การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

นายปัญจวัฒน คงสุวรรณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-2241-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXPERT SYSTEM DEVELOPMENT FOR SELECTING SHEET METAL FABRICATION MACHINE

Mr. Panjawat Kongsuwan

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
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2545
ISBN 974-17-2241-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	**การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น**
โดย	**นายปัญจวัฒน คงสุวรรณ**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมอุตสาหการ**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา**

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมมาภรณ์พิลาศ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญจวัฒน คงสุวรรณ : การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น. (Expert System Development for Selecting Sheet Metal Fabrication Machine) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา, จำนวนหน้า 200 หน้า. ISBN 974-17-2241-9.

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น ซึ่งเป็นระบบที่สร้างบนโปรแกรม Level5 Object ที่ช่วยวิศวกรฝ่ายขายในการเลือกเครื่องจักรที่ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะงานและความต้องการของลูกค้า โดยได้แบ่งกระบวนการทำงานของเครื่องจักรออกเป็น 2 กระบวนการหลัก ๆ คือ กระบวนการทำงานตัดเพื่อให้ได้ชิ้นงานแผ่นคลี่ และกระบวนการทำงานพับเพื่อให้ได้ชิ้นงานแปรรูปขั้นสุดท้าย โครงสร้างของฐานความรู้ได้มาจากทฤษฎีและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และได้จัดโครงสร้างของฐานความรู้ให้อยู่ในรูปของกฎเกณฑ์และเฟรม โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะรับข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะงานและความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นต้องป้อนผ่านทางส่วนติดต่อกับผู้ใช้ จากนั้นก็จะประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ของเครื่องจักรที่เหมาะสมออกมาเป็นชนิด รุ่น และขนาด รวมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรให้ผู้ใช้ ในการตรวจสอบความถูกต้องของระบบ ได้มีการเปรียบเทียบผลการเลือกจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์และจากระบบผู้เชี่ยวชาญ จะปรากฏว่าให้ผลลัพธ์ที่เหมือนกัน ดังนั้นโปรแกรมนี้สามารถที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือทดแทนผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ เพื่อส่งเสริมให้กระบวนการขายมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2545 .....

4371449221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEY WORD: EXPERT SYSTEM / SELECTING / SHEET METAL / FABRICATION / MACHINE

PANJAWAT KONGSUWAN : EXPERT SYSTEM DEVELOPMENT FOR SELECTING SHEET METAL FABRICATION MACHINE. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 200 pp. ISBN 974-17-2241-9.

Expert System for Selecting Sheet Metal Fabrication Machine is the application created on Level5 Object Program to assist sales engineer to choose the most suitable machine for customer's demand and characteristic of works. The system divides work process of the machines into two categories which are cutting process for blank workpiece and bending process for final-step fabricated workpiece. The structure of knowledge base derives from 3 experienced experts, and it is arranged in the form of frame and rule base. The program receives information about characteristic of work and necessary fundamental data from users through the user interface. Then, it will process and show the result of the suitable machine as type, model, size, and specifications. To verify the reliability of the system, the opinion of experts and the result from the program are compared and found that the same machine is selected. So this program would be used as the substitution of human expert to support and make sales process achieve higher efficiency.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department....Industrial Engineering..... Student's signature.....
Field of study..Industrial Engineering.... Advisor's signature.....
Academic year …2002.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยความช่วยเหลือจาก รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าทำงานวิจัย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุก ๆ ท่าน ที่ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นในการทำวิจัยจนทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ในบริษัท ที่ให้คำปรึกษา ความคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่าง ๆ และขอขอบพระคุณเพื่อน ๆ น้อง ๆ ที่คอยให้กำลังใจ โทรปลุก และกระตุ้นให้มีพลังในการทำงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่คอยเป็นห่วง ให้กำลังใจ และสนับสนุนอยู่เบื้องหลังตลอดมา รวมทั้งขอขอบพระคุณพี่ชาย พี่สาว และบุคคลอื่น ๆ ในครอบครัวที่คอยหยิบยื่นความช่วยเหลือมาให้เท่าที่จะทำได้ให้แก่ข้าพเจ้า จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญภาพ..... ฏ
สารบัญตาราง..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมา..... 1
1.2 ความสำคัญของปัญหา..... 1
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6
2.1 บทนำ..... 6
2.2 นิยามระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 7
2.3 การประยุกต์ใช้งาน..... 8
2.4 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 9
2.5 เปรียบเทียบระบบทั่ว ๆ ไปกับระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 11
2.6 ประโยชน์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 13
2.7 ข้อจำกัดของระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 14
2.8 ขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 15
2.9 เครื่องมือสำหรับพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 17
2.10 ตัวอย่างการวิจัยทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านมา..... 19
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 21
2.12 สรุป..... 24

บทที่ 3 การสำรวจและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย..... 25
3.1 บทนำ..... 25
3.2 กระบวนการทำงานแปรรูปโลหะแผ่น..... 25

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3 ประเภทของผลิตภัณฑ์..... 26
3.3.1 เครื่องตัดเลเซอร์..... 26
3.3.2 เครื่องเจาะ CNC..... 32
3.3.3 เครื่องตัด..... 37
3.3.4 เครื่องเจาะกึ่ง Manual..... 40
3.3.5 เครื่องบากมุม..... 42
3.3.6 เครื่องพับ..... 43
3.4 ความรู้เกี่ยวกับวัสดุ..... 55
3.4.1 โลหะแผ่นเหล็ก..... 55
3.4.2 โลหะแผ่นสเตนเลส..... 58
3.4.3 โลหะแผ่นอลูมิเนียม..... 59
3.5 ข้อควรพิจารณาในการเลือกเครื่องจักร..... 60
3.5.1 การเลือกเครื่องตัด..... 60
3.5.2 การเลือกเครื่องบากมุม..... 61
3.5.3 การเลือกเครื่องเจาะกึ่ง Manual..... 61
3.5.4 การเลือกเครื่องเจาะ CNC..... 62
3.5.5 การเลือกเครื่องตัดเลเซอร์..... 63
3.5.6 การเลือกเครื่องพับ..... 64
3.6 ความรู้เรื่องการคำนวณแรงที่ใช้ในการพับ..... 64
3.6.1 การใช้ตารางแรงอัดอ้างอิง..... 65
3.6.2 การใช้สูตรคำนวณ..... 66
3.7 สรุป..... 67

บทที่ 4 ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น..... 68
4.1 บทนำ..... 68
4.2 โปรแกรมพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ Level5 Object..... 69
4.3 ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น..... 71
4.3.1 การเสาะหาความรู้..... 71
4.3.2 การจัดการความรู้..... 74
4.3.3 กลไกการวินิจฉัย..... 88
4.3.4 การติดต่อผู้ใช้..... 89
4.4 การเขียนโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญด้วย Level5 Object 102

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4.1 ตัวอย่างหน้าที่ของอ๊อปเจคในส่วนของคลาส..... 102
4.4.2 ตัวอย่างการทำงานของกฎเกณฑ์ในส่วนของ All Demons 105
4.4.3 ตัวอย่างการทำงานของกฎเกณฑ์ในส่วนของ All When Changed Methods.. 106
4.4.4 ตัวอย่างการทำงานของกฎเกณฑ์ในส่วนของ All Rules 110
4.5 การออกแบบโปรแกรม และผังการไหลของงาน..... 114
4.6 สรุป..... 126

บทที่ 5 การทดสอบการทำงานของโปรแกรม..... 127
5.1 บทนำ..... 127
5.2 แอททริบิวต์ในหน้าจอคำถามสำหรับผู้ใช้..... 127
5.2.1 แอททริบิวต์สำหรับการเลือกเครื่องจักรกระบวนการตัด..... 127
5.2.2 แอททริบิวต์สำหรับการเลือกเครื่องจักรกระบวนการพับ..... 136
5.3 ตัวอย่างที่ 1 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด..... 143
5.3.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้..... 143
5.3.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล..... 143
5.3.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์..... 144
5.3.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 144
5.4 ตัวอย่างที่ 2 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด..... 147
5.4.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้..... 147
5.4.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล..... 147
5.4.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์..... 148
5.4.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 148
5.5 ตัวอย่างที่ 3 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด..... 150
5.5.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้..... 150
5.5.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล..... 150
5.5.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์..... 151
5.5.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 152
5.6 ตัวอย่างที่ 4 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ..... 153
5.6.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้..... 153
5.6.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล..... 153
5.6.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์..... 154

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.6.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 155
5.7 ตัวอย่างที่ 5 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ..... 156
5.7.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้..... 156
5.7.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล..... 156
5.7.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์..... 157
5.7.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 158
5.8 การประเมินผลระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 160
5.8.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญมนุษย์..... 160
5.8.2 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับผู้ใช้..... 163
5.9 สรุป..... 170

บทที่ 6 สรุปผลและเสนอแนะ..... 171
6.1 สรุปผลการวิจัย..... 171
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 173

รายการอ้างอิง..... 174

ภาคผนวก ก. การใช้ตารางแรงอัดอ้างอิงคำนวณแรงที่ใช้ในการพับ..... 176
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างเพิ่มเติมของการทดสอบโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 184

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 200

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 10
2.2 ระดับเทคโนโลยีของระบบผู้เชี่ยวชาญ..... 17
3.1 ทางเลือกต่าง ๆ ของกระบวนการทำงานแปรรูปโลหะแผ่น..... 26
3.2 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC-αIII Series..... 27
3.3 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC-βIII Series..... 28
3.4 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น FO Series..... 29
3.5 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น Quattro..... 30
3.6 รูปเครื่อง Combination รุ่น ApelioIII..... 31
3.7 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น ARIES Series..... 32
3.8 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น PEGA Series..... 33
3.9 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น COMA Series..... 33
3.10 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS 20 Tons Series..... 34
3.11 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS-QUEEN Series..... 35
3.12 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS-KING Series..... 35
3.13 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS 50 Tons Series..... 36
3.14 รูปเครื่องตัด รุ่น NS-Type Series..... 37
3.15 รูปเครื่องตัด รุ่น M-Type Series..... 38
3.16 รูปเครื่องตัด รุ่น ESH-Type Series..... 39
3.17 รูปเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II MS Series..... 40
3.18 รูปเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II SS Series..... 41
3.19 รูปเครื่องบากมุมรุ่น CS Series..... 42
3.20 รูปเครื่องพับรุ่น RG-AT/BG Series..... 43
3.21 รูปเครื่องพับรุ่น RG-NC9EV Series..... 44
3.22 รูปเครื่องพับรุ่น RG-NC9LD Series..... 46
3.23 รูปเครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV Series..... 47
3.24 รูปเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9LD Series..... 48
3.25 รูปเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9FS Series..... 50
3.26 รูปเครื่องพับรุ่น FBDIII-NT Series..... 51
3.27 รูปเครื่องพับรุ่น HFE Series..... 53
3.28 รูปเครื่องพับรุ่น HFT Series..... 54
3.29 ตารางแรงอัดอ้างอิง..... 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 4.1 กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น..... 69
4.2 แสดงลักษณะหน้าจอโปรแกรมของ Level5 Object..... 70
4.3 แสดงเครื่องมือในการสร้างหน้าจอของโปรแกรม Level5 Object..... 70
4.4 หน้าจอตาราง Fab..... 77
4.5 หน้าจอตาราง Shearing..... 78
4.6 หน้าจอตาราง CrShear..... 79
4.7 หน้าจอตาราง SetPress..... 80
4.8 หน้าจอตาราง Punching..... 81
4.9 หน้าจอตาราง Laser..... 82
4.10 หน้าจอตาราง Apelio 83
4.11 หน้าจอตาราง BendSpec..... 84
4.12 หน้าจอตาราง TonTable..... 85
4.13 หน้าจอตาราง SizeCode..... 86
4.14 หน้าจอตาราง HfCode..... 87
4.15 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม..... 89
4.16 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 1..... 90
4.17 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 2..... 91
4.18 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 3..... 92
4.19 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 4..... 93
4.20 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 5..... 94
4.21 หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด
หน้าจอที่ 1 95
4.22 หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด
หน้าจอที่ 2..... 96
4.23 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 1..... 97
4.24 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 2..... 98
4.25 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 3..... 99
4.26 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 4.....100
4.27 หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ.....101
4.28 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด..... 116-120
4.29 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ..... 121-125

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5.1 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 1..... 145
5.2 ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 1..... 146
5.3 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 1..... 146
5.4 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 2..... 147
5.5 ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 2..... 149
5.6 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 2..... 150
5.7 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 3..... 152
5.8 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 3..... 153
5.9 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 4..... 155
5.10 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 4..... 156
5.11 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 5..... 158
5.12 ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 5..... 159
5.13 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 5..... 159

ภาคผนวก ก.

รูปที่ ก.1 ตารางแรงอัดอ้างอิง..... 176
ก.2 วิธีการคำนวณระยะปีกการพับน้อยที่สุด..... 177

ภาคผนวก ข.

รูปที่ ข.1 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1..... 186
ข.2 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1..... 187
ข.3 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1..... 187
ข.4 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2..... 190
ข.5 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2..... 190
ข.6 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2..... 191
ข.7 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 3..... 193
ข.8 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 3..... 194
ข.9 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 4..... 196
ข.10 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 4..... 196
ข.11 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 5..... 199
ข.12 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 5..... 199

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 รายการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระบบทั่ว ๆ ไป และ ระบบผู้เชี่ยวชาญ.....12

3.1 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ LC-αIII Series ขนาดต่าง ๆ.....27

3.2 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ LC-βIII Series ขนาดต่าง ๆ..... 28

3.3 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ FO Series ขนาดต่าง ๆ..... 29

3.4 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ Quattro..... 30

3.5 รายละเอียดเครื่อง ApelioIII Series ขนาดต่าง ๆ..... 31

3.6 รายละเอียดเครื่อง ARIES Series ขนาดต่าง ๆ..... 32

3.7 รายละเอียดเครื่อง PEGA Series ขนาดต่าง ๆ..... 33

3.8 รายละเอียดเครื่อง COMA Series ขนาดต่าง ๆ..... 34

3.9 รายละเอียดเครื่อง VIPROS 20 Tons Series ขนาดต่าง ๆ..... 34

3.10 รายละเอียดเครื่อง VIPROS-QUEEN Series ขนาดต่าง ๆ..... 35

3.11 รายละเอียดเครื่อง VIPROS-KING Series ขนาดต่าง ๆ..... 36

3.12 รายละเอียดเครื่อง VIPROS 50 Tons Series ขนาดต่าง ๆ..... 36

3.13 รายละเอียดเครื่องตัด NS-Type Series ขนาดต่าง ๆ..... 37

3.14 รายละเอียดเครื่องตัด M-Type Series ขนาดต่าง ๆ..... 38

3.15 รายละเอียดเครื่องตัด ESH-Type Series ขนาดต่าง ๆ..... 39

3.16 รายละเอียดเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II MS Series..... 40

3.17 รายละเอียดเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II SS Series ขนาดต่าง ๆ..... 41

3.18 รายละเอียดเครื่องบากมุม รุ่น CS Series ขนาดต่าง ๆ..... 42

3.19 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-AT/BG Series ขนาด 35 – 125 ตัน..... 43

3.20 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-AT/BG Series ขนาด 150 – 400 ตัน..... 44

3.21 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-NC9EV Series ขนาด 35 – 125 ตัน..... 45

3.22 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-NC9EV Series ขนาด 150 – 400 ตัน..... 45

3.23 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-NC9LD Series ขนาดต่าง ๆ..... 46

3.24 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV Series ขนาด 35 – 125 ตัน..... 47

3.25 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV Series ขนาด 150 – 400 ตัน..... 48

3.26 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9LD Series ขนาด 35 – 100 ตัน..... 49

3.27 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9LD Series ขนาด 100 – 200 ตัน..... 49

3.28 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9FS Series ขนาด 35 – 100 ตัน..... 50

3.29 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9FS Series ขนาด 100 – 200 ตัน..... 51

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 3.30 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NT Series ขนาด 35 – 100 ตัน..... 52
3.31 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NT Series ขนาด 100 – 200 ตัน..... 52
3.32 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น HFE Series ขนาดต่าง ๆ..... 53
3.33 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น HFT Series ขนาดต่าง ๆ..... 54
3.34 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กรีดร้อน SS..... 55
3.35 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กแผ่นรีดเย็น SPC..... 56
3.36 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กแผ่นเหนียวรีดร้อน SPH..... 56
3.37 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กที่ชุบผิวด้วยสังกะสี..... 57
3.38 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กที่ชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า..... 57
3.39 ตัวอย่างเกรดของแผ่นเหล็กสเตนเลส..... 58
3.40 คุณสมบัติพิเศษของแผ่นเหล็กสเตนเลสเกรดตัวอย่าง..... 58
3.41 ตัวอย่างเกรดของแผ่นอลูมิเนียมอัลลอย..... 59
3.42 คุณสมบัติพิเศษของแผ่นอลูมิเนียมอัลลอยเกรดตัวอย่าง..... 59
3.43 ขนาดมาตรฐานของแผ่นวัสดุ..... 60

ภาคผนวก ก.

