การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเจียรเหล็กหล่อสีเทาด้วยหินเจียรซนิดซิลิคอนคาร์ไบด์และคิวบิกโบรอนไนไทรด์

นายภูวดล วงศ์สร้างทรัพย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-331-496-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18814542

A STUDY OF OPTIMUM GRINDING CONDITION FOR GRAY CAST IRON WITH SILICON CARBIDE GRINDING STONE AND CUBIC BORON NITRIDE GRINDING STONE

Mr. Poovadon Vongsangsub

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-331-496-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเจียรเหล็กหล่อสีเทาด้วยหินซิลิคอนคาร์ไบด์และ คิวบิกโบรอนไนไทรด์

โดย นายภูวดล วงศ์สร้างทรัพย์

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ชอุ่ม มลิลา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ภูวดล วงศ์สร้างทรัพย์ การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมของการเจียรเหล็กหล่อสีเทาด้วยหินซิลิคอนคาร์ไบด์และ คิวบิกโบรอนไนไทรด์ (A STUDY OF OPTIMUM GRINDING CONDITION FOR GAY CAST LRON WITH SILICON CARBIDE GRINDING STONE AND CUBIC BORON NITRDE GRINDING STONE) อ.ที่ปรึกษา ผศ. ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, 125 หน้า ISBN 974-331-496-2

เนื่องจากในกระบวนการเจียรเหล็กหล่อสีเทา เป็นกระบวนการผลิตที่ละเอียดอ่อนในงานเครื่องมือกล ฉะนั้นการเจียรที่ดีจะต้องทำให้ ชิ้นงานมีคุณภาพอยู่ภายในข้อกำหนด และมีต้นทุนที่เหมาะสมและขณะเดียวกันจะต้องมีความสามารถที่จะผลิตได้ทันตามความต้องการด้วย การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาเงื่อนไขในการเจียรที่เหมาะสมและอายุการใช้งานของหินเจียร 2 ชนิด คือ หินซิลิกอนคาร์ไบด์(SIC)และหินคิวบิกโบรอนไนไทรด์(CBN)

สำหรับขั้นตอนในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยการเจียรผิวเหล็กหล่อสีเทาด้วยหินซิลิกอนคาร์ไบด์(SIC)โดยใช้เงื่อนไขการเจียรที่ความเร็วตัด (v)30 ถึง 80 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน (f) 30 ถึง 70 มม.ต่อรอบ ความลึกในการตัด (d) 38 และ 42 ไมครอน ซึ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาถึงความสามารถของหินเจียรคือ ความเรียบผิวของชิ้นงานจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3 ไมครอน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงอายุการใช้งานของหินเจียรแต่ละก้อนที่เงื่อนไขการเจียรต่างๆกัน ซึ่งจะนำไปสู่การคิดค่าใช้จ่ายในการเจียร ต่อจากนั้นได้ทำการทดลองใช้หินเจียรชนิดใหม่คือ หินคิวบิกโบรอนไนไทรด์ (CBN) ซึ่งเป็นหินเจียรชนิดใหม่โดยมีเงื่อนไขในการเจียรที่ความเร็วตัด (v) ระหว่าง 30 ถึง 80 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน (f) ระหว่าง 30 ถึง 70 มม.ต่อรอบ ความลึกในการตัด (d) 16 และ 20 ไมครอน จากนั้นได้ดำเนินการวิเคราะห์เงื่อนไขในการเจียรและเลือกหินเจียรที่เหมาะสม

ผลการวิจัยพบว่า (1) ความสัมพันธ์ของอายุการใช้งานกับความเร็วตัด (v) อัตราการป้อน (f) และความลึกของการตัด (d) สำหรับหิน SIC และ หิน CBN คือ $VT^{0.21}f^{0.05}d^{0.23}=680$ และ $VT^{0.36}f^{0.83}d^{0.45}=136,702$ ตามลำดับ (2) เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจียรเหล็กหล่อสีเทาทั้งในกรณีเงื่อนไขค่าใช้จ่ายต่ำสุดและกำลังการผลิตสูงสุดพบว่าควรเลือกใช้หินเจียรชนิด SIC โดยมีเงื่อนไขในการเจียรที่เหมาะสมสำหรับ ค่าใช้จ่ายต่ำสุดคือ อัตราการป้อน 70 มม.ต่อรอบ ความลึกในการตัด 38 ไมครอน ที่ความเร็วตัด 41 เมตรต่อนาที ซึ่งให้อัตราการผลิตเท่ากับ 1,786 ชิ้นต่อวัน และเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานต่ำสุดคือ 14.97 บาทต่อ 1,000 ชิ้น และสำหรับกำลังการผลิตสูงสุดนั้นจะใช้อัตราการป้อน 70 มม.ต่อรอบ ความลึกในการตัด 38 ไมครอนต่อวินาที ที่ความเร็วตัด 75 เมตรต่อนาที ซึ่งจะทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้นคือ 2,464 ชิ้นต่อวัน และเสียค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานเท่ากับ 34.25 บาทต่อ 1,000 ชิ้น

