# รายการอ้างอิง


ภาษาไทย

1. กฤษฎา อัศวรุ่งแสงกุล การปรับปรุงคุณภาพหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

2. เบนกิชิ โมริยามา แปลและเรียบเรียงโดย ดร. ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, ดร. ประสงค์ ศรีเจริญชัย เทคนิคเครื่องมือวัดเชิงกล: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2540.

3. ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ ทฤษฎีและปฏิบัติส่งกำลังรถยนต์ กรุงเทพมหานคร ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542.

4. ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541

5. ทศพล เกียรติเจริญผล การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการเครือบแลกเกอร์บนแผ่นเหล็กดีบุกโดยวิธีการออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

6. ศิริจันทร์ ทองประเสริญ, จันทนา จันทโร. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม กรุงเทพมหานคร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

7. ศิริพนธ์ ชัชวาลานนท์ การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตแขนจับยึดหัวอ่านเขียน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542

8. สุขชีพ โลพันธ์ศรี เงื่อนไขการกลึงเหล็กหล่อสีเทาด้วยมีดกลึงสำเร็จรูปที่เป็นคาร์ไบด์เครือบผิวและวัสดุเซรามิก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

9. สุทธิวัฒน์ มหัศฑปกรณ์ การศึกษาปัจจัยของกรรมวิธีการเชื่อมแบบ TIG สำหรับท่อเหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริดิกชนิด SUS 436L. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

10. สุรพล อุปดิสกุล สถิติการวางแผนการทดลอง เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร: เค.ยู. บุคเซ็นเตอร์, 2536.

11. สรียา กสิกพันธ์ การประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งแรงและความคงขนาดของแผ่นพาร์ทิเคิล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ภาษาอังกฤษ

1. Automotive Industry Action Group (AIAG). Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference manual 2nd edition, Chrysler, Ford and general motors, February 1995.

2. Automotive Industry Action Group (AIAG). Measurement System Analysis (MSA) Reference manual 2nd edition, February 1995.

3. Brefogle III, F.W. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions 1st edition.(n.p.) USA: John Wiley & Sons, 1999

4. Montgomery, D.C.Design and Analysis of Experiment. 5th edition.(n.p.) USA: John Wiley & Sons, 2001.

# ภาคผนวก

# ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองผลการวิเคราะห์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ภาพประกอบการวิเคราะห์ผลทดลอง

ตารางที่ ก.1 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้น Rear Balance

Estimated Effects and Coefficients for Balance rear (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 20.119 | 0.04375 | 459.86 | 0.001 |
| Voltage | 6.087 | 3.044 | 0.04375 | 69.57 | 0.009 |
| speed | -12.163 | -6.081 | 0.04375 | -139.00 | 0.005 |
| Concentr | 6.613 | 3.306 | 0.04375 | 75.57 | 0.008 |
| Torque | -0.288 | -0.144 | 0.04375 | -3.29 | 0.188 |
| Voltage*speed | 2.088 | 1.044 | 0.04375 | 23.86 | 0.027 |
| Voltage*Concentr | 1.463 | 0.731 | 0.04375 | 16.71 | 0.038 |
| Voltage*Torque | 0.212 | 0.106 | 0.04375 | 2.43 | 0.249 |
| speed*Concentr | 0.612 | 0.306 | 0.04375 | 7.00 | 0.090 |
| speed*Torque | 0.662 | 0.331 | 0.04375 | 7.57 | 0.084 |
| Concentr*Torque | 0.238 | 0.119 | 0.04375 | 2.71 | 0.225 |
| Voltage*speed*Concentr | 1.462 | 0.731 | 0.04375 | 16.71 | 0.038 |
| Voltage*speed*Torque | -0.438 | -0.219 | 0.04375 | -5.00 | 0.126 |
| Voltage*Concentr*Torque | 0.137 | 0.069 | 0.04375 | 1.57 | 0.361 |
| speed*Concentr*Torque | -0.013 | -0.006 | 0.04375 | -0.14 | 0.910 |

ตารางที่ ก.2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเบื้องต้น Front Balance