ตารางที่ ก.1 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ V..... 178
ก.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ t..... 179
ก.3 ความต้านทานแรงดึงของวัสดุชนิดต่าง ๆ..... 180

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ ชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่เป็นสิ่งของเครื่องใช้ และสิ่งอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันของมนุษย์นั้นมีอยู่มากมายหลายประเภท ซึ่งทำมาจากวัสดุหลากหลายชนิด อาทิเช่น ไม้ โลหะ อโลหะ พลาสติก ฯลฯ จากสภาพเริ่มต้นของวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ ได้ผ่านกระบวนการผลิตและแปรรูปจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่เราต้องการ

สำหรับอุตสาหกรรมการแปรรูปโลหะแผ่น โดยทั่วไปแล้วกระบวนการทำงานแปรรูป ได้แก่ กระบวนการตัด การเจาะ การขึ้นรูป เป็นต้น จำเป็นที่จะต้องใช้เทคโนโลยี เครื่องมือ และเครื่องจักรเข้ามาเป็นองค์ประกอบหนึ่งในการทำงานผลิตและแปรรูป

บริษัทตัวอย่าง เป็นผู้ผลิต จำหน่าย และบริการ เกี่ยวกับเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น อาทิเช่น เครื่องตัด เครื่องตัดเลเซอร์ เครื่องเจาะ CNC เครื่องเจาะกึ่ง Manual เครื่องบากมุม และเครื่องพับ เป็นต้น ซึ่งทางบริษัทได้ค้นคว้า วิจัย ปรับปรุง และพัฒนาเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นประเภทต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องมากว่า 50 ปี เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการในการทำงาน และความพอใจอันสูงสุดของลูกค้า

1.2 ความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากเครื่องจักรสำหรับงานแปรรูปโลหะแผ่นที่บริษัทนำเสนอเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้ามีจำนวนมากมาย หลายชนิด หลายรุ่น หลายขนาด และแต่ละเครื่องจะมีความสามารถและฟังก์ชันการทำงานที่แตกต่างกัน

ปัจจุบันการเลือกเครื่องจักรเพื่อให้เหมาะสมต่อการทำงานและความต้องการของลูกค้านั้นเป็นหน้าที่ของวิศวกรฝ่ายขายที่ต้องประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้มาจากประสบการณ์ จากการศึกษาด้วยตนเอง จากการเรียนการสอนของวิศวกรฝ่ายที่ปรึกษา หรือบางครั้งก็ใช้การเดาสุ่ม แต่โดยแท้จริงแล้วผู้ที่พิจารณาเลือกเครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องมีทักษะและความรู้ทางด้านวัสดุ กระบวนการทำงาน ความสามารถและรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรประกอบด้วย

จากสภาวะดังกล่าวทำให้มีลักษณะของปัญหาดังต่อไปนี้ คือ

1) วิศวกรฝ่ายขายซึ่งออกไปพบลูกค้าเพื่อเสนอขายเครื่องจักร ยังขาดความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมกับลักษณะงาน และความต้องการของลูกค้า
2) ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือช่วยที่จะสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับวิศวกรฝ่ายขาย
3) ในบางครั้งเกิดความผิดพลาดขึ้นจากการเลือกเครื่องจักรผิด ซึ่งอาจจะทำให้เครื่องจักรที่เลือกให้กับลูกค้านั้นมีความสามารถไม่เพียงพอ หรืออาจจะไม่ได้เสนอทางเลือกทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่ชัดเจนให้กับลูกค้าพิจารณา
4) การทำงานของพนักงานฝ่ายขายขาดความยืดหยุ่น เพราะมีการแบ่งความรับผิดชอบออกเป็นแผนกตามประเภทของเครื่องจักร ดังนั้นในบางกรณีที่วิศวกรฝ่ายขายที่ออกไปหาลูกค้าไม่มีความรู้เกี่ยวกับเครื่องจักรประเภทที่ลูกค้าสนใจ ก็จะไม่สามารถให้คำตอบกับลูกค้าได้ ทำให้เกิดการรอคอย ลดระดับความพึงพอใจ ความสนใจ และสูญเสียโอกาสในการขายได้
5) วิศวกรที่พอจะมีความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นภายในองค์กรซึ่งทำงานสนับสนุนอยู่เบื้องหลังมีอยู่จำกัด และแต่ละคนก็มีความเชี่ยวชาญเฉพาะในเครื่องจักรบางประเภท ยังไม่มีบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญครบถ้วนภายในบุคคลเดียว

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงได้มุ่งประเด็นไปสู่การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น ที่เปรียบเสมือนกับผู้เชี่ยวชาญทางด้านงานแปรรูปโลหะแผ่น ซึ่งฐานความรู้ได้รวบรวมมาจากหนังสือ ตำรา และผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ คน โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยวิศวกรฝ่ายขายในการตัดสินใจนำเสนอขายเครื่องจักรที่เหมาะสมให้กับลูกค้า

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่เหมาะสมกับลักษณะของงานและความต้องการของลูกค้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. การวิจัยมุ่งศึกษาเฉพาะเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นสำหรับกระบวนการทำงานตัดชิ้นงานตามแบบแผ่นคลี่และกระบวนการทำงานพับขึ้นรูป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทตัวอย่างเท่านั้น
2. เครื่องจักรที่นำมาใช้ในการพิจารณา จำกัดอยู่ใน 6 ประเภท ดังต่อไปนี้
   - เครื่องตัด (Shearing Machine)
   - เครื่องตัดเลเซอร์ (Laser Machine)
   - เครื่องเจาะ CNC (CNC Punching Machine)
   - เครื่องเจาะกึ่ง Manual (Punch Press Machine)
   - เครื่องบากมุม (Corner Shear Machine)
   - เครื่องพับ (Bending Machine)
3. ตัวอย่างแอททริบิวต์ต่าง ๆ ที่สำคัญในการพิจารณาเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด
   1) ชนิดของวัสดุ (Type of Material)
   2) ความหนาของวัสดุ (Thickness of Material)
      - ความหนาปกติ (Typical Thickness)
      - ความหนาสูงสุด (Maximum Thickness)
   3) ขนาดกำลังของเครื่องจักร (Capacity)
   4) ขนาดมาตรฐานของแผ่นวัสดุที่นำมาใช้ (Standard Sheet Size)
   5) รูปร่างของเส้นขอบของชิ้นงาน (Outer Shape)
   6) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน (Hole Shape)
   7) ปริมาณของรูภายในชิ้นงาน (Amount of Hole)
   8) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน (Type of Difference Hole)
   9) รูปแบบตำแหน่งของรูภายในชิ้นงาน (Pattern of Hole)
   10) ลักษณะเฉพาะของงานที่ผลิต (Product Characteristics)
   11) ปริมาณการผลิต (Production Quantity)
   12) การขึ้นรูปของชิ้นงาน (Forming)
   13) ระดับเสียงในการทำงาน (Noise)
   14) ความเร็วในการทำงาน (Speed)
   15) ความแม่นยำของตำแหน่ง (Positioning Accuracy)
   16) ความเที่ยงตรงในการทำซ้ำ (Repeat Accuracy)
   17) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน (Programming)
   18) งบประมาณ (Budget)
   19) ทัศนคติพิเศษ (Special Opinion)

4. ตัวอย่างแอททริบิวต์ต่าง ๆ ที่สำคัญในการพิจารณาเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

   1) ชนิดของวัสดุ (Type of Material)
   2) ความหนาของวัสดุ (Thickness of Material)
      - ความหนาปกติ (Typical Thickness)
      - ความหนาสูงสุด (Maximum Thickness)
   3) ขนาดกำลังของเครื่องจักร (Bending Capacity)
   4) ขนาดหน้ากว้างการพับ (Bending Length)
   5) รัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ (Inner Radius of Bending)
   6) ระยะปีกการพับน้อยสุด (Minimum Bending Flange)
   7) ระยะหน้าเปิดเครื่องจักร (Open Height)
   8) ระบบที่กั้นหลังของชิ้นงาน (Backgauge System)
   9) องศาการพับ (Bending Angle)
   10) ทิศทางการพับ (Bending Direction)
   11) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน (Programming)
   12) ความแม่นยำการพับ (Precision)
   13) ความเที่ยงตรงในการทำซ้ำ (Repeat Accuracy)
   14) ความเร็วในการเคลื่อนที่พับ (Bending Speed)
   15) ทิศทางการเคลื่อนที่พับของระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Driving Direction)
   16) งบประมาณ (Budget)
   17) ทัศนคติพิเศษ (Special Opinion)

5. ต้นแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญจะพัฒนาสร้างขึ้นมาโดยใช้เครื่องมือสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญชนิดระบบ Hybrid (Hybrid System หรือ Environments) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญโดยเฉพาะ ที่มีชื่อว่า Level5 Object

6. ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถที่จะติดต่อกับผู้ใช้ได้ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย

7. การทดสอบและตรวจสอบความถูกต้องของระบบผู้เชี่ยวชาญ จะตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ซึ่งเป็นบุคคลภายในองค์กรจำนวน 3 ท่าน

8. คำตอบที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญอาจจะมีได้มากกว่าหนึ่งทางเลือก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. จะได้ต้นแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น ที่สามารถนำไปขยายผลใช้งาน ใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นของวิศวกรฝ่ายขาย

2. ช่วยวิศวกรฝ่ายขายในการเรียนรู้เกี่ยวกับการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์และความต้องการของลูกค้า

3. ช่วยลดความผิดพลาดในการเลือกเครื่องจักรผิดหรือการเลือกเครื่องจักรที่มีความสามารถไม่เพียงพอ

4. ช่วยส่งเสริมให้ขบวนการขายมีความต่อเนื่องและมีความยืดหยุ่นมากขึ้น

5. ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถเก็บรวบรวมไว้ในคอมพิวเตอร์ ซึ่งง่ายต่อการเพิ่มเติมความรู้ใหม่ ๆ และปรับปรุงแก้ไข และความรู้นั้นจะคงอยู่ต่อไป ไม่สูญหายไปตามการหมุนเวียนหรือเปลี่ยนพนักงาน

6. สามารถนำต้นแบบระบบผู้เชี่ยวชาญไปพัฒนาเพิ่มเติมความรู้ ปรับปรุงแก้ไข เพื่อทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญมีความทันสมัยอยู่เสมอได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) หรือ AI เป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่สนใจและวิจัยในด้านการทำความเข้าใจ เกี่ยวกับวิธีการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถแสดงความฉลาดเช่นมนุษย์ออกมาได้ เช่น การคิด การหาเหตุผล การรับรู้ เป็นต้น

AI จัดได้ว่าเป็นพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์สำหรับเทคโนโลยีทางด้านการค้าหลายอย่าง ซึ่งแขนงต่าง ๆ ของ AI และการประยุกต์ใช้งาน สามารถจัดแบ่งประเภทออกไปได้เป็น 8 สาขาพิเศษ ดังนี้

1. การวางแผนและแก้ไขปัญหา (Problem Solving and Planning) เป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักใช้หลักทั่ว ๆ ไป มาแก้ปัญหาทั่ว ๆ ไป จะเกี่ยวข้องกับการปะติดปะต่อระบบของลำดับชั้นเป้าหมาย กลไกปรับปรุงการวางแผนใหม่ และค้นหาเป้าหมายที่สำคัญ
2. ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Systems) เป็นการทำหน้าที่แทนผู้เชี่ยวชาญในการแก้ปัญหา ให้คำปรึกษา หรืออื่น ๆ ที่ต้องใช้ความรู้ในระดับผู้เชี่ยวชาญ จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางความรู้ และ แก้ปัญหาซึ่งต้องใช้การตัดสินใจที่ซับซ้อน
3. การประมวลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing) เป็นการสร้างความสามารถให้กับคอมพิวเตอร์ในการเข้าใจภาษามนุษย์ ทั้งทางด้านการฟัง พูด อ่าน เขียน โดยสามารถโต้ตอบโดยใช้ภาษาธรรมชาติเหมือนมนุษย์คนหนึ่ง
4. ด้านหุ่นยนต์ (Robotics) จะเกี่ยวข้องกับการควบคุมหุ่นยนต์ให้จับต้องหรือคว้าวัตถุได้ และใช้ข่าวสารจากระบบเซ็นเซอร์เพื่อนำทางการกระทำต่าง ๆ ได้แก่ การควบคุมการเคลื่อนไหว การตัดสินใจต่าง ๆ ภายใต้เหตุการณ์และสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปของหุ่นยนต์
5. การมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) เป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์มองเป็น จะเกี่ยวข้องกับการมองเห็นเป็นเรื่องเป็นราว การวิเคราะห์ภาพ เข้าใจรูปบนจอ และได้มาซึ่งการเคลื่อนไหวและการทำงาน
6. การเรียนรู้ (Learning) จะเกี่ยวข้องกับการการวิจัยค้นคว้าและพัฒนาในรูปแบบที่แตกต่างออกไปเพื่อการการเรียนรู้ของเครื่องจักร

7. Genetic Algorithms มันเป็นอัลกอริทึมดัดแปลงซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้ประจำตัว มันถูกใช้ในการค้นหา การเรียนรู้ของเครื่องจักร และการทำ Optimization
8. Neural Networks จะเกี่ยวข้องกับการจำลองปัญหาในการเรียนรู้ในมันสมองของมนุษย์ โดยการรวมเอาการจดจำรูปแบบ (Pattern Recognition) การให้เหตุผลโดยวิธีพิจารณาจากหลักทั่วไป (Deductive Reasoning) และ การคำนวณเชิงตัวเลข เป็นต้น

จากหัวข้อทั้ง 8 หัวข้อเหล่านี้ ระบบผู้เชี่ยวชาญจัดได้ว่าเป็นความสามารถที่เป็นที่ต้องการมากที่สุดเพื่อการตัดสินใจอัตโนมัติในการแก้ไขปัญหาทางวิศวกรรม

2.2 นิยามระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นสาขาย่อยของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งศาสตราจารย์ Edward Feigenbaum แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ซึ่งเป็นนักค้นคว้าชั้นแนวหน้าในสาขาปัญญาประดิษฐ์ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีความฉลาดด้วยการใช้ความรู้และขบวนการอนุมาน (Inference Procedure) ในการแก้ปัญหาที่ยุ่งยากขนาดที่ต้องใช้ประสบการณ์ความชำนาญของมนุษย์จึงจะแก้ไขได้ กล่าวคือระบบผู้เชี่ยวชาญคือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เก็บทั้งความรู้เกี่ยวกับปัญหาที่จะแก้และขบวนการอนุมานเพื่อนำไปสู่ผลสรุปหรือคำตอบของปัญหานั้น

ระบบผู้เชี่ยวชาญตามคำจำกัดความของ Heyes-Roth, Waterman and Lenet (1983) เป็นระบบที่สามารถแก้ปัญหาที่ยากได้ ซึ่งปกติจะต้องแก้โดยผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น ระบบผู้เชี่ยวชาญเน้นการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างและอยู่ในขอบเขตที่จำกัด โดยระบบจะอาศัยความรู้ที่มีอยู่ภายในตัวเองทำการอนุมานร่วมกับความจริงที่ได้จากผู้ใช้ แล้วให้คำตัดสินหรือคำวินิจฉัยเป็นคำตอบออกมา

ระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ โปรแกรมที่สามารถแก้ปัญหาได้หลายอย่าง โดยที่ทั่วไปยอมรับแล้วว่าปัญหานั้นแก้ไขได้ยากต้องใช้เวลาในการแก้ไขนาน และที่สำคัญปัญหานั้นไม่ใช่ใครก็แก้ไขได้ แต่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านจริง ๆ สำหรับระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ บางครั้งจะถูกเรียกว่าระบบฐานความรู้ (Knowledge Based System) ทั้งนี้เพราะการทำงานของระบบจะต้องอาศัยความจริงและกฎของเรื่องนั้น ๆ รวบรวมเป็นความรู้ แล้วเก็บไว้ในรูปของฐานข้อมูลที่เรียกว่า ฐานความรู้

ระบบผู้เชี่ยวชาญจะถูกใช้เพื่อทำงานที่ซับซ้อนมาก ๆ ซึ่งในอดีตงานประเภทนี้จะสามารถทำได้ก็ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์เท่านั้น ด้วยวิธีการประยุกต์ใช้งานด้านปัญญาประดิษฐ์ ระบบผู้เชี่ยวชาญจะรับเอาความรู้พื้นฐานซึ่งมนุษย์เป็นผู้ใส่ให้ มาประเมินผลเช่นเดียวกับการที่มนุษย์แก้ปัญหาที่ซับซ้อน

กล่าวโดยสรุปได้ว่าระบบผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองพฤติกรรมของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ เมื่อประสบกับการแก้ปัญหาในเรื่องหนึ่ง ๆ โดยเป็นโปรแกรมที่รวบรวมข้อมูลส่วนสำคัญซึ่งได้รับจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์สำหรับการนำมาเป็นข้อมูลในการพิจารณาหรือให้คำแนะนำแก่บุคคลที่ต้องการคำปรึกษาในเรื่องนั้น ๆ

2.3 การประยุกต์ใช้งาน

ระบบผู้เชี่ยวชาญได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการประยุกต์ใช้งานด้านต่าง ๆ โดยทั่วไปการแบ่งประเภทของระบบผู้เชี่ยวชาญจะยึดถือตามลักษณะงานที่ระบบผู้เชี่ยวชาญถูกออกแบบมาใช้งาน ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

1. ระบบควบคุม (Controlling System) เป็นการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อบังคับการทำงานของส่วนประกอบบางชิ้นหรือทั้งระบบให้เกิดการทำงานอัตโนมัติอย่างชาญฉลาด เช่น ระบบผลิตชิ้นส่วนสำหรับรถยนต์ หรือระบบผลิตแม่พิมพ์ ระบบเครื่องกัดที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ การประยุกต์ใช้งานหลายอย่างจะเกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลป้อนกลับจากระบบเซ็นเซอร์
2. ระบบแก้ไขข้อผิดพลาด (Debugging System) เป็นการให้คำแนะนำเพื่อการแก้ไขข้อผิดพลาดให้ถูกต้อง ระบบนี้อาจจะใช้ในการระบุแหล่งที่มาของความยุ่งยากหรือความผิดพลาดและจากนั้นจะกำหนดทางแก้ปัญหาเพื่อแก้ไขความผิดพลาดเหล่านั้น
3. ระบบออกแบบ (Designing System) เป็นการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับข้อกำหนดต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่เราสนใจโดยเฉพาะเพื่อพัฒนาสร้างผลิตภัณฑ์นั้นขึ้นมาใช้ประโยชน์ให้ตรงตามข้อจำกัดหรือรายละเอียดที่ผู้ใช้กำหนด ระบบนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการออกแบบหรือช่วยเหลือเครื่องมือออกแบบอื่นก็ได้
4. ระบบวินิจฉัย (Diagnosis System) เป็นระบบที่ใช้ในการวินิจฉัยปัญหาต่าง ๆ เพื่อหาข้อสรุปว่ามีสาเหตุมาจากอะไร ระบบวินิจฉัยจะแตกต่างจากระบบแก้ไขข้อผิดพลาดตรงที่ไม่ได้กำหนดบอกทางแก้ไขที่ถูกต้อง เช่น การวินิจฉัยโรคตามอาการ วินิจฉัยข้อบกพร่องของเครื่องจักรเครื่องกลต่าง ๆ เป็นต้น สามารถกล่าวได้ว่าระบบผู้เชี่ยวชาญที่ประสบความสำเร็จจำนวนมากถูกสร้างขึ้นมาเพื่อการใช้งานด้านวินิจฉัยนี่เอง
5. ระบบตรวจจับ (Monitoring System) เป็นระบบตรวจลักษณะสัญญาณต่อเนื่องเพื่อส่งคำเตือนหรือตัดสินใจใด ๆ เมื่อมีอาการผิดปกติของสัญญาณที่ได้รับ เช่น การควบคุมและให้คำแนะนำการปฏิบัติงานของโรงงานไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์
6. ระบบช่วยสอนหรือฝึกอบรม (Instruction System) เป็นการใช้งานเพื่อช่วยสอนหรือฝึกอบรมทางคอมพิวเตอร์ ระบบนี้จะช่วยแก้ปัญหาเรื่องความยืดหยุ่นของกลยุทธ์ในการสอนเพราะว่ามันสามารถตัดสินใจได้ตามธรรมชาติของความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนแต่ละคนนำมาเพื่อสถานการณ์การเรียนรู้นั้น ๆ

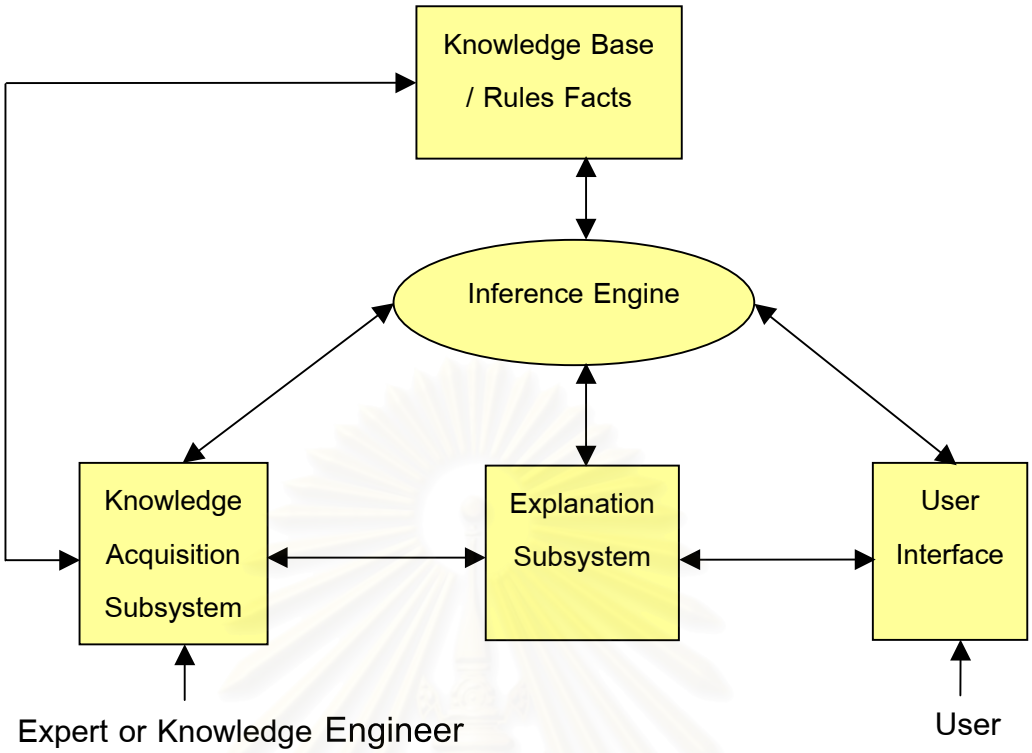
7. ระบบวิเคราะห์ผลจากข้อมูล (Interpretation System) จะเกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมรูปแบบต่าง ๆ ที่หลากหลายของข้อมูลป้อนเข้า และจากนั้นจะทำการวิเคราะห์ผลของข้อมูลแปลความหมายทำให้สถานการณ์ชัดเจนขึ้น เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลข่าวกรองทางการทหาร การวิเคราะห์สัญลักษณ์หรือรูปภาพ
8. ระบบวางแผน (Planning System) จะเกี่ยวข้องกับเทคนิคการวางแผนต่าง ๆ ซึ่งวางแผนวิธีการหรือกลยุทธ์เพื่อพัฒนาให้ได้มาซึ่งเป้าหมายที่กำหนด เช่น การวางกลยุทธ์หรือยุทธวิธีทางทหาร การจัดการโครงการ การวางกำหนดการผลิต และกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหา
9. ระบบพยากรณ์ (Prediction System) เป็นการคาดหมายเหตุการณ์ในอนาคตอย่างชาญฉลาด จะเกี่ยวข้องกับการใช้ข้อมูลป้อนเข้าเพื่อลงความเห็นถึงเหตุการณ์ที่จะเป็นไปได้ในอนาคต ระบบนี้อาจจะทดสอบเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดและจากนั้นเลือกเหตุการณ์เดียวที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูลป้อนเข้า เช่น การพยากรณ์อากาศจากข้อมูลดิบ
10. ระบบซ่อมบำรุง (Repair System) จะเป็นส่วนขยายของระบบ Debugging ระบบนี้จะให้คำแนะนำทางแก้ปัญหา การสนับสนุนทดลองใช้ รวมถึงความต้องการใช้เครื่องมือต่างๆ จะเห็นได้ว่าระบบซ่อมบำรุงต้องครอบคลุมถึงความสามารถในการวินิจฉัย การแก้ไข และวางแผนด้วย เช่น การวางมาตรการและแผนงานซ่อมบำรุงระบบเครือข่ายงานสื่อสาร