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวเพียงแผ่นเดียว

##3971314421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: Grinding Condition/Grinding Stone/Tool Life

A STUDY OF OPTIMUM GRINDING CONDITION FOR GRAY CAST IRON WITH SILICON CARBIDE GRINDING STONE AND CUBIC BORON NITRIDE GRINDING STONE. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SOMCHAI PUAJINDANATR, Ph.D.,125pp. ISBN 974-331-496-2

In grinding process for grey cast iron, It is the more precisely of machining process. So the good condition of grinding process is the condition that can produce good quality of work pieces, the suitable cost and delivery time to customer. This research was to study of the optimum condition of grinding process and tool life of grinding stones which were Silicon Carbide (SIC) and Cubic Boron Nitride (CBN).

This experiment was performed to verify the tool life (T) of the both grinding stones with respected to the limit of 3 micron of surface roughness of grey cast iron work piece. The trial conditions for SiC were the cutting speed (v) of 30 to 80 m/min, the feed rate (f) of 30 to 70 mm/rev. and the depth of cut (d) of 38 and 42 micron. The conditions of CBN were the cutting speed (v) of 30 to 80 m/min, the feed rate (f) of 30 to 70 mm/rev and the depth of cut (d) of 16 and 20 micron. The optimum condition and the stones selection were analysed.

The results found that 1) the relationship between the tool life (T), the cutting speed (v), the feed rate (f) and the depth of cut (d) for SiC and CBN were $VT^{0.21}f^{0.05}d^{0.23}=680$ and $VT^{0.36}f^{0.83}d^{0.45}=136{,}702$ respectively, and 2) the grinding stone of SiC was suitably selected for this study. Consequently the optimum condition for minimum cost found was the feed rate of 70 mm/rev, the depth of cut of 38 micron and the cutting speed of 41 m/min which the condition provided the production rate of 1,786 pieces/day and the minimum production cost of 14.97 bath/1,000 pieces. And also, the suitable condition for maximum production was the feed rate of 70 mm/rev, the depth of 16 micron and the cutting speed of 75 m/min which the condition gave the production rate of 2,464 pieces/day the production cost of 34,25 bath/1,000 pieces.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปอย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศ.ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบด้วย รศ.ชอุ่ม มลิลาและ ผศ.สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน ที่ได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างมาก รวมทั้งขอขอบคุณบริษัท สยามคอมเพรสเซอร์อุตสาหกรรม จำกัด ที่ให้การอนุเคราะห์ข้อมูล อุปกรณ์และวัตถุดิบต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ คุณประโยชน์อันพึงจะได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ผู้เขียนขอมอบให้แก่บิดา มารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่าน เพื่อน้อมรำลึกถึงพระคุณในการอบรมให้การศึกษาแก่ผู้เขียนตลอดมา

ภูวดล วงศ์สร้างทรัพย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.4 ขั้นตอนของการวิจัย 6

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับหินขัด

2.1.1 การเชื่อมประสานหินขัด..... 9

2.1.2 การสึกของหินเจียร..... 13

2.1 .3 การใช้หินเจียร..... 15

2.2 สำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 25

หน้า

บทที่ 3 วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมชิ้นงาน หินเจียร เครื่องจักร ที่ใช้ในการทดลอง..... 27

3.2 การทดสอบคุณสมบัติวัสดุก่อนการทดลอง..... 35

3.3 การทดสอบหาอายุการใช้งานของหินเจียร

3.3.1 การทดลองหาอายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์..... 38

3.3.2 การทดลองหาอายุการใช้งานของหินเจียรคิวบิคโบรอนไนไตรท์..... 38

3.4 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์..... 40

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองคุณสมบัติวัสดุก่อนการทดลอง

4.1.1วัสดุที่เป็นชิ้นงาน..... 44

4.1.2วัสดุที่เป็นหินเจียร..... 44

4.2 ผลการทดลองการหาอายุการใช้งานของหินเจียร

4.2.1 ผลการทดลองการหาอายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์..... 44

4.2.2 ผลการทดลองหาอายุการใช้งานของหินเจียรคิวบิคโบรอนไนไตรท์..... 56

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางเศรษฐศาสตร์..... 65

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 กรณีที่ใช้หินซิลิกอนด์คาร์ไบด์..... 108

5.2 กรณีที่ใช้หินคิวบิคโบรอนไนไตรท์..... 110

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะการวิจัย

6.1 สรุปผลการวิจัย..... 113

6.2 ข้อเสนอแนะ..... 114

รายการอ้างอิง..... 117

ภาคผนวก ก. ผลการใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์ทางสถิติ..... 120

ภาคผนวก ข. ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่าย อัตราการผลิต..... 122