Estimated Effects and Coefficients for Bal_fron (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 20.181 | 0.06875 | 293.55 | 0.002 |
| Voltage | 6.362 | 3.181 | 0.06875 | 46.27 | 0.014 |
| speed | -12.662 | -6.331 | 0.06875 | -92.09 | 0.007 |
| Concentr | 6.688 | 3.344 | 0.06875 | 48.64 | 0.013 |
| Torque | 1.037 | 0.519 | 0.06875 | 7.55 | 0.084 |
| Voltage*speed | 2.237 | 1.119 | 0.06875 | 16.27 | 0.039 |
| Voltage*Concentr | 1.888 | 0.944 | 0.06875 | 13.73 | 0.046 |
| Voltage*Torque | -0.013 | -0.006 | 0.06875 | -0.09 | 0.942 |
| speed*Concentr | 0.262 | 0.131 | 0.06875 | 1.91 | 0.307 |
| speed*Torque | 0.813 | 0.406 | 0.06875 | 5.91 | 0.107 |
| Concentr*Torque | 0.312 | 0.156 | 0.06875 | 2.27 | 0.264 |
| Voltage*speed*Concentr | 0.663 | 0.331 | 0.06875 | 4.82 | 0.130 |
| Voltage*speed*Torque | 0.062 | 0.031 | 0.06875 | 0.45 | 0.728 |
| Voltage*Concentr*Torque | -0.138 | -0.069 | 0.06875 | -1.00 | 0.500 |
| speed*Concentr*Torque | 0.388 | 0.194 | 0.06875 | 2.82 | 0.217 |

ตารางที่ ก.3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

**Fractional Factorial Fit: Balance versus Concentricity, Voltage, Speed**

Estimated Effects and Coefficients for Balance (coded units)

| Term | Effect | Coef | SE Coef | T | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | | 19.581 | 0.3390 | 57.76 | 0.000 |
| Concentr | 8.994 | 4.497 | 0.3915 | 11.49 | 0.000 |
| Voltage | 8.823 | 4.411 | 0.4152 | 10.62 | 0.000 |
| Speed | -14.317 | -7.159 | 0.4152 | -17.24 | 0.000 |
| Concentr*Voltage | -0.631 | -0.315 | 0.4795 | -0.66 | 0.519 |
| Concentr*Speed | 0.791 | 0.396 | 0.4795 | 0.82 | 0.420 |
| Voltage*Speed | -3.244 | -1.622 | 0.5086 | -3.19 | 0.005 |
| Concentr*Voltage*Speed | 2.078 | 1.039 | 0.5872 | 1.77 | 0.093 |

ตารางที่ ก.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

Analysis of Variance for Balance (coded units)

| Source | DF | Seq SS | Adj SS | Adj MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Main Effects | 3 | 1692.51 | 1619.91 | 539.970 | 180.67 | 0.000 |
| 2-Way Interactions | 3 | 41.99 | 33.72 | 11.240 | 3.76 | 0.028 |
| 3-Way Interactions | 1 | 9.36 | 9.36 | 9.357 | 3.13 | 0.093 |
| Residual Error | 19 | 56.78 | 56.78 | 2.989 | | |
| Total | 26 | 1800.64 | | | | |

Observations for Balance

| Obs | Balance | Fit | SE Fit | Residual | St Resid |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 25.4300 | 24.0785 | 0.5651 | 1.3515 | 0.83 |
| 2 | 22.9000 | 22.6383 | 0.7368 | 0.2617 | 0.17 |
| 3 | 10.7000 | 9.5960 | 1.1649 | 1.1040 | 0.86 |
| 4 | 13.3400 | 15.2508 | 1.1649 | -1.9108 | -1.50 |
| 5 | 20.9000 | 21.9018 | 0.5651 | -1.0018 | -0.61 |
| 6 | 14.7800 | 17.3328 | 0.3574 | -2.5528 | -1.51 |
| 7 | 20.7300 | 19.8109 | 0.7368 | 0.9191 | 0.59 |
| 8 | 25.5300 | 28.1746 | 0.8934 | -2.6446 | -1.79 |
| 9 | 9.0500 | 7.5489 | 0.8934 | 1.5011 | 1.01 |
| 10 | 10.4300 | 9.9765 | 0.5651 | 0.4535 | 0.28 |
| 11 | 19.3000 | 17.3154 | 0.8934 | 1.9846 | 1.34 |
| 12 | 25.5000 | 26.1626 | 1.4127 | -0.6626 | -0.66 |
| 13 | 16.2000 | 15.0843 | 0.4660 | 1.1157 | 0.67 |
| 14 | 8.5800 | 10.3577 | 0.7368 | -1.7777 | -1.14 |
| 15 | 13.2500 | 13.8021 | 1.4127 | -0.5521 | -0.55 |
| 16 | 14.2900 | 12.7638 | 0.5651 | 1.5262 | 0.93 |
| 17 | 28.9000 | 30.0258 | 1.1649 | -1.1258 | -0.88 |
| 18 | 35.6500 | 35.5204 | 1.4127 | 0.1296 | 0.13 |
| 19 | 17.5000 | 19.9824 | 0.8934 | -2.4824 | -1.68 |
| 20 | 11.0800 | 12.4042 | 0.8934 | -1.3242 | -0.89 |
| 21 | 31.9000 | 31.3994 | 0.8934 | 0.5006 | 0.34 |
| 22 | 4.8500 | 5.4645 | 1.1649 | -0.6145 | -0.48 |
| 23 | 7.2000 | 7.5302 | 0.7368 | -0.3302 | -0.21 |
| 24 | 21.3800 | 20.8287 | 1.4127 | 0.5513 | 0.55 |
| 25 | 32.3800 | 30.8415 | 0.8934 | 1.5385 | 1.04 |
| 26 | 20.0600 | 17.9788 | 0.8934 | 2.0812 | 1.41 |
| 27 | 26.6500 | 24.6891 | 0.5651 | 1.9609 | 1.20 |

ตารางที่ ก.5 แสดงผลการวิเคราะห์สมการถดถอย

**Regression Analysis: Balance versus Concentricity, Voltage, Speed**

The regression equation is
Balance = 19.5 + 45.0 Concentricity + 2.23 Voltage - 3.61 Speed

| Predictor | Coef | SE Coef | T | P | VIF |
|---|---|---|---|---|---|
| Constant | 19.486 | 9.410 | 2.07 | 0.050 | |
| Concentr | 44.971 | 4.910 | 9.16 | 0.000 | 1.0 |
| Voltage | 2.2319 | 0.2555 | 8.73 | 0.000 | 1.0 |
| Speed | -3.6122 | 0.2555 | -14.14 | 0.000 | 1.0 |

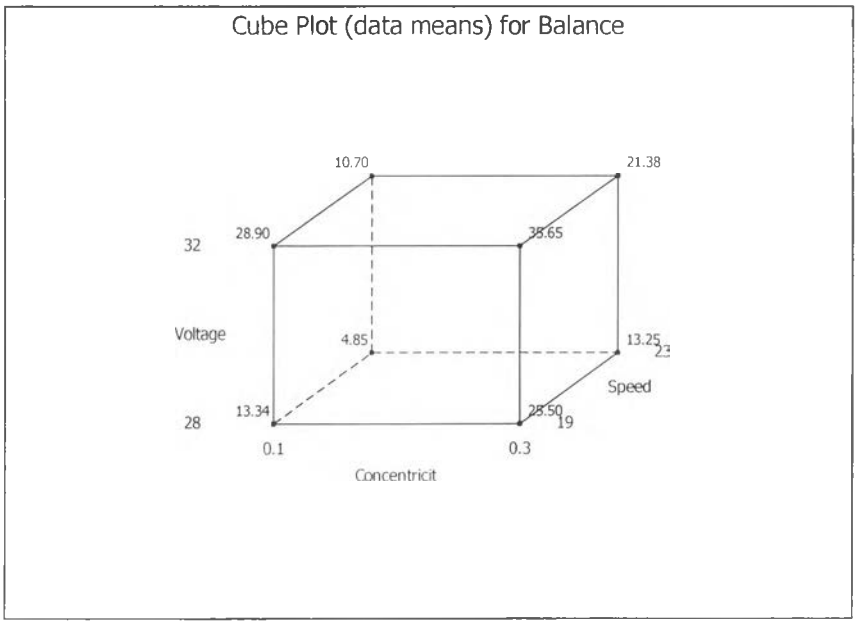
S = 2.168 R-Sq = 94.0% R-Sq(adj) = 93.2%

Analysis of Variance

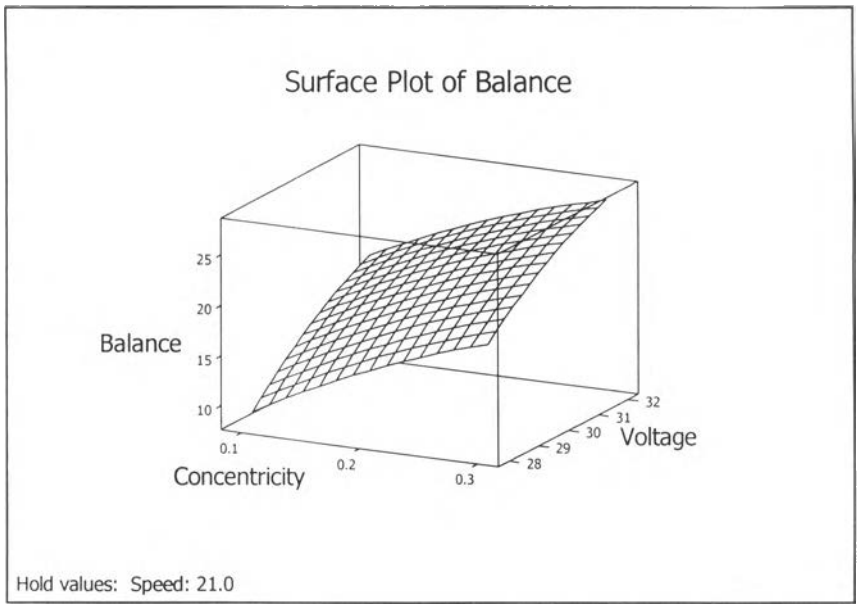
| Source | DF | SS | MS | F | P |
|---|---|---|---|---|---|
| Regression | 3 | 1692.51 | 564.17 | 120.00 | 0.000 |
| Residual Error | 23 | 108.13 | 4.70 | | |
| Total | 26 | 1800.64 | | | |

No replicates. Cannot do pure error test.

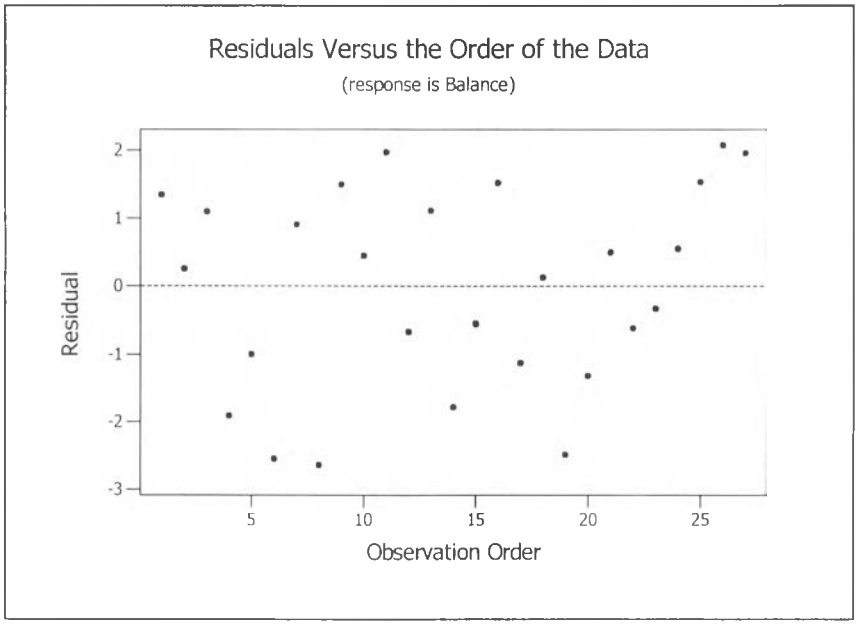
| Source | DF | Seq SS |
|---|---|---|
| Concentr | 1 | 394.37 |
| Voltage | 1 | 358.67 |
| Speed | 1 | 939.47 |