2.4 โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบผู้เชี่ยวชาญโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนประกอบ 5 ส่วน ได้แก่ ฐานความรู้ (Knowledge Base) เครื่องอนุมาน (Inference Engine) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ส่วนดึงความรู้ (Knowledge Acquisition Subsystem) และส่วนอธิบาย (Explanation Subsystem) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ส่วนที่มีความสำคัญมากซึ่งเป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะขาดเสียไม่ได้ คือ ฐานความรู้ เครื่องอนุมาน และ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้

1. ฐานความรู้ (Knowledge Base)

ส่วนนี้เปรียบเสมือนกับข้อมูลในซอฟต์แวร์ธรรมดา หรือ ฐานข้อมูล (Database) ในระบบสารสนเทศ (Information System) เป็นส่วนที่ใช้เก็บความรู้ทุกประเภทไม่ว่าจะเป็นความรู้ที่ได้จากตำราหรือความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ ฐานความรู้นี้จะอยู่ในรูปของกฎ และ ข้อเท็จจริง ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้ความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะปัญหาใดปัญหาหนึ่งในขอบเขตที่เราให้ความสนใจ ปัญหาหลักของฐานความรู้ คือ การเลือกวิธีการแสดงความรู้หรือโครงสร้างสำหรับเก็บความรู้ที่เหมาะสม ปัญหานี้เปรียบได้กับการเลือกโครงสร้างข้อมูลหรือโครงสร้างฐานข้อมูลที่เหมาะสมในระบบซอฟต์แวร์ธรรมดา



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ

2. เครื่องอนุมาน (Inference Engine)

ส่วนนี้เปรียบได้กับมันสมองของระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเป็นกลไกในการวินิจฉัยและชักเหตุผล เพื่อพยายามจะสรุปคำตอบหรือให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาแก่ผู้ใช้ เป็นส่วนที่ควบคุมการใช้ ความรู้ในฐานความรู้เพื่อแก้ไขปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการอนุมานมีหลายแบบ แต่แยกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ อนุมานแบบเดินหน้า (Forward Chaining Inference) และอนุมานแบบย้อนหลัง (Backward Chaining Inference) ทั้งสองวิธีนี้ต่างก็มีจุดดีและจุดเสีย ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ในระบบผู้เชี่ยวชาญบางระบบจะใช้วิธีอนุมานทั้งสองวิธีรวมกัน

3. ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)

เป็นส่วนที่เป็นตัวกลางระหว่างผู้ใช้กับระบบ เพื่อทำให้การสื่อสารระหว่างผู้ใช้ระบบเป็นไปอย่างราบรื่น จะทำหน้าที่ในการรับข้อมูลจากผู้ใช้ แล้วแปลงข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปแบบที่จะใช้ในกระบวนการของโปรแกรม หรือ รับผลการทำงานของโปรแกรมแล้วแปลงออกมาเป็นรูปแบบที่เราสามารถเข้าใจได้ดีทางจอภาพ

4. ส่วนการแสวงความรู้ (Knowledge Acquisition Subsystem)

เป็นส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ช่วยในการสะสมรวบรวมและดึงความรู้จากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ จากตำรา ฐานข้อมูล รายงานการวิจัย ซึ่งความรู้เหล่านี้จะต้องมาผ่านการพินิจพิเคราะห์จากวิศวกรความรู้ (Knowledge Engineering) ถ้าหากเราสามารถจัดความรู้จากแหล่งดังกล่าวให้เป็นระบบ และเข้ากันได้กับโครงสร้างของฐานความรู้ เราก็จะสามารถบรรจุความรู้เหล่านั้นเข้าไปในฐานความรู้ได้ ซึ่งการดึงความรู้จากตำราหรือฐานข้อมูลนั้นทำได้ไม่ยาก แต่ทว่าการดึงเอาความรู้จากผู้เชี่ยวชาญนั้นทำได้ยากและค่อนข้างซับซ้อน จึงทำให้การดึงความรู้มักที่จะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการรอคอย (Bottle Neck) ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

5. ส่วนอธิบาย (Explanation Subsystem)

ส่วนอำนวยความสะดวกในการอธิบาย ส่วนนี้ทำหน้าที่อธิบายรายละเอียดของขั้นตอนการวินิจฉัยต่อผู้ใช้ว่าข้อสรุปหรือคำตอบนั้นได้มาอย่างไรและทำไม โดยปกติแล้วการอธิบายเหตุผลและวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวมานั้น จะกำหนดในขอบเขตจำเพาะและเป็นคำอธิบายสั้น ๆ พอเข้าใจ

2.5 เปรียบเทียบระหว่างระบบทั่ว ๆ ไปกับระบบผู้เชี่ยวชาญ

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไปสำหรับใช้งานทางด้านวิศวกรรมได้ถูกนำมาใช้ตอบสนองกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้น โปรแกรมเหล่านั้นได้รวบรวมความรู้ความชำนาญเข้าไว้ในรูปแบบของขอบเขตจำกัด ข้อสมมติฐาน การประมาณค่า ซึ่งผลที่ได้รับออกมาจากโปรแกรมก็เป็นที่ยอมรับกันมานานแล้วว่าจะอยู่ในรูปแบบของคำแนะนำ ไม่ใช่คำตอบของปัญหา

ด้วยเหตุนั้นมันจึงมีการเพิ่มนิยามเกี่ยวกับการปฏิบัติงานโดยแยกระบบผู้เชี่ยวชาญที่เป็นคลื่นลูกใหม่ออกจากโปรแกรมทั่ว ๆ ไปที่มีกระบวนการแก้ปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งระบบผู้เชี่ยวชาญจะรวบรวมเอาแก่นสารต่าง ๆ ของความรู้ที่มีลักษณะเป็นฮิวริสติก (Heuristic)

รายการเปรียบเทียบระหว่างระบบทั่ว ๆ ไป และระบบผู้เชี่ยวชาญแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 รายการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระบบทั่ว ๆ ไป และ ระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบทั่วไป	***ระบบผู้เชี่ยวชาญ***
ข้อมูลและการประมวลผลของมันมักจะรวมกันไว้เป็นลำดับในโปรแกรมเดียวกัน	ฐานความรู้ถูกแยกออกจากกลไกการประมวลผล (เครื่องอนุมาน) อย่างชัดเจน (ซึ่งกฎต่าง ๆ ที่เป็นความรู้จะถูกแยกจากส่วนควบคุม)
โปรแกรมจะไม่ทำให้เกิดข้อผิดพลาด (จะเกิดที่โปรแกรมเมอร์)	โปรแกรมอาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้
ปกติจะไม่ได้อธิบายว่าทำไมถึงต้องการข้อมูลป้อนเข้า หรือบรรยายว่าผลสรุปได้มาอย่างไร	ส่วนของการอธิบายเป็นองค์ประกอบหนึ่งของ ES ส่วนใหญ่
ต้องการการป้อนเข้าของข้อมูลดิบทั้งหมด อาจจะทำงานไม่ถูกต้องเมื่อเกิดข้อมูลตกหล่น ถ้าไม่ได้มีการวางแผนไว้ก่อน	ไม่ได้ต้องการข้อเท็จจริงเริ่มต้นทั้งหมด โดยปกติจะสามารถมาถึงข้อสรุปที่เป็นเหตุผลได้ แม้ว่าจะเกิดการตกหล่นของข้อเท็จจริงบางประการ
การเปลี่ยนแปลงโปรแกรมเป็นไปด้วยความลำบาก	การเปลี่ยนแปลงกฎเป็นสิ่งที่ง่าย
ระบบจะปฏิบัติงานได้เฉพาะเมื่อมันเสร็จสมบูรณ์แล้วเท่านั้น	ระบบสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยกฎเพียงแค่ 2-3 ข้อ (เป็นเหมือนรูปแบบแรกเริ่มครั้งแรก)
การประมวลผลจะสำเร็จได้บนหลักเกณฑ์ของขั้นตอนตามลำดับ (อัลกอริทึม)	จับต้องผสมผสานฐานความรู้ขนาดใหญ่ได้อย่างเป็นผล
แสดงให้เห็นและใช้งานข้อมูลดิบ	แสดงให้เห็นและใช้งานความรู้
ประสิทธิภาพคือเป้าหมายหลัก	ประสิทธิผลคือเป้าหมายหลัก
ทำงานเกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงปริมาณได้ง่าย	ทำงานเกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงคุณภาพได้ง่าย
ใช้การแสดงผลข้อมูลเชิงตัวเลข	ใช้การแสดงผลความรู้ที่เป็นสัญลักษณ์
จับต้อง ขยาย และกระจายการเข้าถึงข้อมูลเชิงตัวเลขหรือสารสนเทศ	จับต้อง ขยาย และกระจายการเข้าถึงการตัดสินลงความเห็น และความรู้

2.6 ประโยชน์ของระบบผู้เชี่ยวชาญ

เหตุผลที่ระบบผู้เชี่ยวชาญ ได้มีบทบาทเข้ามาเกี่ยวข้องกับการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านอุตสาหกรรม เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญมีข้อดีอยู่หลายประการด้วยกันเมื่อเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ ดังสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. สามารถรวบรวมความรู้จากผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ คนมาไว้ที่เดียวกันได้ และสามารถทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแทนผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ คนพร้อมกันได้ ทำให้ในบางกรณีสามารถแก้ไขปัญหาได้ถี่ถ้วนกว่าผู้เชี่ยวชาญคนเดียว
2. สามารถทดแทนการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์ได้ ซึ่งจะมีประโยชน์มากในบางท้องถิ่นที่ไม่สามารถหาผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ได้
3. มีขีดความสามารถสูง ระบบผู้เชี่ยวชาญเป็นการรวบรวมความรู้ไว้อย่างมีระบบ มีโครงสร้างชัดเจน มีขนาดของฐานความรู้ที่ใหญ่มากได้ตามขนาดของคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ การเพิ่มเติมแก้ไขดัดแปลงฐานความรู้ให้เหมาะสมและทันสมัยสามารถกระทำได้ตลอดเวลาโดยง่ายและไม่เสียเวลามากนัก
4. ความเชื่อถือและความแน่นอนของการแก้ปัญหาดีกว่า สาเหตุมาจากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์มีปัจจัยของอารมณ์มาเกี่ยวข้อง ในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญมีความเครียดมาจากปัญหาอื่น อาจจะทำให้การเลือกตัดสินใจได้แตกต่างกันในการแก้ปัญหาที่มีสถานการณ์แบบเดียวกัน หรืออาจจะข้ามบางขั้นตอนของการแก้ปัญหาได้
5. สามารถให้คำปรึกษาได้ตลอด 24 ชั่วโมงในแต่ละวัน และสามารถทำงานได้ทุก ๆ วันตามความต้องการของผู้ต้องการคำปรึกษาโดยมิต้องมีเวลาหยุดพักหรือพักผ่อนแต่อย่างใด
6. มีความคงอยู่ของความรู้ไม่ว่าจะถูกใช้หรือไม่ โดยปกติแล้วผู้เชี่ยวชาญจะมีความเชี่ยวชาญอยู่กับความรู้ที่ได้ใช้อยู่เป็นประจำในระยะเวลาช่วงหนึ่งแล้วก็ลืมไป ถ้าไม่ได้ใช้
7. ผู้เชี่ยวชาญมีจำนวนจำกัด แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถที่จะเพิ่มจำนวนได้โดยการคัดลอกและแจกจ่ายไปยังที่ต่าง ๆ ได้
8. การถ่ายทอดความรู้ทำได้ง่าย โดยการทำสำเนาของโปรแกรมและข้อมูลเท่านั้น แต่ถ้าเป็นผู้เชี่ยวชาญจะต้องใช้ความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ให้ผู้อื่นในลักษณะของการสอน ซึ่งต้องใช้ระยะเวลามาก
9. ในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญจะใช้เวลาน้อยกว่าการสร้างผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์มาก การสร้างผู้เชี่ยวชาญจะต้องผ่านขั้นตอนการศึกษา การหาประสบการณ์ การฝึกอบรม การรับการถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญคนก่อน ๆ ซึ่งแต่ละขั้นตอนนี้จะใช้เวลามากเป็นปี ๆ ส่วนการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญจะมีขั้นตอนเพียงการสร้างระบบและรับการถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น

10. การขอเอกสารทำได้สะดวกรวดเร็วกว่า เนื่องจากระบบผู้เชี่ยวชาญได้มีการเก็บความรู้ที่มาจากผู้เชี่ยวชาญที่เป็นรูปแบบของสัญลักษณ์ จึงสามารถเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปแบบของภาษาธรรมชาติได้โดยง่าย สำหรับผู้เชี่ยวชาญงานทำเอกสารถือได้ว่าเป็นงานที่หนักและยากลำบาก จะต้องอาศัยเวลาในการเรียบเรียง
11. การลงทุนจะต่ำกว่า เพราะผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่จะขาดแคลน ทำให้ค่าตัวหรือค่าจ้างสูงมาก แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะเสียค่าใช้จ่ายในการพัฒนาครั้งแรกสูง ส่วนการใช้งานจะเสียค่าใช้จ่ายเท่ากับค่าใช้คอมพิวเตอร์เท่านั้น รวมทั้งยังสามารถหาซื้อได้อีกด้วย

2.7 ข้อจำกัดของระบบผู้เชี่ยวชาญ

ถึงแม้ว่าระบบผู้เชี่ยวชาญจะมีข้อดีอยู่มากมาย แต่ในความเป็นจริงยังจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์อยู่ สาเหตุเนื่องมาจากระบบผู้เชี่ยวชาญจะแก้ปัญหาที่ผู้เชี่ยวชาญได้ทำอยู่เป็นประจำจนกลายเป็นความชำนาญเท่านั้น จึงทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญมีข้อเสียกว่าผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ ซึ่งพอสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตของความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญมีจำกัดเฉพาะด้าน ตามที่ได้บรรจุไว้ในฐานความรู้เท่านั้น ในการวินิจฉัยปัญหาต่าง ๆ จึงใช้ความรู้ที่มีอยู่เฉพาะด้านเท่านั้น ในการให้คำตอบ ไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการวินิจฉัยได้อย่างเช่นมนุษย์ ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีความรู้ในการวินิจฉัยปัญหาต่าง ๆ ด้วย ซึ่งจะทำให้คำตอบคำปรึกษาที่ได้มีความถูกต้องเหมาะสมมากยิ่งขึ้น
2. ระบบผู้เชี่ยวชาญยังไม่สามารถเรียนจากประสบการณ์ได้เหมือนมนุษย์ ไม่สามารถสังเคราะห์ความรู้ใหม่ได้เอง โดยปกติผู้เชี่ยวชาญสามารถสร้างจินตนาการ ทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาแบบใหม่ เมื่อมีเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดการณ์ล่วงหน้ามาก่อนเกิดขึ้น
3. ไม่สามารถดัดแปลงสิ่งที่เรียนรู้ให้เป็นความคิดหรือกฎ เพราะเป็นงานที่พัฒนาได้ยากมาก ถึงแม้ว่าในปัจจุบันได้มีการพัฒนาให้สามารถเรียนรู้ได้เฉพาะสิ่งที่ง่าย ๆ แต่ปัญหาในโลกที่แท้จริงจะเต็มไปด้วยความซับซ้อนมาก
4. การรับข้อมูลยังไม่สมบูรณ์ เพราะสามารถจะรับรู้ข้อมูลที่เป็นรูปแบบของสัญลักษณ์ แต่ผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์สามารถรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ ได้ด้วยประสาททั้งห้า
5. ไม่มีความรู้แบบสามัญสำนึก ซึ่งเป็นความรู้ที่แท้จริงที่มนุษย์ทุกคนใช้และยังมีจำนวนมากจนไม่มีขอบเขตที่แน่นอนอีกด้วย
6. ในบางครั้งการตัดสินใจของระบบผู้เชี่ยวชาญจะช้ากว่ามนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ปัญหามิได้มีความสลับซับซ้อนมากนัก มนุษย์สามารถตอบได้โดยทันทีทันใด แต่ระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องวินิจฉัยหาคำตอบตามกระบวนการหาคำตอบของระบบผู้เชี่ยวชาญนั้น ๆ

2.8 ขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

การพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกได้ออกเป็นหลายขั้นตอน ซึ่งขั้นตอนพื้นฐานในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปได้เป็น 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์งาน (Task Analysis)

ก่อนที่จะใช้ความพยายามในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ สิ่งแรกที่ควรจะทำก็คือการวิเคราะห์งานหรือลักษณะของปัญหา คำถามพื้นฐานที่เราควรจะตอบให้ได้สำหรับการวิเคราะห์งานก็คือ ลักษณะงานหรือปัญหาดังกล่าวนั้นมีความจำเป็นเพียงไรที่จะพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นระบบคอมพิวเตอร์ขึ้นมา รวมไปถึงการพิจารณาว่าประสิทธิภาพของงานในปัจจุบันเป็นอย่างไร ปัญหานั้นต้องการความรู้ในระบบผู้เชี่ยวชาญในการแก้ปัญหาหรือไม่ สามารถหาผู้เชี่ยวชาญที่จะแสดงวิธีการแก้ปัญหานั้น ๆ ได้หรือไม่ อะไรคือสิ่งที่ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นหลังจากได้สร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

2. การแสวงหาความรู้ (Domain Knowledge Acquisition)

ขั้นตอนที่สองในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ การแสวงหาและเก็บรวบรวมความรู้ โดยที่ความรู้ต่าง ๆ อาจจะได้มาจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จากตำราและคู่มือรายงานการวิจัย ซึ่งความรู้ที่ได้เหล่านี้จะนำมาผ่านการพินิจพิเคราะห์จากวิศวกรความรู้ (Knowledge Engineer) สถานการณ์ที่ดีที่สุด คือ ตัวของวิศวกรความรู้เองเป็นผู้เชี่ยวชาญหรือแหล่งของความรู้ ซึ่งมันก็มีความเป็นไปได้ แต่ในกรณีส่วนใหญ่แล้ววิศวกรความรู้อาจจะไม่ได้เป็นผู้เชี่ยวชาญเอง เพราะโดยหน้าที่หลักแล้ววิศวกรความรู้จะเป็นผู้ที่มีความคุ้นเคยกับวิธีการต่าง ๆ ในการถอดความรู้ และจัดรูปของความรู้ให้อยู่ในรูปแบบการแทนความรู้ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับเครื่องมือสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนนี้จะเป็นคอคอดในการทำงานสูญเสียเวลา และต้องใช้ความตั้งใจมากที่สุดในการพัฒนาสร้างฐานความรู้