ประวัติผู้เขียน..... 127

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ค่าความแข็งของชิ้นงานที่ทำการทดลอง 50 ชิ้น..... 45
4.2 ขนาดของรูในของชิ้นงานที่ทำการทดลองจำนวน 50 ชิ้น..... 46
4.3 ขนาดของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์และหินคิวบิคโบรอนไนไตรท์..... 47
4.4 อายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์จากการทดลอง..... 49
4.5 อายุการใช้งานของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์จากTaylor'Equation..... 53
4.6 อายุการใช้งานของหินเจียรคิวบิคโบรอนไนไตรท์กการทดลอง..... 58
4.7 อายุการใช้งานของหินเจียรคิวบิคโบรอนไนไตรท์จากTaylor'Equation..... 62
4.8 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินSiC ที่ f=30 d=38..... 70
4.9 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินSiC ที่ f=50 d=38..... 73
4.10 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินSiC ที่ f=70 d=38..... 76
4.11 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินSiC ที่ f=30 d=42..... 79
4.12 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินSiC ที่ f=50 d=42..... 82
4.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินSiC ที่ f=70 d=42..... 85
4.14 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินCBN ที่ f=30 d=16..... 88
4.15 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินCBN ที่ f=50 d=16..... 91
4.16 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินCBN ที่ f=70 d=16..... 94
4.17 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินCBN ที่ f=30 d=20..... 97
4.18 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินCBN ที่ f=50 d=20..... 100
4.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิต อัตราการผลิต อายุการใช้งานหินCBN ที่ f=70 d=20..... 103
4.20 แสดงความเร็วตัดและอัตราการผลิตของการใช้หินเจียร SiC สำหรับกรณีต้องการ
ค่าใช้จ่ายต่ำสุด และกรณีต้องการกำลังการผลิตสูงสุด..... 106
4.21 แสดงความเร็วตัดและอัตราการผลิตของการใช้หินเจียร CBN สำหรับกรณีต้องการ
ค่าใช้จ่ายต่ำสุด และกรณีต้องการกำลังการผลิตสูงสุด..... 107

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	เปรียบเทียบงานเครื่องมือกลกับการประมวลผลคอมพิวเตอร์.....	2
2.1	ลักษณะภายนอกของโครงสร้างหินเจียร.....	10
2.2	ข้อกำหนดของหินเจียรชนิดธรรมดา (Normal Abrasive).....	11
2.3	ข้อกำหนดของหินเจียรชนิดพิเศษ (Super Abrasive).....	11
3.1	ลักษณะภายนอกของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์.....	29
3.2	โครงสร้างภายในของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ กำลังขยาย 500 เท่า.....	30
3.3	ลักษณะภายนอกของหินเจียรคิวบิคโบรอนไนไตรท์.....	31
3.4	โครงสร้างภายในของหินคิวบิคโบรอนไนไตรท์ กำลังขยาย 500 เท่า.....	32
3.5	เครื่องเจียรรูใน(Internal Grinding Machine) ภายนอก.....	33
3.6	เครื่องเจียรรูใน(Internal Grinding Machine) ภายใน.....	34
3.7	เครื่องมือทดสอบความแข็ง(Hardness Tester).....	36
3.8	เครื่องมือตรวจสอบความเรียบของผิวชิ้นงาน(Roughess Tester).....	37
4.1	ผิวของหินเจียรซิลิกอนด์คาร์ไบด์ก่อนและหลังการปรับแต่งผิว.....	48
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ที่ได้จากการทดลอง.....	50
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหินซิลิกอนด์คาร์ไบด์ที่ได้จาก Taylor' s Equation.....	55
4.4	ผิวของหินเจียรคิวบิคโบรอนไนไตรท์ก่อนและหลังการปรับแต่งผิว.....	57
4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหินคิวบิคโบรอนไนไตรท์ที่ได้จากการทดลอง.....	59
4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานของหินเจียรและความเร็วตัดของหินคิวบิคโบรอนไนไตรท์ที่ได้จาก Taylor' s Equation.....	64
4.7	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=30 d=38 ของหินSiC.....	72
4.8	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=50 d=38 ของหินSiC.....	75

รูปที่		หน้า
4.1	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=70 d=38 ของหินSiC	78
4.2	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=30 d=42 ของหินSiC	81
4.3	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=50 d=42 ของหินSiC	84
4.4	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=70 d=42 ของหินSiC	87
4.5	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=30 d=16 ของหินCBN	90
4.6	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=50 d=16 ของหินCBN	93
4.7	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=70 d=16 ของหินCBN	96
4.8	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=30 d=20 ของหินCBN	99
4.9	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=50 d=20 ของหินCBN	102
4.10	แสดงค่าใช้จ่ายในการผลิตและอัตราการผลิตที่เงื่อนไขการเจียร f=70 d=20 ของหินCBN	106

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย