกลับมาใช้ใหม่

ผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่า ความดัน ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ และระยะห่างของตัวเป่าคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ปัจจัยหลักในกระบวนการทำความสะอาด และเงื่อนไขที่เหมาะสมเหล่านี้ จะนำไปใช้ในกระบวนการทำความสะอาด เพื่อลดปริมาณฝุ่น เงื่อนไขที่เหมาะสมมีดังนี้

1. ตั้งค่าความดัน 950 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
2. ตั้งค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 0.1
3. ตั้งค่าระยะห่างของตัวเป่า 2 นิ้ว

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต ลายมือชื่อนิสิต :.....
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา :.....
ปีการศึกษา 2546

4371615021 : MAJOR ENGINEERING MANAGEMENT
KEY WORD : Pressure/ Nozzle Distance/ CO_2 amount/Factorial Designed
BUNDHIT MARKTHONGDEE : APPROPRIATE CARBON DIOXIDE SNOW CLEANING CONDITIONS FOR REWORKED COMPONENT. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. PARAMES CHUTIMA. 89 pp.
ISBN 974-17-3530-8.

The purpose of study is to identify appropriate Carbon Dioxide cleaning conditions to HDD reworked parts in company. This research is to determine the appropriate conditions of Completed Dry Air Heater Temp.(C°), Pressure (PSI) setting, CO_2 amount setting and Distance of CO_2 nozzle (Inch) for CO_2 cleaner setting. These appropriate conditions can be used as the fundamental data for controlling cleaning operations at CO_2 cleaner to enhance reworked part cleanliness.

The research starts from selecting the factors, which involve the change in the Completed Dry Air Heater Temp.(C°), Pressure (PSI) setting, CO_2 amount setting and Distance of CO_2 nozzle (Inch) that has an effect to the cleanliness of part. Those factors are the major that we would like to determine an appropriate condition of CO_2 cleaner. The following conditions are initially started for this research.

1. Completed Dry Air Heater Temp.(C°)	80 (min) - 120 (max)
2. Pressure (PSI) setting	650 (min) - 950 (max)
3. CO_2 amount setting	0.1 (min) - 1 (max)
4. Distance of CO_2 nozzle (Inch)	0.5 (min) - 2 (max)

The factorial designed experiments for the four factors are performed and can be concluded that three main factors are Pressure (PSI) , CO_2 amount and Distance of CO_2 nozzle (Inch) and there are two interaction effects: Pressure and CO_2 amount, And between Pressure and Distance of CO_2 nozzle. So, those factors are designed experiment to find an appropriate CO_2 cleaner. Finally, the confirmation experiment with six samples , which set the parameter from factorial design analysis. It brings about the conclusions that the pressure is the most effect, high pressure makes result of LPC lower. It could be reliable to be applied to the reworked part cleaning process.

The results of this research can be concluded that Pressure (PSI) , CO_2 amount and Distance of CO_2 nozzle (Inch) are main effect to cleaning process. And this appropriate condition will be applied to the cleaning process, leading to the reduction of particles contamination. The appropriate condition are showed as follows,

1. Set pressure to 950 PSI
2. Set CO_2 amount to 0.1
3. Set Distance of CO_2 nozzle to 2 Inch

Department : Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering Student's signature:.....

Field of Study : Engineering Management Advisor's signature:.....

Academic year : 2003

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express his deep gratitude to many people for their contribution and support the author to complete this thesis. In particular, Mr. Lynn Liebschutz, IBM US colleague who has given his very knowledgeable assistance in CO_2 cleaner technique, IBM Material Laboratory staff and cleaning engineering staff. Without great support from them, this thesis would have never been accomplished.

A thanks goes to thesis committees, Professor Dr. Sirichan Thongprasert and Associate Professor Jeirapat Ngaoprosertwong for their valuable recommendation and constructive criticism.

A very special thanks to Associate Professor Dr. Parames Chutima, thesis advisor who has given the author with kindness advise, valuable guidance and constant support throughout this thesis.

Furthermore, the author would like to thank to his beloved parent, elder sister, friends for their moral support and great inspiration which encouraged the author to pursue this study successfully.

Finally, his most sincere and heartfelt appreciation goes to his wife Mrs.Saowakon and son Mr.Visarut for their support and forbearance of the countless hours of solitude during the writing of the thesis

CONTENTS

Page

Abstract (Thai).....IV

Abstract (English).....V

Acknowledgement.....VI

Contents.....VII

List of Figures.....XI

List of Tables.....XIII

CHAPTER 1 INTRODUCTION.....1

1.1 Introduction.....1

1.2 Rationale of the Study.....2

1.3 Background of Reworked Parts Cleaning in HDD.....3

1.4 Problem Cause Analysis.....5

1.5 Expected Results.....5

1.6 Profit contributing to company.....6

1.7 Methodology.....6

CHAPTER 2 THEORY AND LITERATURE SURVEYS.....7

2.1 Theory.....7

2.2 What is Equipment Design?.....9

2.3 Basic Principles.....11

2.4 Type of Designed Experiment.....11

2.5 Analysis of Variance.....13

2.6 Model Adequacy Checking.....15

2.7 Duncan's Multiple Range Test.....16

2.8 Choice of number of replicates.....16

2.9 Guideline for Designing Experiments.....16

2.10 Literature Surveys.....18

CHAPTER 3 CLEANING PROCESS AND MANUFACTURING PROCESS....19

3.1 CARBON DIOXIDE (CO_2).....19

3.2 Snow formation.....23

3.3 CO2 Snow Cleaning Technology.....25

3.4 Equipment Concept Design.....29

3.5 Return to Cleaning Technology Profiles.....29

CHAPTER 4 PROBLEM, SOLUTION AND CO_2 CLEANER EQUIPMENT DESIGN.....32

4.1 Problem Identification.....32

4.2 Problem causes.....33

4.3 Solution.....35

CHAPTER 5 CO_2 CLEANER EQUIPMENT DESIGN AND OPERATION.....36

5.1 CO_2 Cleaner Equipment Design.....36

5.2 CO_2 cleaner Installation.....38

5.3 Principles of Operation.....39

5.4 CO_2 cleaner Operation.....39

CHAPTER 6 DESIGNED EXPERIMENT.....42

6.1 Factor Selection.....42

6.2 Experiments and Statistical Tools.....44

6.3 Equipment and Measuring Equipment for experiments.....45

6.4 Procedure for Experiments.....47

6.5 Data Analysis.....48

CHAPTER 7 FACTOR SCREENING EXPERIMENT.....49

7.1 Experiment and Data Collection.....49

7.2 Collected Data.....50

7.3 Data Analysis of Experiment.....51

CHAPTER 8 DESIGN OF EXPERIMENT.....54

8.1 Experiment and Data Collection.....54

8.2 Create the Experimental Design.....54

8.3 Collected Data.....54

8.4 Data Analysis of Experiment.....55

8.5 Draw Conclusion.....62

8.6 Appropriate Condition.....65

8.7 Confirmation Experiment.....66

8.8 Result Conclusion.....68

8.9 Analyze Factorial Design from data observation.....69

8.10 Setting factor Optimization.....69

8.11 What we have learned from factorial design, experiment and Analysis.....70

CHAPTER 9 CONCLUSION AND RECOMMENDATOINS.....72

9.1 Conclusions.....72

9.2 Recommendations for Experiment.....73

9.3 Recommendations for Further Study.....74

REFERENCES.....76

APPENDICES.....77

APPENDIX A Snow Cleaner Technical information.....78

APPENDIX B Scanning Electron Microscope.....83

Spray Method for Liquid Particle Count Proceeding.....84

APPENDIX C Outside dimensions of controller.....85

Installing/removing the cover (6-axis type).....86

Outline structure drawing of robot arm (6-axis type).....87

Snow Power Control Box diagram.....88

BIOGRAPHY.....89

LIST OF FIGURES

Figure 1 illustrated Carbon Dioxide Snow Cleaning.....2

Figure 2 illustrated Triple-point diagram for CO2.....4

Figure 3 illustrated Mixing Nozzle Diagram.....4

Figure 4 Illustrated General Model of a Process.....10

Figure 5 illustrated A Factorial Experiment without Interaction.....12

Figure 6 illustrated A Factorial Experiment without Interaction.....12

Figure 7 illustrated General Arrangement for a two-factor Factorial Design.....13