3. จัดรูปแบบและโครงสร้างของความรู้ (Model Generation and Domain Knowledge Structure)

ขั้นตอนนี้เป็นผลอย่างแรกของความพยายามในการแสวงหาความรู้ เมื่อได้มีการแสวงหาความรู้เสร็จแล้ว ความรู้ที่ได้เก็บรวบรวมมาควรจะถูกถอดรูปและสรุปให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้ศึกษาปัญหาได้อย่างเป็นระบบและตลอดทั่วถึงมากขึ้น การจัดโครงสร้างของความรู้ก็ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญด้วยเช่นกัน เพราะว่าความรู้ที่มีโครงสร้างจะสามารถแปลงรหัสเข้าไปอยู่ในฐานความรู้ของระบบผู้เชี่ยวชาญได้ง่ายขึ้น

4. การเลือกเครื่องมือสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Building Tool Selection)

ขั้นตอนต่อไป คือ การเลือกเครื่องมือในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่กำลังจะแก้ เครื่องมือสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องมีความสามารถที่ดีในด้านการติดต่อ

กับทั้งผู้พัฒนาระบบเองและผู้ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการพิจารณาถึงกลยุทธ์ในการอนุมานและตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำโปรแกรมของเครื่องมือสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญแต่ละชนิดให้ละเอียดถี่ถ้วน

5. การแปลงรหัสของความรู้และการสร้างต้นแบบ (Knowledge Encoding and Prototyping)

เมื่อวิศวกรความรู้พึงพอใจกับความรู้ที่ได้มีการจัดโครงสร้างแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการแปลงรหัสให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้ได้ทางคอมพิวเตอร์ ข่าวสารที่บรรจุอยู่ในโครงสร้างหรือแผนผังความรู้สามารถที่จะถูกใช้เพื่อพัฒนาฐานความรู้ (Knowledge Base) ซึ่งสามารถนำมาใช้จริงได้ ในกรณีส่วนใหญ่แล้วมันจะสะดวกมากในการสร้างต้นแบบเริ่มแรกของระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งจะใช้แก้ปัญหาเล็ก ๆ เพียงหนึ่งหรือสองสามปัญหาขึ้นมาก่อน ต้นแบบแรกเริ่มดังกล่าวจะเป็นเวอร์ชันแรกของฐานความรู้หรือระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งผู้พัฒนาสร้างสามารถแสดงให้ผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ ผู้ใช้งาน และบางทีฝ่ายบริหารดูได้ ต้นแบบนี้จะแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถที่จะแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลหรือไม่ ขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ได้ ฐานความรู้สามารถที่จะเปลี่ยนแปลง แก้ไข ขยายตัว จนกระทั่งสมรรถนะของระบบเข้าใกล้ระดับที่ผู้เชี่ยวชาญได้กำหนดไว้

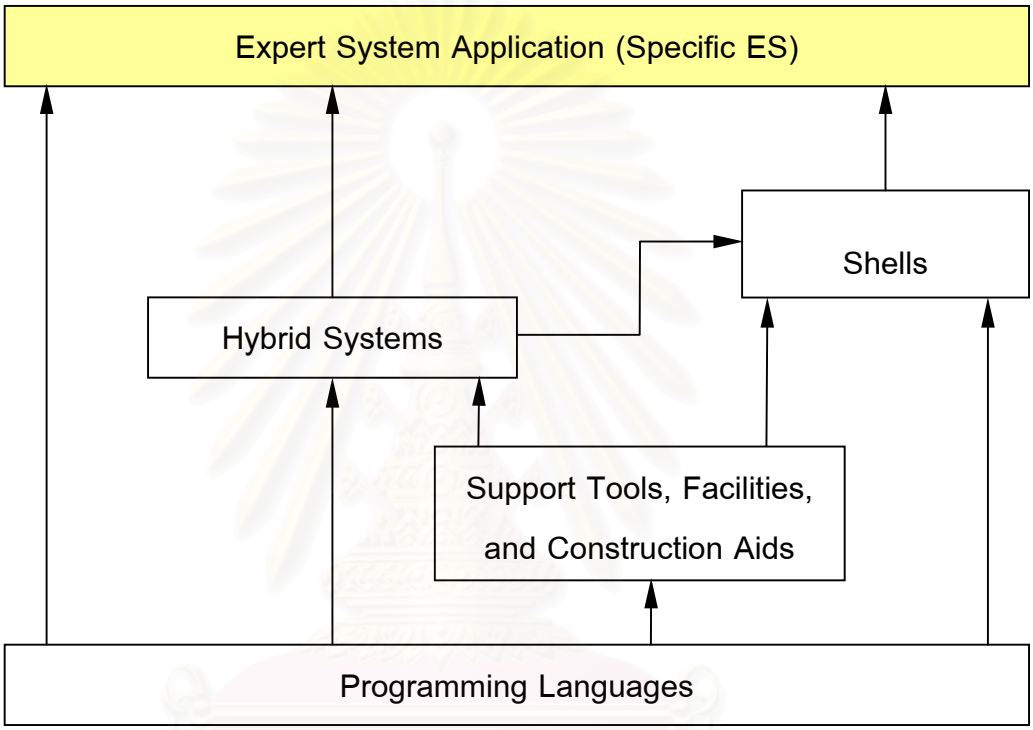
6. การตรวจสอบและนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปใช้งาน (Verification and Validation of Expert System)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ และมันจะมีอยู่ 2 หลักเกณฑ์ในการทำให้แน่ใจว่าระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้สร้างขึ้นทำงานได้อย่างถูกต้อง หลักเกณฑ์แรก คือ การตรวจสอบและถูกแสดงในอยู่ในรูปของการผสมผสานของฐานความรู้ และการประมวลผลของแบบแผนในการอนุมาน ว่ากระบวนการอนุมานทำงานถูกต้องตามที่มันควรจะเป็นหรือไม่ หลักเกณฑ์ที่สอง คือ การนำระบบไปใช้และการเพิ่มพูนประสิทธิภาพของระบบ การนำไปใช้งานจะเกี่ยวข้องกับการตรวจแก้ไขให้ถูกต้องตามคำแนะนำที่ให้โดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.9 เครื่องมือสำหรับพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

ซอร์ฟแวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถที่จะแบ่งแยกประเภทออกได้เป็น 5 ระดับ คือ ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Languages) เครื่องมือสนับสนุน (Support Tools) เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (Shells) ระบบ Hybrid (Hybrid Systems) และ ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง (Specific ES) ดังแสดงได้ตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระดับเทคโนโลยีของระบบผู้เชี่ยวชาญ

จากรูปเราสามารถพูดได้คร่าว ๆ ว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง (Specific ES) สามารถที่จะสร้างขึ้นได้ด้วยเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (Shells) ระบบ Hybrid (Hybrid Systems) หรือ ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Languages) ส่วนเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญและระบบ Hybrid ก็สามารถสร้างขึ้นได้ด้วยภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือสนับสนุน (Support Tools) และ เครื่องมือสนับสนุนก็สามารถสร้างขึ้นได้ด้วยภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ดังนั้นการที่เราจะพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง (Specific ES) เครื่องมือที่สามารถจะเลือกใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ (Languages)

ภาษาที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์มีอยู่ 2 ประเภท ซึ่งได้แก่ ภาษาที่มีขั้นตอนแน่นอน (Procedural Language) กับภาษาประเภทดีแคลเรทีฟ (Declarative Language)

ภาษาประเภทที่มีขั้นตอนแน่นอน เป็นภาษาที่มีการกำหนดลำดับขั้นตอนของการประมวลผลที่แน่นอน กล่าวคือ กำหนดขั้นตอนที่ดำเนินไปสู่เป้าหมายอย่างหนึ่งอย่างใด ตัวอย่างของภาษาประเภทนี้ ได้แก่ ภาษาฟอร์แทรน (Fortran) ภาษาเบสิค (Basic) ภาษาปาสคาล (Pascal) ภาษาซี (C language) เป็นต้น

ภาษาประเภทดีแคลเรทีฟ เป็นภาษาที่มีการดำเนินขั้นตอนที่ไม่แน่นอน กล่าวคือเป็นการกำหนดเป้าหมายขึ้นมาก่อน แล้วพยายามหาหนทางหรือวิธีการที่สามารถบรรลุเป้าหมายให้ได้ ตัวอย่างของภาษานี้ได้แก่ ภาษาลิสป์(Lisp) และภาษาโปรล็อก(Prolog) ทั้งภาษาลิสป์และโปรล็อกเอื้อ อำนวยอย่างมากสำหรับกระบวนการทางสัญลักษณ์ (Symbolic Processing) จึงเหมาะสมกับปัญหาที่เกี่ยวพันกับการประมวลตัวอักษร และภาษาชนิดนี้ยังสามารถควบคุมการทำงานของโปรแกรมโดยไม่มีรูปแบบที่ตายตัวและเก็บข้อมูลในลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปมาได้ (Dynamic Database)

อันที่จริงภาษาประเภทที่มีขั้นตอนแน่นอนสามารถจะนำมาพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้ แต่โปรแกรมที่ได้จากภาษานี้ยากต่อการเพิ่มเติมและเปลี่ยนแปลงในอนาคต ทำให้เป็นอุปสรรคอย่างมากต่อการพัฒนาในภายภาคหน้า ดังนั้นในการเลือกภาษาใดจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยที่กล่าวมาแล้ว

2. เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System Shell)

เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ คือ โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญเอนกประสงค์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับฐานความรู้ทางด้านใดก็ได้ตามความต้องการ (คือเป็นเสมือนเปลือกหรือภาชนะให้เราบรรจุความรู้ลงไป และมันก็จะกลายเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญทางด้านนั้น) โดยที่ไม่ต้องสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญขึ้นมาใหม่ทั้งระบบ

โดยปกติระบบผู้เชี่ยวชาญจะต้องอาศัยความรู้ในแขนงหนึ่ง ๆ สำหรับการแก้ปัญหาเฉพาะเรื่อง ทำให้เป็นการจำกัดขอบเขตในการพัฒนาได้อย่างกว้างขวางในเรื่องต่าง ๆ กล่าวคือ เมื่อมีการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญในปัญหาอย่างหนึ่ง ก็จะต้องมีการจัดโครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญใหม่ทุกครั้ง ซึ่งเท่ากับเป็นการเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์ ในบางปัญหาที่ใกล้เคียงกันก็ไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างกลไกวินิจฉัยขึ้นมาใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงวิธีการแสดงความรู้ ตัวอย่างเช่น Mycin ได้ถูกพัฒนาขึ้นภายใน Mycin สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนระบบพื้นฐานซึ่งประกอบด้วยกลไกวินิจฉัย การแสดงความรู้ และส่วนความรู้เฉพาะเรื่อง ซึ่งในกรณีนี้คือการวินิจฉัยทางการแพทย์ ดังนั้นถ้าพิจารณาดูแล้วจะเห็นได้ว่าระบบผู้เชี่ยวชาญสามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนได้ เพราะฉะนั้นจึงทำให้มีความคิดที่จะสร้างเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญนั้นขึ้น ตามตัวอย่างในที่นี้จึงทำให้เกิด Emycin ขึ้นมา โดย Emycin อยู่ในรูปของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเมื่อเอาความรู้เฉพาะเรื่องออกแล้ว ทำให้สามารถสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

ในความรู้เรื่องอื่น ๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามต้องไม่ลืมว่ารูปแบบของความรู้ควรมีลักษณะของการวินิจฉัยที่คล้ายคลึงกันด้วย สำหรับตัวอย่างอื่น ๆ ของเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ Exsys, XpertRule KBS, G2, Guru, CLIPS และ JESS เป็นต้น

3. ระบบ Hybrid (Hybrid Systems)

ระบบ Hybrid หรือ บางครั้งอาจจะเรียกว่า Environments คือ ระบบที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ ซึ่งจะสนับสนุนทางเลือกหลายอย่างในการแสดงความรู้และการอนุมาน มันสามารถที่จะใช้การแสดงความรู้แบบใช้เฟรม (Frames) ใช้ Object-Oriented Programming ใช้เครือข่ายความหมาย (Semantic Networks) ใช้กฎเกณฑ์ (Rules) และอื่น ๆ สามารถเลือกชนิดของการอนุมานได้หลายชนิดแตกต่างกัน (แบบเดินหน้า แบบย้อนหลัง หรือทั้งสองทาง) ให้เหตุผลแบบ nonmonotonic มีเทคนิคการรับช่วงที่หลากหลาย และ อีกหลายความสามารถ แรกเริ่มระบบ Hybrid ถูกพัฒนาขึ้นมาสำหรับระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ และ ระบบ AI Workstations แต่ในปัจจุบันมันสามารถที่จะใช้ได้กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ตัวอย่างของโปรแกรมระบบเหล่านั้น ได้แก่ ART-IM, Level5 Object, และ KAPPA PC เป็นต้น

2.10 ตัวอย่างการวิจัยทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านมา

ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการพัฒนาจนเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย และทั่วโลกได้นำไปศึกษาและเป็นตัวอย่าง คือ Dendral, Mycin, Prospector และ อื่น ๆ ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. Dendral

Dendral ได้รับการพัฒนาสร้างขึ้นโดย Edward Feigenbaum, Bruce Buchanan และ Joshua Lederberg) ที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1965 ซึ่งถือว่าเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญระบบแรกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา Dendral ใช้งานทางด้านเคมีอินทรีย์ ใช้ระบุชนิดของสารประกอบทางเคมีเพื่อให้ทราบถึงโครงสร้างโมเลกุลของสารนั้น ระบบนี้สามารถทำงานได้ดีเทียบเท่าผู้เชี่ยวชาญ ได้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Interlisp สามารถช่วยนักอินทรีย์เคมีสร้างสูตรทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์ จำลองโครงสร้างโมเลกุลโดยใช้วิธีการสร้างและทดสอบในการแก้ปัญหา สร้างแบบจำลองโครงสร้างโมเลกุลทุก ๆ แบบที่เป็นไปได้ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ จากฐานความรู้และข้อมูลที่กำหนด ซึ่งสามารถทำได้เร็วกว่าผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์มาก ภายหลังได้พัฒนามาเป็น Meta-Dendral ซึ่งมีขีดความสามารถต่าง ๆ เพิ่มขึ้น

2. Mycin

Mycin ได้รับการพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1972 เพื่อช่วยในงานด้านการวินิจฉัยโรค และบำบัดรักษาโรคติดเชื้อที่เกิดขึ้นในเลือด ระบบนี้พัฒนาโดยใช้ภาษา Lisp ข้อมูลในฐานความรู้ จะเป็นข้อมูลเกี่ยวกับด้านการแพทย์ ความรู้ของระบบประกอบด้วยกฎประมาณ 400 กฎ ซึ่งต่อมาได้นำมาพัฒนาเป็นเปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญชื่อ Emycin การขยายความสามารถของระบบสามารถกระทำได้ โดยการเพิ่มเฉพาะกฎความรู้เข้าไปในระบบโดยจะไม่กระทบต่อส่วนอื่น ๆ ของระบบที่มีอยู่ก่อน Mycin สามารถให้การวินิจฉัย และให้เหตุผลในกรณีที่มีความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ได้โดยอาศัยกฎความน่าจะเป็น การค้นหาคำตอบจะใช้กลไกการวินิจฉัยทั้ง 2 แบบ คือ ทั้งแบบไปข้างหน้า (Forward Chaining) และแบบย้อนกลับ (Backward Chaining) ตามความเหมาะสมของแต่ละขั้นตอนการวินิจฉัย นอกจากนี้ Mycin ยังมีส่วนของการเพิ่มเติมความรู้ ซึ่งช่วยให้ผู้เชี่ยวชาญ หรือผู้ใช้สามารถเพิ่มเติมและขยายฐานความรู้ของระบบให้กว้างขวางขึ้นได้

3. Prospector

Prospector ได้รับการพัฒนาขึ้นที่ Stanford Research Institute International ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1972 เพื่อช่วยงานทางด้านธรณีวิทยา การสำรวจหาแหล่งแร่โดยอาศัยข้อมูลของดินและตะกอนทางธรณีวิทยา มาวิเคราะห์หาความเป็นไปได้ของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สะสมอยู่ในบริเวณนั้น ๆ โดยในแต่ละขั้นตอนจะกำหนดข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่แน่นอนยิ่งขึ้น การแทนค่าความรู้จะใช้แบบเครือข่ายความหมาย (Semantic Network) หลาย ๆ กลุ่ม Prosprctor มีองค์ประกอบเพิ่มเติม คือ Lifer ซึ่งเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ โดยมีคุณสมบัติ คือ ภาษาที่ใช้ติดต่อกันจะเป็นภาษาที่ใกล้เคียงภาษาธรรมชาติมาก

4. XCON/XSEL

XCON/XSEL ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยความร่วมมือของบริษัท Digital Equipment Corporation (DEC) และมหาวิทยาลัยคาร์เนกีเมลลอน ในปลายทศวรรษที่ 1970 มีจุดประสงค์เพื่อปรับตั้งระบบคอมพิวเตอร์ในรุ่น DEC VAX 11/780 ให้ตรงกับรายละเอียดข้อจำกัดที่ลูกค้าสั่งซื้อ ระบบคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ อย่างเช่น VAX จะมีจำนวนของชิ้นส่วนประกอบที่แตกต่างกันจำนวนมากตามการออกแบบเพื่อทำงานในลักษณะหน้าที่ซึ่งแตกต่างกัน มันสามารถนำชิ้นส่วนต่าง ๆ มาประกอบรวมกันได้เป็นพันรูปแบบ แต่ละหน่วยที่สำเร็จก็จะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของมันเอง XCON/XSEL จะรับเอาข้อมูลรายละเอียดของระบบตามลูกค้าเลือกและจะวางแผนสำหรับการประกอบระบบสุดท้าย

5. Hearsay II

Hearsay II ได้รับการพัฒนามาบนพื้นฐานของ Hearsay I ที่มหาวิทยาลัยคาร์เนกีเมลลอน เป็นระบบผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการรับรู้และเข้าใจภาษาพูดของมนุษย์ โดยสามารถรู้ศัพท์ต่าง ๆ ประมาณ 1000 คำ ระบบนี้มีการแบ่งแยกหน้าที่กันทำหลายหน้าที่ เช่น ด้านเสียง

ด้านคำศัพท์ ด้านไวยากรณ์ เป็นต้น โดยมีแบล็คบอร์ดเป็นตัวกลางประสาน รับคำตอบหรือข้อสรุปจากฐานความรู้ที่ทำหน้าที่ทางด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมา เพื่อเป็นข้อมูลของการพิจารณาด้านอื่น ๆ ต่อไป