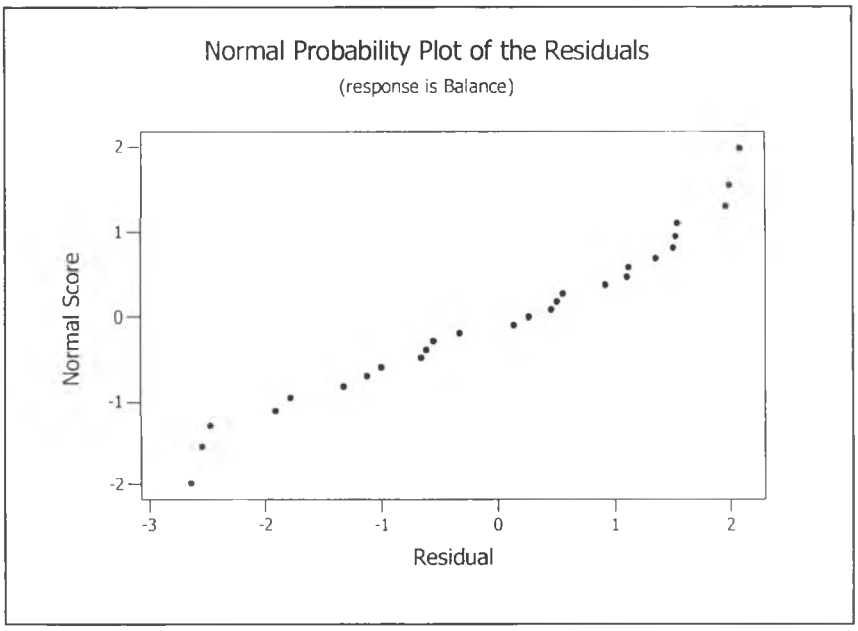

รูปที่ ก.1 Cube Plot สำหรับการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม




รูปที่ ก.2 Surface Plot สำหรับการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม




รูปที่ ก.3 แสดงกราฟระหว่างค่า Residual และ Observation Order




รูปที่ ก.4 แสดงกราฟ Normal Probability of Residual

รายงานการประชุม (Minute of Meeting)

ATTN : @ = attn. by yourself # = attn. by representative

SERIAL NO: M-Z-02-008

1 Mr.Jakrawut Body1

สถานที่: ห้องประชุม 2

3 Mr.Anun Paint1 #

DATE : Jan 17, 01

4 Mr.Pornthep PQC #

5 Mr.Ruch Part Paint #

6 Mr.Winai Assy1 #

เรื่อง กาวิเคราะห์ข้อบกพร่องของกระบวนการผลิต

สรุปรายงานผลการประชุม

1. วัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินรูปแบบความล้มเหลว (Failure Mode) ในกระบวนการผลิตเพลากลาง

2. การประเมินค่า ทีมงานเอฟเอ็มอีเอร่วมกันทำการประเมินแต่ละรูปแบบความเสียหาย (Failure Mode) ใน 3 ด้านคือความร้ายแรงหรือความวิกฤตของความล้มเหลว โอกาสเกิดความล้มเหลวและความยากลำบากในการค้นหาความเสียหายก่อนถึงมือลูกค้าออกโดยใช้เกณการประเมินจากตารางที่ 2.5 2.6 และ 2.7

3. แผนงานการปรับปรุงข้อบกพร่อง

ทางหน่วยงานควบคุมคุณภาพจัดทำค่าควบคุมปัจจัยที่มีค่า RPN สูง 120 คะแนนโดยให้ฝ่ายผลิตดำเนินการทดแผนการปรับปรุงและเก็บข้อมูลให้เอฟเอ็มอีเอทีมทราบในการประชุมครั้งต่อไป