Figure 8 illustrated Pressure-Temperature Phase diagram for CO_2.....21

Figure 9 illustrated gas, liquid and solid phase boundary.....23

Figure 10 illustrated Carbon Dioxide Pressure-Enthalpy Diagram.....24

Figure 11 illustrated phase diagram for CO_2.....25

Figure 12 illustrated how a stream of solid CO2 particles.....26

Figure 13 illustrated the methods by which CO_2 snow cleaning overcomes the energy barrier created by a rapid drop in fluid velocity.....27

Figure 14 illustrated Hydrocarbon removal.....28

Figure 15 illustrated Spray LPC Monitoring before/after cleaning.....32

Figure 16 illustrated scratched problem on disk problem.....34

Figure 17 illustrated scratched problem on disk problem.....34

Figure 18 illustrated spectrum of contamination were detected by means of SEM.35

Figure 19 illustrated CO_2 cleaner equipment set.....37

Figure 20 illustrated CO_2 purifier.....37

Figure 21 illustrated CO_2 gas tank.....45

Figure 22 illustrated Connect purifier to CO2 cleaner with flex cable and fitting...45

Figure 23 illustrated Connect purifier to CO2 tank.....39

Figure 24 illustrated Robot gathers part from basket before washing.....40

Figure 25 illustrated sensor detector at grip lock.....40

Figure 26 illustrated sensor detector at grip lock.....41

Figure 27 illustrated putting to cleaned Base Motor on the basket right side.....41

Figure 28 illustrated 8000A Particle counter and 3000A Liquid Syringe Sampler...45

Figure 29 illustrated seal and screw fastening of Base Spindle preparation.....46

Figure 30 illustrated CO2 cleaning part result.....53

Figure 31 illustrated the spectrum of particle analysis by means of SEM.....53

Figure 32 illustrated Normal Probability Plot of the Standardized Effect.....57

Figure 33 illustrated Normal Probability Plot.....58

Figure 34 illustrated Pareto Chart of the Standardized Effect.....59

Figure 35 illustrated Residual Model Diagnostics.....61

Figure 36 illustrated Residual Model Diagnostics.....62

Figure 37 illustrated Interaction plot.....64

Figure 38 illustrated Confirmation Experiment Lot Result.....67

Figure 39 illustrated optimization for CO_2 setting.....70

LIST OF TABLES

Table 1 illustrated advantages and disadvantages of Carbon Dioxide.....3

Table 2 Comparison of current cleaning and CO_2 cleaning profitability.....6

Table 3 The Analysis of Variance Table for the Two Factor.....15

Table 4 illustrated Physical and Chemical Properties of CO_2.....22

Table 5a The particles of Base machine before CO_2 cleaning.....33

Table 5b The particles of Base machine after CO_2 cleaning.....33

Table 6 illustrated Base Spindle Fan Spray Extraction Instruction.....47

Table 7 illustrated the table for Data Collection of Factor Screening Experiment..50

Table 8 illustrated the Data of Factor Screening Experiment.....51

Table 9 illustrated the parameter setting and measurement data.....52

Table 10 illustrated the setting of factor.....55

Table 11 illustrated main effects at low and high setting.....63

Table 12 illustrated setting an appropriate condition for CO2 cleaning for reused Part.....65

Table 13 the table for data collection of confirmation experiment.....66

Table 14 the Data of confirmation experiment.....67

Table 15 the Data of first observations at the same parameter setting.....67

Table 16 illustrate continuous improvement.....74