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. สมเดช แซ่ซือ, 2538

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาสร้างระบบ PLASAII ซึ่งเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างบน Smart Element เวอร์ชัน 1.0 เพื่อช่วยนักออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในการเลือกกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสมจากการผลิตชิ้นงาน หรือผลิตภัณฑ์ จำนวนกรรมวิธีการผลิตทั้งหมดมี 30 ชนิด แบ่งออกได้เป็น 9 คลาส โดยใช้การจัด คลาส-ออปเจกต์ แบบลำดับขั้นของเทคโนโลยีระบบฐานเฟรม กฎทั้งหมดมี 150 กฎ กฎเหล่านี้เกี่ยวกับการถาม-ตอบ รูปร่างของผลิตภัณฑ์ รูปทรงเรขาของผลิตภัณฑ์ อัตราการผลิต ความคลาดเคลื่อนอนุโลม ความแข็งแกร่งของผลิตภัณฑ์ การผ่อนคลายเงื่อนไข และชนิดของเรซินและอื่นๆ PLASA II ติดต่อกับผู้ใช้ด้วย เมาส์ ไอคอน และช่องอินพุตรับข้อมูล ลักษณะสำคัญอื่นๆ ของซอฟต์แวร์ คือ ส่วนของการจัดการถาม-ตอบ และส่วนของการผ่อนคลายเงื่อนไข ในส่วนของการถาม-ตอบ มีการเตรียมคำถามที่เหมาะสมต่อไปโดยขึ้นอยู่กับข้อมูลที่รับมาก่อนหน้านั้น ในกรณีที่ไม่พบกรรมวิธีการผลิตที่ตรงกับความต้องการเทคนิคการผ่อนคลายเงื่อนไขจะช่วยหาคำตอบที่ตรงกับความต้องการที่น้อยลง

2. ศุภชัย นาทะพันธ์, 2540

งานวิจัยฉบับนี้ เป็นการเสนอแนวทางในการเลือกเส้นทางงานด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญ ให้กับเครื่องจักรที่มีโครงสร้างขนานของโรงงานผลิตแปรงในครัวเรือน ระบบผู้เชี่ยวชาญในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยโครงสร้างของฐานความรู้ ซึ่งความรู้ได้มาจากทฤษฎีและประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ 3 โรงงาน โดยสามารถสรุปแนวทางในการเลือกเส้นทางงานได้ 4 กฎเกณฑ์คือ จำนวนงานในแถวคอยน้อยสุด ภาระงานในแถวคอยน้อยสุด เวลาการผลิตน้อยสุด และการกระจายงานเข้าเครื่องจักรในปริมาณเท่า ๆ กัน จากนั้นจัดความรู้ให้เป็นโครงสร้างอยู่ในรูปของกฎเกณฑ์และเฟรม แนวทางพิจารณาปัญหาของระบบใช้หลักการแบ่งปัญหาใหญ่ที่ซับซ้อนให้เป็นปัญหาย่อยที่แก้ไขได้ง่าย และใช้การค้นหาคำตอบแบบกลไกการวินิจฉัยไปข้างหน้า ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้ในงานวิจัยคือ Level5 Object ผลลัพธ์ของโปรแกรมจะแสดงเส้นทางงานที่จะผลิต ปริมาณที่ต้องผลิตในเครื่องจักรนั้น ๆ วันกำหนดส่งงาน และเวลาแล้วเสร็จของแต่ละงาน ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม สามารถตรวจสอบโดยการนำไปใช้งานจริงเปรียบเทียบการคำนวณด้วยมือระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างขึ้นกับลูกค้าจำนวน 280 ราย การประเมินผลทำได้โดยนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปปฏิบัติจริงในอุตสาหกรรมผลิตแปรง ซึ่งผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีเดิมที่พนักงานฝ่ายวางแผนการผลิตของโรงงานปฏิบัติอยู่ในปัจจุบันกับระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเส้นทางงานพบว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญให้ผลการจัดเส้นทางงานดีกว่าวิธีเดิม ในด้านค่าเฉลี่ยของ

เวลางานที่แล้วเสร็จไม่ตรงตามกำหนด ค่าของเวลาส่งงานไม่ทันกำหนดเฉลี่ย และเวลางานอยู่ในระบบเฉลี่ย รวมทั้งลดเวลาในการจัดเส้นทางงาน

3. เจษฎา เกิดบ้านชัน, 2538

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการเลือกและกำหนดขนาดใบพัดกวน เป็นการนำเอาระบบผู้เชี่ยวชาญมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบกระบวนการ เพื่อประโยชน์ในการออกแบบในระบบอุตสาหกรรมโปรแกรมหนึ่ง โดยนำความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญในการเลือกใช้ใบพัดกวนเป็นอุปกรณ์ในการผสมของเหลว เป็นฐานข้อมูลมาเขียนในโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ ชื่อ "Smart Element of Nexpert" ของบริษัท Neuron Data Inc. เป็นระบบโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อการเลือกและกำหนดขนาดใบพัดกวน ใบพัดกวนที่เลือกใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นใบพัดกวนที่ใช้กันแพร่หลายทั่วไปในการผสมของเหลวในอุตสาหกรรม ได้แก่ ใบพัดกวนแบบใบพายพื้นฐาน ใบพัดกวนแบบกังหันชนิดใบตรง ใบพัดกวนแบบกังหันชนิดใบเจีย ใบพัดกวนแบบใบพาย ใบพัดกวนแบบสมอเรือ ใบพัดกวนแบบเกลียวโปร่ง โปรแกรมนี้จะช่วยให้ผู้ที่สนใจได้รู้จักใบพัดกวนแบบต่าง ๆ และเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน เพื่อช่วยประหยัดพลังงานและเวลาในการปฏิบัติการ

4. โกเมศ เพิ่มพูลโชคคณา, 2542

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาสร้างระบบอิงความรู้เพื่อช่วยในการเลือกวัสดุสำหรับการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในงานวิจัยชิ้นนี้ ระบบอิงความรู้เพื่อช่วยในการเลือกวัสดุสำหรับการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (MATSEL-VPEX) ได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม VP-Expert Version 3.1 บนคอมพิวเตอร์แบบส่วนบุคคลซึ่งในขั้นตอนการสร้างระบบอิงความรู้นี้ กลไกการอ้างอิงของฐานกฎแบบเดินหน้า (Forward Rule-Based Chaining) กลไกการอ้างอิงของฐานกฎแบบย้อนกลับ (Back Rule-Based Chaining) แฟ้มฐานข้อมูล (DBase IV) ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ทั้งในรูปแบบเชิงภาพ และเชิงข้อความ ได้ถูกนำไปดำเนินการสร้างระบบอิงความรู้ ในกระบวนการเลือกวัสดุของระบบอิงความรู้นี้ ผู้ใช้จะถูกตั้งคำถามเกี่ยวกับสมบัติสุดท้ายของแม่พิมพ์ฉีดที่ถูกสร้างขึ้น ซึ่งได้แก่ สมบัติทางกล สมบัติทางความร้อน สมบัติความต้านทานทางเคมี และสมบัติทางกายภาพ และรวมไปถึงน้ำหนักความสำคัญของสมบัติแต่ละชนิดตามความต้องการของผู้ใช้สำหรับผลิตภัณฑ์แม่พิมพ์ฉีดสุดท้ายนั้นด้วย กระบวนการเลือกจะประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ การระบุและพิสูจน์สมบัติสำหรับแม่พิมพ์ที่ถูกเลือกโดยผู้ใช้ ในขั้นตอนนี้ วัสดุสำหรับการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มีรายละเอียดของสมบัติต่าง ๆ ไม่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้จะถูกคัดออก ขั้นตอนที่สองจะเป็นการจัดลำดับวัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามลำดับสมบัติจากการถ่วงน้ำหนักตามความต้องการซึ่งความต้องการของผู้ใช้จะเป็นตัวกำหนด จากนั้นด้วยข้อมูลที่ระบบอิงความรู้รวบรวมได้จากผู้ใช้ วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ที่ถูกคัดเลือกไว้จะถูกเรียงลำดับตามลำดับคะแนนที่ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสำคัญของสมบัติที่ผู้ใช้กำหนดด้วยระบบกลไก AIM (Alternative Inference Mechanism)

5. มนตรี วงศ์ศรี, 2540

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาสร้างระบบ PLASAI ซึ่งเป็นระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างบน Smart Element เวอร์ชัน 1.0 เพื่อช่วยนักออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในการเลือกชนิดของวัสดุพลาสติกที่เหมาะสมจากการผลิตชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์

6. ไตรสุดา ไวตรวจโรค, 2539

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ CVIX เป็นระบบต้นแบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยจำแนกพันธุ์อ้อยโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานในการพิจารณา ใช้สำหรับอ้อยที่ปลูกในประเทศไทยเพื่อส่งโรงงานน้ำตาล สามารถวินิจฉัยได้ 50 พันธุ์ ระบบ CVIX ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ภายใต้วินโดว์ 3.11 ภาคภาษาไทยพัฒนาโดยใช้วิชวลเบสิค 4.0 ใช้การแทนค่าความรู้แบบกรอบและตาราง ใช้ต้นไม้การตัดสินใจในการสร้างกลไกการหาเหตุผล โปรแกรมการทำงานประกอบด้วย 2 ส่วนคือ Identify เป็นส่วนที่ใช้วินิจฉัยพันธุ์ และส่วน AssistKE สำหรับช่วยวิศวกรความรู้เพื่อเพิ่มเติมความรู้ใหม่ ซึ่งจะอนุญาตให้ผู้ที่ทำหน้าที่เป็นวิศวกรความรู้ใช้เท่านั้น ผลจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ระบบ CVIX สามารถใช้เป็นระบบต้นแบบในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญได้ตลอด จนสามารถนำหลักการและแนวคิดไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางเพื่อแก้ไขปัญหาในลักษณะคล้ายคลึงกัน

7. ทรงวุฒิ อสุวพงษ์พัฒนา, 2532

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเลือกระบบปรับอากาศ ซึ่งระบบนี้จะประกอบไปด้วยฐานความรู้ 3 ส่วน คือ การเลือกระบบปรับอากาศโดยพิจารณาตัวแปรต่าง ๆ และข้อจำกัดของอาคาร การวินิจฉัยปั๊มน้ำและคูลลิ่งทาวเวอร์ ระบบช่วยสอนการวินิจฉัยในรูปแบบของทางเลือกหลายทาง พัฒนาสร้างด้วยภาษา Prolog และ Turbo Prolog

8. Yuzana Khin, 2000

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสร้างระบบฐานความรู้เพื่อเลือกชนิดและกระบวนการผลิตของแผ่นฟิล์มและแผ่นฟอยสำหรับการบรรจุภัณฑ์แบบยืดหยุ่น ระบบฐานความรู้อันนี้เป็นโมเดลซึ่งเก็บเรียบเรียงข่าวสารที่เป็นฮิวริสติก ข่าวสารที่อาศัยความชำนาญ และข่าวสารเชิงวิเคราะห์ ระบบให้คำแนะนำนี้จะเสนอทางเลือกที่ผู้เชี่ยวชาญใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจสำหรับการเลือกชนิดของแผ่นฟิล์ม เลือกกระบวนการผลิต และการแก้ปัญหาของแต่ละกระบวนการ กฎและฐานความรู้ทั่วไปจะใช้สำหรับการเลือกชนิดของวัสดุโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทขนมขบเคี้ยว อาหาร และที่ไม่ใช่อาหาร สำหรับการเลือกกระบวนการผลิตก็จะเน้นบนงานที่ใช้แผ่นฟิล์มหลาย ๆ ชั้น ต้นแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญนี้จะพัฒนาสร้างขึ้นมาด้วยการใช้โปรแกรม EXSYS Professional Version 4.0

2.12 สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยจะกล่าวถึงระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นสาขาย่อยของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ว่ามีนิยามเป็นอย่างไร เราสามารถนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปประยุกต์ใช้งานในด้านใด โครงสร้างของระบบผู้เชี่ยวชาญ ข้อเปรียบเทียบของระบบผู้เชี่ยวชาญและระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป ประโยชน์และข้อจำกัดของระบบผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือสำหรับพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งตัวอย่างการวิจัยทางด้านระบบผู้เชี่ยวชาญที่ผ่านมา และงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การสำรวจและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.1 บทนำ

บริษัทตัวอย่าง เป็นผู้ผลิต จำหน่าย และบริการ เกี่ยวกับเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น อาทิเช่น เครื่องตัด เครื่องตัดเลเซอร์ เครื่องเจาะ CNC เครื่องเจาะกึ่ง Manual เครื่องบากมุม และเครื่องพับ เป็นต้น ซึ่งทางบริษัทได้ค้นคว้า วิจัย ปรับปรุง และพัฒนาเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นประเภทต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องมากว่า 50 ปี เพื่อที่จะตอบสนองความต้องการในการทำงานและความพอใจอันสูงสุดของลูกค้า

3.2 กระบวนการทำงานแปรรูปโลหะแผ่น

กระบวนการทำงานในการแปรรูปโลหะแผ่นแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการหลัก ๆ คือ

1) กระบวนการตัดชิ้นงานตามแบบแผ่นคลี่ (Cutting Blank Parts)

กระบวนการตัดชิ้นงานตามแบบแผ่นคลี่ เป็นกระบวนการทำงานตัดหรือเจาะชิ้นงานให้ได้รายละเอียดของรูภายใน หรือการขึ้นรูปนูน และแนวเส้นขอบของชิ้นงานแผ่นเรียบในรูปแบบที่เราต้องการตามแบบแผ่นคลี่ (Unfold Drawing)

2) กระบวนการทำงานพับขึ้นรูป (Bending)

กระบวนการพับขึ้นรูป เป็นกระบวนการดัดงอขึ้นรูปชิ้นงานแต่ละด้านให้ได้องศาค่าต่าง ๆ จนชิ้นงานเปลี่ยนรูปร่างเป็นชิ้นส่วนประกอบหรือผลิตภัณฑ์ที่เราต้องการ

โดยปกติแล้วเราสามารถจะใช้เครื่องจักรประเภทต่าง ๆ ทำงานทั้ง 2 Process ดังกล่าวเพื่อผลิตชิ้นงานสำเร็จรูปได้หลายวิธี โดยที่อาจจะแบ่งทางเลือกในการทำงานได้เป็น 4 ทางเลือก ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ทางเลือกต่าง ๆ ของกระบวนการทำงานแปรรูปโลหะแผ่น

3.3 ประเภทของผลิตภัณฑ์

3.3.1 เครื่องตัดเลเซอร์ (CNC Laser Cutting M/C)

เครื่องตัดเลเซอร์เป็นเครื่องจักรที่ทำงานตัดอัตโนมัติตามโปรแกรมที่สร้างมาจากกระบวนการทำงาน CAD/CAM บริษัทตัวอย่างมีเครื่องตัดเลเซอร์หลัก ๆ ทุกแบบ อาทิเช่น แบบใช้ตัวจับชิ้นงาน (Clamp) จับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปบนโต๊ะที่มีบอลลูกกลิ้ง (Ball Transfer Design) แบบโต๊ะวางชิ้นงานเป็นตะแกรงคล้ายใบเลื่อย (Hybrid Grid Table Design) แบบหัวตัดเคลื่อนที่ (Flying Optics) และแบบที่เป็นเครื่องเจาะและตัดเลเซอร์ในตัวเดียวกัน (Punch Laser Combination) เครื่องตัดเลเซอร์เหล่านั้นมีหลากหลายรุ่น หลายขนาด ดังต่อไปนี้

3.3.1.1 LC-αIII Series (Ball Transfer Type)

LC- รุ่นอัลฟ่า เป็นเครื่องตัดเลเซอร์ชนิดที่ใช้แคลมป์จับชิ้นงานเคลื่อนที่ไปบน Ball Roller (Ball Transfer Design) สามารถทำงานได้ยาวนาน และเที่ยงตรงสม่ำเสมอ การใช้ AC เซอร์โวมอเตอร์และชุดขับเคลื่อนที่มีน้ำหนักเบาซึ่งทำงานร่วมกับตัวควบคุม เซอร์โวระบบดิจิตอล ทำให้ความเร็วในการตัดและความแม่นยำของการทำงานสูงมาก นอกจากนั้นเครื่องรุ่นนี้ยังมีคุณลักษณะพิเศษ คือ มีประสิทธิภาพการผลิตสูง ค่าต้นทุนการทำงานต่ำ ปฏิบัติงานง่าย เกิดรอยขีดข่วนด้านหลังชิ้นงานน้อย รักษาสภาพแวดล้อมการทำงาน และมีเทคนิคการตัดที่ล้ำหน้า เช่น การใช้เซ็นเซอร์ความเร็วสูง HS-2000 การตัดแบบ Clean Cut การควบคุมความดันแก๊สด้วย NC เป็นต้น สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดเลเซอร์รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และตารางที่ 3.1 ตามลำดับ

รูปที่ 3.2 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC-αIII Series

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ LC-αIII Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		1212αIII	2415αIII
วิธีการเคลื่อนที่	แกน X	ชิ้นงานเลื่อน	
	แกน Y	หัวตัดเลื่อน	
ระยะแกนเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	แกน X	1270	2520
	แกน Y	1270	1550
	แกน Z	300	
ความเร็วการตัดสูงสุด (เมตร/นาที)	แกน X	0~20	
	แกน Y	0~20	
ความหนาสูงสุด เมื่อใช้ออสซิเลเตอร์ 2000 วัตต์ (มม.)	เหล็ก	16	
	สเตนเลส	15	
	อะลูมิเนียม	4	

3.3.1.2 LC-βIII Series (Hybrid Table Type)

LC - รุ่นเบต้า เป็นเครื่องตัดเลเซอร์ชนิดที่โต๊ะวางชิ้นงานเป็นตะแกรงคล้ายใบเลื่อย (Hybrid Grid Table Design) ซึ่งเหมาะสำหรับงานตัดวัสดุหนา โต๊ะวางชิ้นงานแบบนี้ทำให้การขึ้นชิ้นงานหลายประเภทง่ายขึ้นตั้งแต่เหล็กแผ่นบางจนถึงเหล็กแผ่นหนา รวมถึงงานที่มีความซับซ้อนมาก เช่น งานท่อ หรือชิ้นงานที่มีผิวโค้ง เครื่องตัดเลเซอร์รุ่นนี้มีคุณลักษณะพิเศษ คือ ความเร็วในการทำงานสูง มีประสิทธิภาพการผลิตสูง ค่าต้นทุนการทำงานต่ำ มีระบบดูดกรองฝุ่นโลหะ มีระบบควบคุมความดันแก๊สด้วย NC และมีเทคนิคการตัดที่ล้ำหน้า เช่น การใช้เซ็นเซอร์ความเร็วสูง HS-98 การตัดแบบ Clean Cut, Cooling Cut และมีอุปกรณ์เสริมสำหรับงานตัดท่อ (Rotary Index Table) สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดเลเซอร์รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.3 และตารางที่ 3.2 ตามลำดับ

Beta-Series

รูปที่ 3.3 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC-βIII Series

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ LC-βIII Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		2412βIII	3015βIII
วิธีการเคลื่อนที่	แกน X	โต๊ะเลื่อน	
	แกน Y	หัวตัดเลื่อน	
ระยะแกนเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	แกน X	2520	3070
	แกน Y	1270	1550
	แกน Z	300	
ความเร็วการตัดสูงสุด (เมตร/นาที)	แกน X	0~20	
	แกน Y	0~20	
ความหนาสูงสุด เมื่อใช้ออสซิเลเตอร์ 4000 วัตต์ (มม.)	เหล็ก	22	
	สเตนเลส	12	
	อะลูมิเนียม	10	

3.3.1.3 FO Series (Flying Optic Type)

FO เป็นเครื่องตัดเลเซอร์ชนิด Flying Optics ซึ่งได้ออกแบบเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวโดยบริษัทตัวอย่าง มันได้แสดงถึงวิวัฒนาการขั้นต่อไปในกระบวนการตัดเลเซอร์ ไม่เฉพาะแต่เป็นเครื่องจักรที่สามารถตัดได้รวดเร็วมาก มันยังมีอุปกรณ์เสริมระบบ Carriage 2 ชุดขับตรงซึ่งช่วยเพิ่มกำลังการผลิตในระดับที่คาดไม่ถึงอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างแบบเหล็กหล่อที่มีความแข็งแรงสูง สามารถดูดกลืนแรงสั่นสะเทือน จึงทำให้แน่ใจได้ถึงความถูกต้องแม่นยำระหว่างการทำงานตัดด้วยความเร็วสูง สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดเลเซอร์รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.3 ตามลำดับ