ตารางที่ ก.6 สรุปการประเมินรูปแบบของความบกพร่อง

| รูปแบบความล้มเหลว | ผลของความล้มความล้มเหลวนั้น | Sev | สาเหตุของความล้มเหลว | Occ | การควบคุมกระบวนการ | Dec | เหตุผลในการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.รอยร้าว | -การแตกหัก | 6 | -ส่วนผสมเหล็กหล่อ | 5 | -ทดสอบด้วยผงแม่เหล็กเหนี่ยวนำ | 3 | -ความเสียหายทำให้รถยนต์ใช้งานไม่ได้แต่มีการตรวจสอยที่ดีและพบของเสียน้อย |
| 2. การตัดท่อไม่ได้ฉาก | -ค่าสมดุลเกิน -เสียงดัง | 5 | -ค่าความฉากที่ท่อไม่ได้ | 8 | -Inspection Jig | 5 | -ทำให้ค่าสมดุลเกินข้อกำหนดและเกิดเสียงดังเกิดของเสียมากแต่มีการตรวจสอบด้วยจิ๊กตรวจสอบ |

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) สรุปการประเมินรูปแบบของความบกพร่อง

| รูปแบบความล้มเหลว | ผลของความล้มความล้มเหลวนั้น | Sev | สาเหตุของความล้มเหลว | Occ | การควบคุมกระบวนการ | Dec | เหตุผลในการประเมิน |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. บิดงอ | -ค่าสมดุลเกิน<br>-เสียงดัง | 5 | -ยันศูนย์ไม่ตรงเซ็นเตอร์ | 8 | -การตรวจสอบมิติ | 3 | -ทำให้งานกลึงเซ็ทติ้งยาก เกิดของเสียบ่อย แต่การตรวจสอบง่าย |
| 4. แหวนหลวม | -ค่าสมดุลเกิน | 5 | -ความเรียบผิว | 5 | การตรวจสอบมิติ | 5 | -ส่งผลกับค่าสมดุลเกิดของเสียไม่มากและตรวจสอบพบได้ง่าย |
| 5. บิดงอ | -ค่าสมดุลเกิน | 6 | -ค่าความร่วมศูนย์ | 6 | - ไม่มีการควบคุม | 7 | - ส่งผลให้ประสิทธิภาพรถยนต์ลดลง เกิดปัญหาบ่อย และไม่มีการควบคุมที่ดี |
| 6. บิดงอ | -ค่าสมดุลเกิน | 5 | -ความดันสูงหรือต่ำเกิน | 5 | - การวัดค่าความดัน | 7 | -ส่งผลกับค่าสมดุลเกิดของเสียไม่มากและการตรวจน้อย |
| 7. บิดงอ | -ค่าสมดุลเกิน | 7 | - อัตราการป้อนลวดเชื่อม | 7 | - ไม่มีการควบคุม | 9 | - ส่งผลให้ประสิทธิภาพรถยนต์ลดลง เกิดปัญหาบ่อย และไม่มีการควบคุม |
| | | 7 | ความดันไฟฟ้า | 7 | - ไม่มีการควบคุม | 9 | - ส่งผลให้ประสิทธิภาพรถยนต์ลดลง เกิดปัญหาบ่อย และไม่มีการควบคุม |
| 8.การประกอบ | -การเสียดสี / ไหม้ | 6 | -ท็อร์ก | 6 | - ไม่มีการควบคุม | 6 | -ส่งผลกับค่าสมดุลมีของเสียมากและการตรวจสอบทำได้ยาก |
| - ค่าสมดุลเกิน | -ประสิทธิภาพลดลง | 7 | -เครื่องทดสอบความสมดุล<br>-พนักงาน | 3 | -การสอบเทียบ | 5 | ส่งผลกับประสิทธิภาพรถยนต์ พบปัญหาไม่บ่อย และมีการสอบเทียบทุกครั้งที่มีการทดสอบ |

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย พรเทพ ลาภธวะศิริ เกิดวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดนครปฐม สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ จากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ หลังจากนั้นเข้าทำงานในตำแหน่งวิศวกร บริษัท ไทยคาวาซากิ มอร์เตอร์ จำกัด จังหวัดสมุทรปราการ ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง วิศวกร บริษัท เอ็มเอ็มซี สิทธิผล จำกัด นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี ผู้เขียนได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2543