FO-Series

รูปที่ 3.4 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น FO Series

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ FO Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		2412	3015
วิธีการเคลื่อนที่	แกน X	หัวตัดเลื่อน	
	แกน Y		
ระยะแกนเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	แกน X	2520	3070
	แกน Y	1270	1550
	แกน Z	200	
ความเร็วการตัดสูงสุด (เมตร/นาที)	แกน X	0~20	
	แกน Y	0~20	
ความหนาสูงสุด เมื่อใช้ออสซิเลเตอร์ 4000 วัตต์ (มม.)	เหล็ก	22	
	สเตนเลส	12	
	อะลูมิเนียม	10	

3.3.1.4 Quattro (Flying Optic and Economic Type)

Quattro เป็นเครื่องตัดเลเซอร์รุ่นใหม่ ชนิด Flying Optic ขนาด 1,000 วัตต์ ซึ่งได้รับการออกแบบให้ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งและลงทุนต่ำ มีคุณลักษณะพิเศษคือโครงสร้างทำจากเหล็กหล่อมีความแข็งแรงมั่งคงสูง Oscillator ได้รับการพัฒนาใหม่ สิ้นเปลืองแก๊สช่วยตัด (Assist Gas) น้อย อุปกรณ์ที่เกี่ยวกับลำแสงเลเซอร์มีอายุการใช้งานยาวนาน ทำให้ประหยัดต้นทุนในการทำงาน ปฏิบัติงานง่าย สามารถป้อนแผ่นวัสดุเข้าออกเครื่องจักรได้ 3 ทิศทาง บำรุงรักษาง่าย และให้ประสิทธิภาพต่อการลงทุนสูง สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดเลเซอร์รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.5 และตารางที่ 3.4 ตามลำดับ

Quattro

รูปที่ 3.5 รูปเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น Quattro

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดเครื่องตัดเลเซอร์ Quattro

หัวข้อ		Quattro
วิธีการเคลื่อนที่	แกน X	หัวตัดเลื่อน
	แกน Y	
ระยะแกนเคลื่อนที่สูงสุด (มม.)	แกน X	1260
	แกน Y	1260
	แกน Z	100
ความเร็วการตัดสูงสุด (เมตร/นาที)	แกน X	0~10
	แกน Y	0~10
ความหนาสูงสุด เมื่อใช้ออสซิเลเตอร์ 1000 วัตต์ (มม.)	เหล็ก	6
	สเตนเลส	2
	อะลูมิเนียม	1

3.3.1.5 Apelio Series (Punch Laser Combination Type)

Apelio III เป็นเครื่องจักรที่รวมเอาเทคโนโลยีตัดเลเซอร์ที่มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูงกับเทคโนโลยีการเจาะอัตโนมัติที่ให้ประสิทธิภาพการผลิตสูง ไว้ในเครื่องเพียงตัวเดียว ซึ่งลูกค้าสามารถเลือกได้ว่าจะเอาระบบเจาะแบบแมคคานิก หรือไฮดรอลิก เครื่องรุ่นนี้ได้รับการออกแบบสำหรับการผลิตชิ้นงานปริมาณมาก ในเวลาสั้น ๆ โดยเฉพาะงานที่มีการขึ้นรูป ตัวโปรแกรมจะทำการเลือกอัตโนมัติ ระหว่างการเจาะหรือการตัดเลเซอร์ ซึ่งในส่วนของการตัดเลเซอร์จะเป็นอิสระ ไม่เกี่ยวข้องกับช่องใส่แม่พิมพ์ที่จะทำงานขึ้นรูป (Forming) ทำเกลียว (Tapping) และแม่พิมพ์อื่น ๆ ทำให้มั่นใจได้ในความแม่นยำทั้งหมดที่คงที่ของชิ้นงาน สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่อง Combination รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.6 และตารางที่ 3.5 ตามลำดับ

รูปที่ 3.6 รูปเครื่อง Combination รุ่น ApelioIII

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดเครื่อง ApelioIII Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		357V	367V	2510V
ขนาดชิ้นงานเมื่อใช้ 1 รีโพสิชั่น (มม.)		1270x3660	1525x3660	1270x5000
แรงกด (ตัน)		30	30	20
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์		58		31
ความหนาสูงสุดสำหรับตัดเหล็กเมื่อใช้ออสซิเลเตอร์ 2000 วัตต์ (มม.)	Punching	6		
	Laser			
สโตรคต่อนาที (8 mm. stroke, 20 mm. pitch)		200	195	340
ความเร็วการตัดสูงสุด (เมตร/นาที)		0~15		

3.3.2 เครื่องเจาะ CNC (CNC Turret Punch Press M/C)

เครื่องเจาะ CNC เป็นเครื่องเจาะอัตโนมัติที่ทำงานตามโปรแกรมที่สร้างมาจากกระบวนการทำงาน CAD/CAM ซึ่งบริษัทตัวอย่างเป็นผู้ผลิตชั้นแนวหน้าในด้านเครื่องเจาะ CNC ระบบแมคคานิกและระบบไฮดรอลิก มีเครื่องจักรหลากหลายรุ่นหลายขนาดดังต่อไปนี้

3.3.2.1 ARIES Series (Mechanical Punching 20 Tons)

ARIES เป็นเครื่องเจาะระบบ Mechanic ขนาด 20 ตัน มีโครงสร้างแบบ Double C Frame ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะโดยบริษัทตัวอย่าง ช่วยเสริมความแข็งแกร่ง และเพิ่มความแม่นยำในการเจาะ C Frame ชั้นนอกเป็นตัวเครื่องจักรซึ่งทำหน้าที่ในการเจาะ ส่วน C Frame ชั้นในจะทำหน้าที่ประคอง Turret ดังนั้นด้วย ARIES จะทำให้สามารถแน่ใจได้ถึงความตรงศูนย์ของแม่พิมพ์ขณะเจาะ ทำให้ลูกค้าได้รับงานเจาะที่มีคุณภาพสูงในที่สุด สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.7 และตารางที่ 3.6 ตามลำดับ

ARIES-Series

รูปที่ 3.7 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น ARIES Series

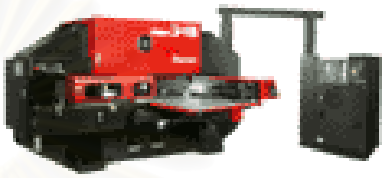
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดเครื่อง ARIES Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	245II	255
แรงกด (ตัน)	20	
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (มม.)	1000x2540	1250x2540
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด สำหรับเหล็กธรรมดา (มม.)	6.0	6.35
สโตรคต่อนาที (2mm stroke, 1mm. pitch)	300	350
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	30	

3.3.2.2 PEGA Series (Mechanical Punching 30 Tons)

PEGA เป็นเครื่องเจาะระบบแมคคานิกที่ได้รับความนิยม ด้วยโครงสร้างแบบ Bridge Frame ซึ่งมีความแข็งแรงสูง ทำให้สามารถขจัดปัญหาการบิดตัวของโครงสร้าง (Distortion) อันเนื่องมาจากแรงด้านข้าง (Side Thrust Loads) ระหว่างการทำงานเจาะ Nibbling ได้ ด้วยระบบคลัตช์และเบรกไฮดรอลิก ช่วยลดเสียงรบกวนการทำงาน ทำให้ได้งานเจาะที่เที่ยงตรงและมีคุณภาพสำหรับการผลิตในระยะยาว สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.8 และตารางที่ 3.7 ตามลำดับ

PEGA-Series



รูปที่ 3.8 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น PEGA Series

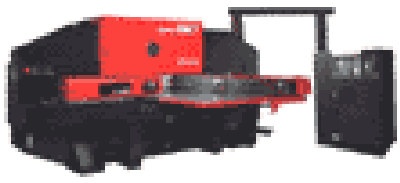
ตารางที่ 3.7 รายละเอียดเครื่อง PEGA Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	357	367
แรงกด (ตัน)		
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (มม.)	1270x3660	1525x3660
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด สำหรับเหล็กธรรมดา (มม.)	6	
สโตรคต่อนาที	350	
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	58	

3.3.2.3 COMA Series (Mechanical Punching 50 Tons)

COMA เป็นเครื่องเจาะระบบแมคคานิกขนาด 50 ตัน มีโครงสร้างแบบ Bridge Frame เครื่องรุ่น COMA จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับงาน ที่มีขั้นตอนการผลิตที่ใช้วัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่และหนา สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.9 และตารางที่ 3.8 ตามลำดับ

COMA-Series



รูปที่ 3.9 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น COMA Series

ตารางที่ 3.8 รายละเอียดเครื่อง COMA Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	557	567
แรงกด (ตัน)	50	
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (มม.)	1270x3660	1525x3660
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด สำหรับเหล็กธรรมดา (มม.)	9.53	
สโตรคต่อนาที	300	
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	58	

3.3.2.4 VIPROS 20 Tons Series (Hydraulic Punching 20 Tons)

VIPROS ขนาด 20 ตัน เป็นเครื่องเจาะระบบไฮดรอลิคที่ถูกออกแบบสำหรับการผลิตด้วยความเร็วสูง เหมาะกับชิ้นงานโลหะแผ่นที่มีอายุการผลิตไม่นาน (Short Run) มีการปรับเปลี่ยนแบบบ่อย รวมถึงงานที่มีการขึ้นรูป ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วและรูปแบบการเคลื่อนที่ของหัวตอกได้โดยอัตโนมัติ โดยใช้ PHNC และลิเนียร์เซอร์โววาล์ว เพื่อการทำงานที่รวดเร็ว แม่นยำ เสียงรบกวนน้อยและการผลิตงานขึ้นรูปที่มีคุณภาพ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.10 และตารางที่ 3.9 ตามลำดับ

VIPROS 20 Tons Series

รูปที่ 3.10 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS 20 Tons Series

ตารางที่ 3.9 รายละเอียดเครื่อง VIPROS 20 Tons Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	255	2510C	2510K
แรงกด (ตัน)	20		
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (มม.)	1270x2540	1270x5000	1270x5000
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	6.35	3.2	3.2
สโตรคต่อนาที (6mm stroke, 2mm. pitch)	545/470	515/425	545/545
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	31	34	31

3.3.2.5 VIPROS-QUEEN Series (Hydraulic Punching 30 Tons)

VIPROS-QUEEN เป็นเครื่องเจาะระบบไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน ที่มีโครงสร้างแบบ Bridge Frame ซึ่งมีความแข็งแรงสูง สามารถขจัดปัญหาการโก่งตัวของโครงสร้าง แรงด้านข้างและแนวการทำงานของแม่พิมพ์บนและล่างไม่ตรงศูนย์กัน ช่วยยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และเครื่องจักรให้ยาวนานขึ้น ด้วยระบบเซอร์โวไฮดรอลิกทำให้เครื่อง VIPROS มีความแม่นยำ มีความเร็วในการทำงานสูง มีเสียงรบกวนการทำงานต่ำ และมีคุณภาพในการขึ้นรูปสูง สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.11 และตารางที่ 3.10 ตามลำดับ

VIPROS-Queen Series

รูปที่ 3.11 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS-QUEEN Series

ตารางที่ 3.10 รายละเอียดเครื่อง VIPROS-QUEEN Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	357Q	367Q
แรงกด (ตัน)	30	
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (มม.)	1270x3660	1525x3660
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด สำหรับเหล็กธรรมดา (มม.)	6	
สโตรคต่อนาที (6mm stroke, 2mm. Pitch)	360/360	360/360
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	58	

3.3.2.6 VIPROS-KING Series (Hydraulic Punching 30 Tons)

VIPROS-KING เป็นเครื่องเจาะระบบไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน มีความแม่นยำ มีความเร็วในการทำงานสูงมาก มีเสียงรบกวนการทำงานต่ำ มีระบบ PHNC และลิเนียร์เซอร์โววาล์ว ทำให้มีคุณภาพในการขึ้นรูปสูง สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.12 และตารางที่ 3.11 ตามลำดับ

VIPROS-King Series

รูปที่ 3.12 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS-KING Series

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดเครื่อง VIPROS-KING Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	358K	368K
แรงกด (ตัน)	30	
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (มม.)	1270x4000	1525x4000
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด สำหรับเหล็กธรรมดา (มม.)	3.2	
สโตรคต่อนาที (6mm stroke, 2mm. pitch)	520/510	520/510
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	58	

3.3.2.7 VIPROS 50 Tons Series (Hydraulic Punching 50 Tons)

VIPROS ขนาด 50 ตัน เป็นเครื่องเจาะระบบไฮดรอลิก ที่มีโครงสร้างแบบ Bridge Frame ซึ่งมีความแข็งแรงสูง สามารถขจัดปัญหาการโก่งตัวของโครงสร้าง แรงด้านข้าง และแนวการทำงานของแม่พิมพ์บนและล่างไม่ตรงศูนย์กัน ช่วยยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และเครื่องจักรให้ยาวนานขึ้น ด้วยระบบเซอร์โวไฮดรอลิกทำให้เครื่อง VIPROS มีความแม่นยำ มีความเร็วในการทำงานสูง มีเสียงรบกวนการทำงานต่ำ และมีคุณภาพในการขึ้นรูปสูง สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.13 และตารางที่ 3.12 ตามลำดับ

VIPROS 50 Tons Series

รูปที่ 3.13 รูปเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS 50 Tons Series

ตารางที่ 3.12 รายละเอียดเครื่อง VIPROS 50 Tons Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	557	567
แรงกด (ton)	50	
ขนาดชิ้นงานเมื่อรีโพสิชั่น 1 ครั้ง (ม.ม.)	1270x3660	1525x3660
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด สำหรับเหล็กธรรมดา (ม.ม.)	6	
สโตรคต่อนาที (6mm stroke, 2mm. pitch)	340/330	340/330
จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์	58	

3.3.3 เครื่องตัด (Shearing M/C)

เป็นเครื่องตัดแผ่นเหล็กให้ได้ขนาดความกว้างและยาวตามที่ต้องการ บริษัทตัวอย่างผลิตเครื่องตัดอย่างเต็มรูปแบบทั้งที่เป็นเครื่องตัดแมคคานิก ไฮดรอลิก และระบบอัตโนมัติ มีเครื่องจักรหลากหลายรุ่น หลายขนาด ดังต่อไปนี้

3.3.3.1 NS-Type Series (New Swing Hydraulic Shearing)

NS-Shear เป็นเครื่องตัดชนิด New-Swing ถูกออกแบบมาสำหรับงานตัดที่ต้องการความแม่นยำ และมีความหนาไม่เกิน 3.5 mm ระบบขับเคลื่อนใบมีดเป็นระบบไฮดรอลิก สามารถปรับมุมการตัด (Rake Angle) ที่เหมาะสมกับวัสดุที่จะทำการตัดได้อย่างง่ายดายที่คันโยกด้านข้างเครื่อง ลักษณะโครงสร้างเครื่องเรียบง่าย และเชื่อถือได้สูง เป็นเครื่องตัดที่กะทัดรัดประหยัดและมีเสียงรบกวนต่ำ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.14 และตารางที่ 3.13 ตามลำดับ

รูปที่ 3.14 รูปเครื่องตัด รุ่น NS-Type Series

ตารางที่ 3.13 รายละเอียดเครื่องตัด NS-Type Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		1235	2035	2535
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	3.5		
	สเตนเลส	2.0		
	อลูมิเนียม	4.5		
ระยะตัดมากที่สุด พร้อมติดไซด์เกจ (มม.)		1255	2025	2485
มุมของใบมีด		$1^{\circ}\ 18'$		
สโตรคต่อนาที		48-70 (60Hz)	38-70 (60Hz)	30-70 (60Hz)
ระยะเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง (มม.)		10~700		

3.3.3.2 M-Type Series (Mechanical Type Shearing)

M-Shear เป็นเครื่องตัดระบบ Mechanic ที่มีลักษณะเด่น คือ เร็ว ปลอดภัย และทำงานตัดได้หลากหลาย เครื่องตัดรุ่นนี้มีค่ามุมการตัด (Rake Angle) ที่เล็กมาก เหมาะสำหรับงานตัดที่ต้องการความแม่นยำสูง โครงสร้าง (Frame) ของเครื่องทำมาจากเหล็กรีดที่มีคุณภาพสูง และยึดติดกันด้วยระบบประสาน (Interlocked) โดยที่ไม่มีการเชื่อม ทำให้ไม่เกิดความเค้น (Stress) จากการเชื่อม ป้องกันโครงสร้างแตกร้าวและบิดตัว ทำให้มั่นใจได้ถึงประสิทธิภาพและความแม่นยำ อีกทั้งระบบควบคุมของเครื่องก็ยังใช้งานง่ายอีกด้วย สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.15 และตารางที่ 3.14 ตามลำดับ

รูปที่ 3.15 รูปเครื่องตัด รุ่น M-Type Series

ตารางที่ 3.14 รายละเอียดเครื่องตัด M-Type Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		1245	2045	2545	3045	4045
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	4.5				
	สเตนเลส	3.0				
	อลูมิเนียม	6.0				
ระยะตัดมากที่สุด พร้อมติดไซด์เกจ (มม.)		1240	2000	2500	3060	4080
มุมของใบมีด		$1^{\circ}\ 28'$	$1^{\circ}\ 18'$			
สโตรคต่อนาที		75	60			50
ระยะเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง (มม.)		10~1000				

หัวข้อ		1260	2060	2560	3060	4065
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	6.0				
	สเตนเลส	4.0				4.5
	อลูมิเนียม	9.0				
ระยะตัดมากที่สุด พร้อมติดไซด์เกจ (มม.)		1240	2000	2500	3060	4080
มุมของใบมีด		$1^{\circ}\ 28'$				
สโตรคต่อนาที		60				52
ระยะเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง (มม.)		10~1000				

3.3.3.3 ESH-Type Series (Hydraulic Type Shearing)

เป็นเครื่องตัดระบบ Hydraulic ที่ออกแบบมาสำหรับตัดงานเหล็กแผ่นหนา และงานสเตนเลส เครื่องรุ่นนี้สามารถปรับมุมการตัด (Rake Angle) และระยะห่างระหว่างใบมีดบนกับใบมีดล่าง (Blade Clearance) ให้เหมาะสมกับวัสดุที่จะทำการตัดได้อย่างง่ายดายที่แผงควบคุมของเครื่องจักร ทำให้งานที่ตัดได้มีความแม่นยำสูง ช่วยลดเวลาการปรับตั้งและยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ โดยไม่จำเป็นต้องหนุนความสูง (Shimming) ของใบมีด นอกจากนี้เครื่องตัดรุ่น ESH-Shear ยังทำงานเงียบ มีการสั่นสะเทือนน้อย และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยอีกด้วย สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องตัดรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.16 และตารางที่ 3.15 ตามลำดับ

ESH-Series

รูปที่ 3.16 รูปเครื่องตัด รุ่น ESH-Type Series

ตารางที่ 3.15 รายละเอียดเครื่องตัด ESH-Type Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		2565	3065	4065
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	0.8 ~ 6.5		
	สเตนเลส	0.8 ~ 5.0		
	อลูมิเนียม	0.8 ~ 9.0		
ระยะตัดมากที่สุด พร้อมติดไซด์เกจ (มม.)		2550	3100	4050
มุมของใบมีด		$0^\circ\ 48'$~ $1^\circ\ 28'$		
สโตรคต่อนาที		22 ~ 40	21 ~ 40	15 ~ 35
ระยะเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง (มม.)		5~1000		

หัวข้อ		1213	2513	3013	4013
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	0.8 ~ 13.0			
	สเตนเลส	0.8 ~ 10.0			
	อลูมิเนียม	0.8 ~ 19.0			
ระยะตัดมากที่สุด พร้อมติดไซด์เกจ (มม.)		1240	2000	2500	3060
มุมของใบมีด		$50'$~ 3°	$0^\circ\ 50'$~ $2^\circ\ 40'$		
สโตรคต่อนาที		23~45	13~34	12~30	9~26
ระยะเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง (มม.)		5~1000			

3.3.4 เครื่องเจาะกึ่ง Manual (Hydraulic Punch Press M/C)

เป็นเครื่องเจาะกึ่ง Manual ที่ต้องใช้คนควบคุมการทำงานเกือบทุกขั้นตอน ซึ่งบริษัทตัวอย่างมีเครื่องจักรประเภทนี้อยู่ 1 รุ่น แต่มีหลายรูปแบบของการปรับตั้งหรือระบบควบคุมให้เลือกดังนี้

3.3.4.1 SP-30II MS Series (30 Tons Hydraulic Punch Press, Fixed Position Stopper)

เป็นเครื่องเจาะระบบไฮดรอลิกแบบ Manual ที่ใช้งานง่าย ปรับตั้งได้รวดเร็ว และมีความยืดหยุ่นสูง สามารถทำงานได้อย่างกว้างขวาง มีระบบกำหนดตำแหน่งการเจาะของชิ้นงานแบบ Manual ซึ่งสามารถปรับตั้งไว้ก่อนเริ่มทำงานได้หลายตำแหน่ง สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.17 และตารางที่ 3.16 ตามลำดับ

รูปที่ 3.17 รูปเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II MS Series

ตารางที่ 3.16 รายละเอียดเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II MS Series

หัวข้อ		SP30II + MS1000
แรงกด (ตัน)		30
ระยะสโตรค (มม.)		100
สโตรคต่อนาที		100
ระยะการกำหนดพิกัด (มม.)	แกน X	1000
	แกน Y	400
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	3.2
	สเตนเลส	2.0

3.3.4.2 SP-30II SS-IV Series (NC Positioning Stopper)

เป็นเครื่องเจาะระบบไฮดรอลิกแบบ Manual ที่ใช้งานง่าย ปรับตั้งได้รวดเร็ว และมีความยืดหยุ่นสูง สามารถทำงานได้อย่างกว้างขวาง มีระบบกำหนดตำแหน่งการเจาะของชิ้นงานแบบอัตโนมัติ ซึ่งสามารถตั้งโปรแกรมให้ระบบควบคุม NC ของเครื่องกำหนดตำแหน่งของตัวหยุดชิ้นงานให้เคลื่อนที่อัตโนมัติตามจังหวะการกดสวิตช์ได้ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องเจาะรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.18 และตารางที่ 3.17 ตามลำดับ

SP-30II SS-IV Series

รูปที่ 3.18 รูปเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II SS Series

ตารางที่ 3.17 รายละเอียดเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP-30II SS Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		SP30II + AMADAN-SSIV Series			
		104IV	154IV	254IV	304IV
แรงกด (ตัน)		30			
ระยะสโตรค (มม.)		100			
สโตรคต่อนาที		100			
ระยะการกำหนดพิกัด (มม.)	แกน X	1000	1500	2550	3000
	แกน Y	400			
ความหนาชิ้นงานมากที่สุด (มม.)	เหล็กธรรมดา	4.5			
	สเตนเลส	2.0			

3.3.5 เครื่องบากมุม (Corner Shear M/C)

เป็นเครื่องบากมุมโลหะแผ่น สำหรับทำการตัดบากมุมและขอบของชิ้นงานให้ได้รายละเอียดตามแบบแผ่นคลี่สำหรับชิ้นงานที่เป็นงานพับกล่อง ซึ่งบริษัทตัวอย่างมีเครื่องจักรประเภทนี้อยู่ 1 รุ่น แต่มีหลายขนาดให้เลือกดังต่อไปนี้

3.3.5.1 CS Series

เครื่องบากมุม CS-Series เหมาะสำหรับการทำงานผลิตภัณฑ์ประเภทกล่องหรือ Panel ที่มีปริมาณการผลิตไม่มาก เป็นเครื่องที่มีฟังก์ชันการทำงาน 2 ชนิด คือ มีหัวตัดบากมุมที่ด้านหน้า และยังสามารถติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับที่จับแม่พิมพ์ทางด้านหลังเพื่อทำงานประเภทต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น งานบากขอบ (Edge Notching) งานเจาะ (Punching) งานบากมุมโค้ง (Corner Radius Notching) งานเจาะเหล็กฉาก (Angle Punching) งานตัดเหล็กฉาก (Angle Cutting) หรือ งานตัดท่อนเหล็กแบน (Flat Bar Cutting) เป็นต้น สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องบากมุมรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.19 และตารางที่ 3.18 ตามลำดับ

รูปที่ 3.19 รูปเครื่องบากมุมรุ่น CS Series

ตารางที่ 3.18 รายละเอียดเครื่องบากมุม รุ่น CS Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ		CS-220	CSHW-220	CSW-250
ความหนาชิ้นงานมากที่สุดสำหรับเหล็กธรรมดา (มม.)		3.2	6.0	3.2
ระยะการบาก (มม.)	บากมุม	220x220		250x250
	บากขอบ	-	มากสุด 100x100	100x150
ระยะสโตรค (มม.)	บากมุม	22	26	24
	บากขอบ	-	24	24.5
สโตรคต่อนาที (50Hz)	บากมุม	35	34	35
	บากขอบ	-	35	34
แรงกด (ตัน)		10	25	10

3.3.6 เครื่องพับ (Bending M/C)

เป็นเครื่องพับชิ้นงานโลหะแผ่นให้ได้รูปร่างต่าง ๆ เป็นชิ้นส่วนประกอบหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปตามที่เราต้องการ บริษัทตัวอย่างได้ออกแบบและผลิตระบบควบคุมของเครื่อง แม่พิมพ์ และระบบอัตโนมัติสำหรับเครื่องพับอย่างเต็มรูปแบบ มีเครื่องพับไฮดรอลิกทั้งที่เป็นระบบแท่นพับเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นบนและด้านบนลงล่าง ซึ่งเครื่องพับของบริษัทตัวอย่างมีอยู่หลากหลายรุ่น หลายขนาด และหลายชนิดของระบบควบคุม ดังต่อไปนี้

3.3.6.1 RG-AT/BG Series (Up Stroke, Auto Backgauge Positioning, L-Only)

เครื่องพับรุ่น RG-AT/BG เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิก แบบแท่นพับเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนรุ่นพื้นฐาน ซึ่งได้รับความนิยมและใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด เพราะมีลักษณะการออกแบบที่พิเศษและเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ช่วยลดเวลาในการปรับตั้ง เช่น การหนุนแม่พิมพ์ (Shimming) การตั้งศูนย์กลางของแม่พิมพ์ (Tool Alignment) ซึ่งรุ่นนี้จะมีระบบควบคุมตำแหน่งของที่กั้นหลังให้เคลื่อนที่อัตโนมัติตามระยะที่ตั้งไว้ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.20 ตารางที่ 3.19 และตารางที่ 3.20 ตามลำดับ

RG-AT/BG Series

รูปที่ 3.20 รูปเครื่องพับรุ่น RG-AT/BG Series

ตารางที่ 3.19 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-AT/BG Series ขนาด 35 - 125 ตัน

หัวข้อ	35S	50S	50	80S	80	100S	100	100L	125
แรงกด (ตัน)	35	50		80		100			125
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1250	1250	2085	2085	2505	2600	3100	4100	3100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	100								
จำนวนกระบอกสูบ	1		3						
ความเร็วเข้าใกล้	46	38	38			49			40
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8	7.4	7			8.3			7.5
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	40	60	35	36	52	52	52	53	40
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500								
ความเร็วที่กั้นหลัง	5000 ม.ม./นาที								
จำนวนแกนควบคุม	1 แกน (L)								
ขนาดหน่วยความจำ	99 ขั้นตอน								

ตารางที่ 3.20 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-AT/BG Series ขนาด 150 - 400 ตัน

หัวข้อ	150	150L	200	200L	250	300L	400	400L	400LL
แรงกด (ตัน)	150		200		250	300	400		
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3100	4100	3100	4100	4100	6100	4100	6100	7100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150				250				
จำนวนกระบอกสูบ	4								
ความเร็วเข้าใกล้	37				34				
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	6.8				6.6				
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	60				60				
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500								
ความเร็วที่กั้นหลัง	5000 ม.ม./นาที								
จำนวนแกนควบคุม	1 แกน (L)								
ขนาดหน่วยความจำ	99 ขั้นตอน								

3.3.6.2 RG-NC9EV Series (Up Stroke, Angle Mode Programming)

เครื่องพับรุ่น RG-NC9EV เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบแท่นพับเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนรุ่นพื้นฐาน มีความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ช่วยลดเวลาในการปรับตั้ง ซึ่งจะมีโครงสร้างพื้นฐานเช่นเดียวกันกับรุ่น RG-AT/BG แต่แตกต่างกันที่ระบบควบคุมของเครื่องจักร โดยที่จะสามารถสร้างโปรแกรมในโหมดองศา ให้ระบบควบคุมคำนวณค่าควบคุมแกน และฟังก์ชันต่าง ๆ เองโดยอัตโนมัติ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.21 ตารางที่ 3.21 และตารางที่ 3.22 ตามลำดับ

รูปที่ 3.21 รูปเครื่องพับรุ่น RG-NC9EV Series

ตารางที่ 3.21 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-NC9EV Series ขนาด 35 – 125 ตัน

หัวข้อ	35S	50S	50	80S	80	100S	100	100L	125
แรงกด (ตัน)	35	50		80		100			125
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1250	1250	2085	2085	2505	2600	3100	4100	3100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	100								
จำนวนกระบอกสูบ	1		3						
ความเร็วเข้าใกล้	46	38	38			49			40
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8	7.4	7			8.3			7.5
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	40	60	35	36	52	52	52	53	40
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500								
ความเร็วที่กั้นหลัง	30000 ม.ม./นาที								
จำนวนแกนควบคุม	7 แกน (L1, L2, D, YR, YL, ZR, และ ZL) สำหรับ NC9-EVI 3 แกน (L1, L2, และ D) สำหรับ NC9-EVII								
ขนาดหน่วยความจำ	16 โปรแกรม (ขั้นตอนทั้งหมดรวมกันมากสุด 100 ขั้นตอน)								

ตารางที่ 3.22 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-NC9EV Series ขนาด 150 – 400 ตัน

หัวข้อ	150	150L	200	200L	250	300L	400	400L	400LL
แรงกด (ตัน)	150		200		250	300	400		
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3100	4100	3100	4100	4100	6100	4100	6100	7100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150				250				
จำนวนกระบอกสูบ	4								
ความเร็วเข้าใกล้	37				34				
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	6.8				6.6				
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	60				60				
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500								
ความเร็วที่กั้นหลัง	30000 ม.ม./นาที								
จำนวนแกนควบคุม	7 แกน (L1, L2, D, YR, YL, ZR, และ ZL) สำหรับ NC9-EVI 3 แกน (L1, L2, และ D) สำหรับ NC9-EVII								
ขนาดหน่วยความจำ	16 โปรแกรม (ขั้นตอนทั้งหมดรวมกันมากสุด 100 ขั้นตอน)								

3.3.6.3 RG-LD Series (Up Stroke, L-Value and D-Value(Depth) Input)

เครื่องพับรุ่น RG-LD เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบแท่นพับเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนรุ่นพื้นฐาน ซึ่งได้มีการปรับปรุงโฉมใหม่ให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น เพื่อประโยชน์ในการใช้งาน ได้แก่ การใช้ปั๊มไฮดรอลิกตัวใหญ่ทำให้ความเร็วการทำงานพับสูงขึ้น และได้พัฒนานำระบบควบคุมรุ่น NC9-LD มาใช้ ทำให้สามารถเก็บข้อมูลระยะการพับและค่ามุมการพับได้ถึง 99 ขั้นตอนต่าง ๆ กัน สามารถป้อนข้อมูลได้อย่างง่ายดาย สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.22 และตารางที่ 3.23 ตามลำดับ

RG-LD Series

รูปที่ 3.22 รูปเครื่องพับรุ่น RG-NC9LD Series

ตารางที่ 3.23 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น RG-NC9LD Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	3512	5020	8024	1030
แรงกด (ตัน)	35	50	80	100
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1250	2085	2505	3100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	100			
จำนวนกระบอกสูบ	1	3		
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	63	49	49	58
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	11	9.1	9.1	10.5
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ (มม./วินาที)	40	35	52	52
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500			
ความเร็วที่กั้นหลัง	15000 ม.ม./นาที			
จำนวนแกนควบคุม	2 แกน (L และ D)			
ขนาดหน่วยความจำ	198 ขั้นตอน (99 ขั้นตอน ในโหมด MDI)			

3.3.6.4 FBDII-NC9EV (Up Stroke, Angle Mode Programming)

เครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบแท่นพับเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบน ซึ่งได้รับการออกแบบโดยใช้ระบบการกระจายแรงออกด้านข้างแบบพิเศษ (Hanger Pressurization) ทำให้ไกด์การเคลื่อนที่ 2-3 ชุด มีกำลังมากเพียงพอสำหรับการทำให้เกิดแรงดันที่แท่นพับบนและล่างสม่ำเสมอกัน เพื่อรักษาความขนานของแท่นพับและทำให้ได้มุมการพับของชิ้นงานที่มีความสม่ำเสมอกันตลอดแนวการพับ และสำหรับระบบควบคุมของเครื่องจักรก็สามารถที่จะสร้างโปรแกรมในโหมดองศา ให้ระบบควบคุมคำนวณค่าควบคุมแกนและฟังก์ชันต่าง ๆ เองโดยอัตโนมัติ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.23 ตารางที่ 3.24 และตารางที่ 3.25 ตามลำดับ

FBDII-NC9EV Series

รูปที่ 3.23 รูปเครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV Series

ตารางที่ 3.24 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV Series ขนาด 35 – 125 ตัน

หัวข้อ	3512	5012	5020	8020	8025	1025	1030	1253
แรงกด (ตัน)	35	50		80		100		125
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1250	1250	2085	2085	2505	2505	3100	3100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	100							
จำนวนกระบอกสูบ	1			2				3
ความเร็วเข้าใกล้	72			74				77
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	7.6			7.5				7.8
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	57			76				74
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500							
ความเร็วที่กั้นหลัง	30000 ม.ม./นาที							
จำนวนแกนควบคุม	7 แกน (L1, L2, D, YR, YL, ZR, และ ZL) สำหรับ NC9-EVI 3 แกน (L1, L2, และ D) สำหรับ NC9-EVII							
ขนาดหน่วยความจำ	16 โปรแกรม (ขั้นตอนทั้งหมดรวมกันมากสุด 100 ขั้นตอน)							

ตารางที่ 3.25 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDII-NC9EV Series ขนาด 150 – 400 ตัน

หัวข้อ	1503	1504	2003	2004	2504	3004	3006	4004	4006
แรงกด (ตัน)	150		200		250	300		400	
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3100	4100	3100	4100			6100	4100	6100
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150				250				
จำนวนกระบอกสูบ	2		3					4	
ความเร็วเข้าใกล้	78		66		62			63	
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8		7		6			6	
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	74		66		60			64	
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500								
ความเร็วที่กั้นหลัง	30000 ม.ม./นาที								
จำนวนแกนควบคุม	7 แกน (L1, L2, D, YR, YL, ZR, และ ZL) สำหรับ NC9-EVI 3 แกน (L1, L2, และ D) สำหรับ NC9-EVII								
ขนาดหน่วยความจำ	16 โปรแกรม (ขั้นตอนทั้งหมดรวมกันมากสุด 100 ขั้นตอน)								

3.3.6.5 FBDIII-LD Series (Up Stroke, L-Value and D-Value(Depth) Input)

เครื่องพับรุ่น FBDIII-LD เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบที่แท่นพับทำงานเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนที่มีความแม่นยำสูงมากเป็นพิเศษ เพราะสามารถปรับปรุงความแม่นยำการพับโดยการควบคุมแรงดันที่ตำแหน่งการพับใดก็ได้ และใช้แรงพับด้านข้างเครื่องได้ 50% ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยวิธีการพับแบบเป็นขั้น (Multi-Stage Bending) ได้ สำหรับระบบควบคุมนั้นจะสามารถป้อนข้อมูลทำโปรแกรมป้อนข้อมูลได้อย่างง่ายดาย โดยที่เก็บข้อมูลระยะการพับและค่ามุมการพับต่าง ๆ กันได้ถึง 99 ขั้นตอน สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.24 ตารางที่ 3.26 และตารางที่ 3.27 ตามลำดับ

FBDIII-LD Series

รูปที่ 3.24 รูปเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9LD Series

ตารางที่ 3.26 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9LD Series ขนาด 35 – 100 ตัน

หัวข้อ	3512	5012	5020	8020	8025	1025
แรงกด (ตัน)	35	50		80		100
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1200	1200	2000	2000	2500	2500
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150					
จำนวนกระบอกสูบ	2(2)					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	77					
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8					
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ (มม./วินาที)	90					
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	15000					
จำนวนแกนควบคุม	2 แกน (L และ D)					
ขนาดหน่วยความจำ	198 ขั้นตอน (99 ขั้นตอน ในโหมด MDI)					

ตารางที่ 3.27 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9LD Series ขนาด 100 – 200 ตัน

หัวข้อ	1030	1253	1503	1504	2003	2004
แรงกด (ตัน)	100	125	150		200	
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3000	3000	3000	4000	3000	4000
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150		200			
จำนวนกระบอกสูบ	2(2)					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	77		100			
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8		7			
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ (มม./วินาที)	90		100			
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	15000					
จำนวนแกนควบคุม	2 แกน (L และ D)					
ขนาดหน่วยความจำ	198 ขั้นตอน (99 ขั้นตอน ในโหมด MDI)					

3.3.6.6 FBDIII-FS Series (Up Stroke, Angle and Shape Mode Programming)

เครื่องพับรุ่น FBDIII-FS เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบที่แท่นพับทำงานเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนที่มีความแม่นยำสูงมากเป็นพิเศษ เพราะสามารถปรับปรุงความแม่นยำการพับโดยการควบคุมแรงดันที่ตำแหน่งการพับใดก็ได้ และใช้แรงพับด้านข้างเครื่องได้ 50% ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยวิธีการพับแบบเป็นขั้น (Multi-Stage Bending) ได้ และสำหรับระบบควบคุมนั้นจะสามารถป้อนข้อมูลทำโปรแกรมในโหมดองศา และโหมดรูปร่าง 2 มิติ ให้ระบบควบคุมคิดขั้นตอนการพับ เลือกแม่พิมพ์ และคำนวณค่าควบคุมแกนและฟังก์ชันต่าง ๆ เองโดยอัตโนมัติ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.25 ตารางที่ 3.28 และตารางที่ 3.29 ตามลำดับ

FBDIII-FS Series

รูปที่ 3.25 รูปเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9FS Series

ตารางที่ 3.28 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9FS Series ขนาด 35 – 100 ตัน

หัวข้อ	3512	5012	5020	8020	8025	1025
แรงกด (ตัน)	35	50		80		100
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1200	1200	2000	2000	2500	2500
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150					
จำนวนกระบอกสูบ	2(2)					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	77					
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8					
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	90					
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	30000					
จำนวนแกนควบคุม	8 แกน (D1, D2, L1, L2, YR, YL, ZR, และ ZL) ของ NC9-FSI 4 แกน (D1, D2, L1, และ L2) สำหรับ NC9-FSII					
ขนาดหน่วยความจำ	50 โปรแกรม (ขั้นตอนทั้งหมดรวมกันมากสุด 500 ขั้นตอน)					

ตารางที่ 3.29 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NC9FS Series ขนาด 100 – 200 ตัน

หัวข้อ	1030	1253	1503	1504	2003	2004
แรงกด (ตัน)	100	125	150		200	
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3000	3000	3000	4000	3000	4000
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150		200			
จำนวนกระบอกสูบ	2(2)					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	77		100			
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8		7			
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	90		100			
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	30000					
จำนวนแกนควบคุม	8 แกน (D1, D2, L1, L2, YR, YL, ZR, และ ZL) ของ NC9-FSI 4 แกน (D1, D2, L1, และ L2) สำหรับ NC9-FSII					
ขนาดหน่วยความจำ	50 โปรแกรม (ขั้นตอนทั้งหมดรวมกันมากสุด 500 ขั้นตอน)					

3.3.6.7 FBDIII-NT Series (Up Stroke, 3D Model transfer through Network)

เครื่องพับรุ่น FBDIII-NT เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบที่แท่นพับทำงานเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบนที่มีความแม่นยำสูงมากเป็นพิเศษ เพราะสามารถปรับปรุงความแม่นยำการพับโดยการควบคุมแรงดันที่ตำแหน่งการพับใดก็ได้ และใช้แรงพับด้านข้างเครื่องได้ 50% ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยวิธีการพับแบบเป็นขั้น (Multi-Stage Bending) ได้ และสำหรับระบบควบคุมนั้นจะสามารถป้อนข้อมูลทำโปรแกรมในโหมดองศา โหมดรูปร่าง 2 มิติ และโหมดแบบวาดชิ้นงาน 3 มิติและแบบแผ่นคลี่ ซึ่งเรียกโปรแกรมชิ้นงานผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในสำนักงานมาทำโปรแกรมเลือกลำดับการพับ เลือกแม่พิมพ์ จัดวางตำแหน่งแม่พิมพ์ที่แท่นพับ แสดงแบบจำลองการทำงาน 3 มิติ และคำนวณค่าควบคุมแกนและฟังก์ชันต่าง ๆ เองอัตโนมัติโดยไม่ต้องป้อนข้อมูลใด ๆ ทั้งสิ้น สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.26 ตารางที่ 3.30 และตารางที่ 3.31 ตามลำดับ

FBDIII-NT Series

รูปที่ 3.26 รูปเครื่องพับรุ่น FBDIII-NT Series

ตารางที่ 3.30 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NT Series ขนาด 35 – 100 ตัน

หัวข้อ	3512	5012	5020	8020	8025	1025
แรงกด (ตัน)	35	50		80		100
ระยะพับสูงสุด (มม.)	1200	1200	2000	2000	2500	2500
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	150					
จำนวนกระบอกสูบ	2(2)					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	77					
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	8					
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	90					
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	500					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	30000					
จำนวนแกนควบคุม	8 แกน (D1, D2, L1, L2, YR, YL, ZR, และ ZL)					
ขนาดหน่วยความจำ	ไม่จำกัด (ยืดหยุ่นได้ขึ้นอยู่กับขนาดของฮาร์ดดิสก์)					

ตารางที่ 3.31 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น FBDIII-NT Series ขนาด 100 – 200 ตัน

หัวข้อ	1030	1253	1503	1504	2003	2004
แรงกด (ตัน)	100	125	150		200	
ระยะพับสูงสุด (ม.ม.)	3000	3000	3000	4000	3000	4000
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (ม.ม.)	150		200			
จำนวนกระบอกสูบ	2(2)					
ความเร็วเข้าใกล้ (ม.ม./วินาที)	77		100			
ความเร็วพับ (ม.ม./วินาที)	8		7			
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	90		100			
ระยะที่กั้นหลัง (ม.ม.)	500					
ความเร็วที่กั้นหลัง (ม.ม./นาที)	30000					
จำนวนแกนควบคุม	8 แกน (D1, D2, L1, L2, YR, YL, ZR, และ ZL)					
ขนาดหน่วยความจำ	ไม่จำกัด (ยืดหยุ่นได้ขึ้นอยู่กับขนาดของฮาร์ดดิสก์)					

3.3.6.8 HFE Series (Down Stroke Hydraulic Press Brake)

เครื่องพับรุ่น HFE เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบที่แท่นพับทำงานเคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่างที่มีความแม่นยำสูง ด้วยลักษณะโครงสร้างพิเศษของแท่นพับล่างทำให้มั่นใจได้ถึงความขนานในการโก่งตัวของแท่นพับบนและล่างขณะพับ ทำให้เกิดมุมการพับที่เท่ากันตลอดแนวยาวการพับ นอกจากนี้เครื่อง HFE ยังสามารถใช้งานวิธีการพับแบบเป็นขั้น (Multi-Stage Bending) โดยใช้แรงพับด้านข้างเครื่องได้ถึง 50% อีกด้วย สำหรับระบบควบคุมนั้นจะสามารถป้อนข้อมูลทำโปรแกรมในโหมดองศาและโหมดรูปร่าง 2 มิติ ให้ระบบควบคุมคิดขั้นตอนการพับ เลือกแม่พิมพ์ และคำนวณค่าควบคุมแกนและฟังก์ชันต่าง ๆ เองโดยอัตโนมัติ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.27 และตารางที่ 3.32 ตามลำดับ

HFE Series

รูปที่ 3.27 รูปเครื่องพับรุ่น HFE Series

ตารางที่ 3.32 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น HFE Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	130-3	130-4	170-3	170-4	220-3	220-4
แรงกด (ตัน)	130		170		220	
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3140	4200	3170	4230	3220	4280
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	200					
จำนวนกระบอกสูบ	2					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	100					
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	10					
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	100					
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	700					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	30000					
จำนวนแกนควบคุม	7 แกน (Y1, Y2, X1, X2, R, Z1, และ Z2)					
ขนาดหน่วยความจำ	60 โปรแกรม					

3.3.6.9 HFT Series (Down Stroke Hydraulic Press Brake)

เครื่องพับรุ่น HFT เป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกแบบที่แท่นพับทำงานเคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่างที่มีความแม่นยำสูง ด้วยลักษณะโครงสร้างพิเศษของแท่นพับล่างทำให้มั่นใจได้ถึงความขนานในการโก่งตัวของแท่นพับบนและล่างขณะพับ ทำให้เกิดมุมการพับที่เท่ากันตลอดแนวยาวการพับ นอกจากนี้เครื่อง HFT ยังสามารถใช้งานวิธีการพับแบบเป็นขั้น (Multi-Stage Bending) โดยใช้แรงพับด้านข้างเครื่องได้ถึง 50% อีกด้วย สำหรับระบบควบคุมนั้นจะสามารถป้อนข้อมูลทำโปรแกรมในโหมดองศา ให้ระบบควบคุมคำนวณค่าควบคุมแกนและฟังก์ชันต่าง ๆ เองโดยอัตโนมัติ สำหรับรูปและรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นนี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.28 และตารางที่ 3.33 ตามลำดับ

HFT Series

รูปที่ 3.28 รูปเครื่องพับรุ่น HFT Series

ตารางที่ 3.33 รายละเอียดเครื่องพับรุ่น HFT Series ขนาดต่าง ๆ

หัวข้อ	130-3	130-4	170-3	170-4	220-3	220-4
แรงกด (ตัน)	130		170		220	
ระยะพับสูงสุด (มม.)	3140	4200	3170	4230	3220	4280
ระยะสโตรคแนวดิ่ง (มม.)	200					
จำนวนกระบอกสูบ	2					
ความเร็วเข้าใกล้ (มม./วินาที)	100					
ความเร็วพับ (มม./วินาที)	10					
ความเร็วเคลื่อนที่กลับ	100					
ระยะที่กั้นหลัง (มม.)	700					
ความเร็วที่กั้นหลัง (มม./นาที)	30000					
จำนวนแกนควบคุม	4 แกน (Y1, Y2, X และ R)					

3.4 ความรู้เกี่ยวกับวัสดุ

วัสดุที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในแวดวงอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะแผ่น โดยส่วนใหญ่แล้วจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก คือ โลหะที่เป็นเหล็ก สเตนเลส และอลูมิเนียม

3.4.1 โลหะแผ่นเหล็ก (Steel Sheets)

โลหะแผ่นเหล็กที่เรามักจะนำมาใช้ในการแปรรูปด้วยกระบวนการทำงานตัด เจาะ และพับจะประกอบไปด้วยเหล็กชนิดต่าง ๆ ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (JIS) ดังต่อไปนี้

3.4.1.1 Rolled Steel for General Structure (SS)

เป็นเหล็กรีดร้อนสำหรับงานโครงสร้างทั่วไป เช่น สะพาน (Bridges) เรือ (Ships) เป็นต้น ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็นเกรดต่าง ๆ ตามส่วนผสมทางเคมี 4 เกรด ดังแสดงในตารางที่ 3.34

ตารางที่ 3.34 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กรีดร้อน SS

Class	สัญลักษณ์ของเกรด (SI Unit)	สัญลักษณ์แบบเก่า (JIS)	ค่า Tensile
1	SS330	SS34	33 – 44 kg/mm^2
2	SS400	SS41	41 – 52 kg/mm^2
3	SS490	SS50	50 – 62 kg/mm^2
4	SS540	SS55	$\geq$ 55 kg/mm^2

ขนาดความหนามาตรฐานของเหล็ก SS ได้แก่ หน่วย : mm

1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	(2.6)	2.8	(2.9)	3.2
3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.0	6.3	7.0	8.0	9.0	10.0
11.0	12.0	12.7	13.0	14.0	15.0	16.0	(17.0)	18.0	19.0	20.0
22.0	25.0	25.4	28.0	(30.0)	32.0	36.0	38.0	40.0	45.0	50.0

3.4.1.2 Cold-Reduced Carbon Steel Sheets (SPC)

เป็นเหล็กแผ่นรีดเย็น คนทั่วไปมักจะเรียกว่า “เหล็กขาว” จะแบ่งออกได้เป็นเกรดต่าง ๆ ตามส่วนผสมทางเคมี 3 เกรด ดังตารางที่ 3.35

ตารางที่ 3.35 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กแผ่นรีดเย็น SPC

Class	สัญลักษณ์	ค่า Tensile	หมายเหตุ
1	SPCC	$\geq$ 28 kg/mm^2	คุณภาพทั่วไป (Commercial)
2	SPCD	$\geq$ 28 kg/mm^2	คุณภาพงานขึ้นรูป (Drawing)
3	SPCE	$\geq$ 28 kg/mm^2	คุณภาพงานขึ้นรูปลึก (Deep Drawing)

ขนาดความหนามาตรฐานของเหล็ก SPC ได้แก่ หน่วย : mm

0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	(2.6)	2.8	(2.9)	3.2

3.4.1.3 Hot-Rolled Mild Steel Sheets (SPH)

เป็นเหล็กแผ่นเหนียวรีดร้อนที่ใช้ในงานแปรรูปทั่วไป คนส่วนใหญ่มักจะเรียกว่า “เหล็กดำ” จะแบ่งออกได้เป็น 3 เกรด ดังตารางที่ 3.36

ตารางที่ 3.36 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กแผ่นเหนียวรีดร้อน SPH

Class	สัญลักษณ์	ค่า Tensile	ความหนาใช้งาน	หมายเหตุ
1	SPHC	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.2 – 14 mm	คุณภาพทั่วไป
2	SPHD	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.2 – 14 mm	คุณภาพงานขึ้นรูป
3	SPHE	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.2 – 6 mm	คุณภาพงานขึ้นรูปลึก

ขนาดความหนามาตรฐานของเหล็ก SPH ได้แก่ หน่วย : mm

1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	(2.6)	2.8
(2.9)	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.0	6.3
7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	12.7	13.0	14.0

3.4.1.4 Hot-Dip Zinc-Coated Steel Sheets (SGHC, SGCC)

เป็นเหล็กที่ชุบผิวด้วยสังกะสีทั้ง 2 ด้าน โดยวิธีการจุ่มลงในสังกะสีที่หลอมเหลวซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของธาตุสังกะสีไม่น้อยกว่า 97% (ปกติจะมีเปอร์เซ็นต์ของอลูมิเนียมอยู่ด้วยประมาณ 0.3% หรือน้อยกว่านั้น) แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แผ่นเหล็กเดิมเป็นเหล็กเหนียวรีดร้อน และแผ่นเหล็กเดิมเป็นเหล็กเหนียวรีดเย็น ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.37

ตารางที่ 3.37 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กที่ชุบผิวด้วยสังกะสี

Class	สัญลักษณ์	ค่า Tensile	ความหนาใช้งาน	แผ่นเหล็กเดิม
1	SGHC	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.6 – 6.0 mm	เหล็กเหนียวรีดร้อน
2	SGCC	$\geq$ 28 kg/mm^2	0.25 – 3.2 mm	เหล็กเหนียวรีดเย็น

ขนาดความหนามาตรฐานของเหล็ก SGHC, SGCC ได้แก่ หน่วย : mm

(0.27)	(0.30)	(0.35)	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3
2.8	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.6	6.0

3.4.1.5 Electrolytic Zinc-Coated Steel Sheets (SEHC, SECC)

เป็นเหล็กที่ชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ แผ่นเหล็กเดิมเป็นเหล็กเหนียวรีดร้อน และแผ่นเหล็กเดิมเป็นเหล็กเหนียวรีดเย็น ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.38

ตารางที่ 3.38 เกรดต่าง ๆ ของเหล็กที่ชุบสังกะสีด้วยไฟฟ้า

Class	สัญลักษณ์	ค่า Tensile	ความหนาใช้งาน	หมายเหตุ
1	SEHC	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.6 – 4.5 mm	คุณภาพทั่วไป
2	SEHD	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.6 – 4.5 mm	คุณภาพงานขึ้นรูป
3	SEHE	$\geq$ 28 kg/mm^2	1.6 – 4.5 mm	คุณภาพงานขึ้นรูปลึก
4	SECC	$\geq$ 28 kg/mm^2	0.4 – 3.2 mm	คุณภาพทั่วไป
5	SECD	$\geq$ 28 kg/mm^2	0.4 – 3.2 mm	คุณภาพงานขึ้นรูป
6	SECE	$\geq$ 28 kg/mm^2	0.4 – 3.2 mm	คุณภาพงานขึ้นรูปลึก

ขนาดความหนามาตรฐานของเหล็ก SEHC, SECC ได้แก่ หน่วย : mm

0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
2.0	2.3	2.5	(2.6)	2.8	(2.9)	3.2	3.6	4.0	4.5	

3.4.2 โลหะแผ่นสเตนเลส (Stainless Steel Sheets)

ข้อเสียของโลหะแผ่นเหล็กคือการขึ้นสนิม การผสมโครเมียมลงไปประมาณ 12% ระหว่างกระบวนการผลิตเหล็ก จะช่วยป้องกันสนิมและลดการผุกร่อนของเหล็กด้วย ซึ่งจะทำให้ได้เป็นวัสดุชนิดใหม่ออกมาที่เราเรียกว่าเหล็กสเตนเลส ตัวอย่างของแผ่นเหล็กสเตนเลส 2 เกรด ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (JIS) ที่มักจะนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะแผ่น แสดงได้ดังตารางที่ 3.39

ตารางที่ 3.39 ตัวอย่างเกรดของแผ่นเหล็กสเตนเลส

สัญลักษณ์	ค่า Tensile	สารที่ผสมเพิ่มลงไป (%)	
		โครเมียม	นิกเกิล
SUS 430	$\geq$ 46 kg/mm^2	16.0 – 18.0	-
SUS 304	$\geq$ 53 kg/mm^2	18.0 – 20.0	8.0 - 10.5

- โครเมียม (Cr) ทนต่อการสึกหรอ ทำให้เป็นสนิมยากขึ้น
- นิกเกิล (Ni) มีความเหนียวสูงสุด สามารถทนต่อการกระทบกระเทือนเป็นพิเศษ

คุณสมบัติพิเศษของเหล็กแผ่นสเตนเลสทั้ง 2 ชนิดข้างต้นแสดงได้ดังตารางที่ 3.40

ตารางที่ 3.40 คุณสมบัติพิเศษของแผ่นเหล็กสเตนเลสเกรดตัวอย่าง

สัญลักษณ์	คุณสมบัติพิเศษ	การใช้งาน
SUS 430	คุณสมบัติกันสนิม และ ทนต่อความร้อนได้ดีเป็นพิเศษ	ชิ้นส่วนรถยนต์ วัสดุก่อสร้าง และสิ่งของเครื่องใช้ในครัว
SUS 304	กันสนิม ทนต่อความร้อน และเหมาะสำหรับงานที่ต้องขึ้นรูปลึก	อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมที่ใช้อุณหภูมิสูง และอุตสาหกรรมอาหาร

การทำผิว (Surface Finish) ของแผนเหล็กสเตนเลสที่สำเร็จรูปแล้ว จะทำให้สามารถแบ่งสัญลักษณ์เพิ่มเติมออกไปได้อีกหลายชนิด สำหรับชนิดที่เรามักจะเจอกันบ่อย ๆ ก็ได้แก่

- No. 2B เป็นการรีดเย็นครั้งสุดท้ายให้มีความเงาที่เหมาะสม
- HL (Hair Line) เป็นการขัดผิวให้เกิดแนวเส้นต่อเนื่องไปในทางเดียวกันทั้งแผ่น
- Mirror เป็นการทำผิวให้มีความเงาวาวเหมือนกระจก

ขนาดความหนามาตรฐานของแผ่นเหล็กสเตนเลส SUS ได้แก่ หน่วย : mm

0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0
7.0	8.0	9.0	10.0	12.0	15.0	20.0	

3.4.3 โลหะแผ่นอลูมิเนียม (Aluminum Sheets)

อลูมิเนียมเป็นโลหะนอกกลุ่มเหล็ก เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีค่าถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.7 kg/mm^3 ซึ่งจะมีค่าประมาณ 1/3 เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก อลูมิเนียมที่มีความบริสุทธิ์สูงจะนิ่ม มีความยืดหยุ่นสูง แต่ความแข็งแรงจะต่ำ สำหรับอลูมิเนียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะแผ่นสำหรับกระบวนการตัด เจาะ หรือพับ เช่น ในการผลิตเครื่องยนต์รถ เฟรมประตู เฟรมหน้าต่าง เครื่องครัว เป็นต้น มักจะเป็นอลูมิเนียมอัลลอย สำหรับตัวอย่างของอลูมิเนียมอัลลอย 2 เกรด ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น (JIS) ที่มักจะนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะแผ่น แสดงได้ดังตารางที่ 3.41

ตารางที่ 3.41 ตัวอย่างเกรดของแผ่นอลูมิเนียมอัลลอย

สัญลักษณ์	ค่า Tensile	สารที่ผสมเพิ่มลงไป (%)			
		ซิลิกอน	เหล็ก	แมกนีเซียม	โครเมียม
A 1050 P	6 - 15 kg/mm^2	0.25	0.4	0.05	-
A 5052 P	24 - 29 kg/mm^2	0.25	0.4	2.2 – 2.8	0.15 – 0.35

คุณสมบัติพิเศษของเหล็กแผ่นอลูมิเนียมทั้ง 2 ชนิดข้างต้นสามารถแสดงได้ดังตาราง 3.42

ตารางที่ 3.42 คุณสมบัติพิเศษของแผ่นอลูมิเนียมอัลลอยเกรดตัวอย่าง

สัญลักษณ์	คุณสมบัติพิเศษ	การใช้งาน
A 1050 P	ใกล้เคียงอลูมิเนียมบริสุทธิ์ มีความแข็งแรงต่ำ แต่ใช้ในงานขึ้นรูป งานเชื่อมได้ดีเยี่ยม และมีคุณสมบัติป้องกันสนิมด้วย	เป็นแผ่นสะท้อน งานโคมไฟ เครื่องตกแต่ง ถังเคมี
A 5052 P	มีความแข็งแรงปานกลาง คุณสมบัติกันสนิม สามารถขึ้นรูป และ เชื่อมได้อย่างดีเยี่ยม	วัสดุสำหรับเรือ เครื่องยนต์ วัสดุก่อสร้าง กระป๋องเครื่องดื่ม

ขนาดความหนามาตรฐานของแผ่นอลูมิเนียม ได้แก่ หน่วย : mm

0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2
1.5	1.6	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0

สำหรับขนาดแผ่นวัสดุมาตรฐานของโลหะแผ่นเหล็ก สเตนเลส และอลูมิเนียม ที่นำมาใช้กันอยู่ในอุตสาหกรรมแปรรูปโลหะแผ่น จะมีขนาดมาตรฐานอยู่ 3 ขนาด แสดงได้ดังตาราง 3.43

ตารางที่ 3.43 ขนาดมาตรฐานของแผ่นวัสดุ

หน่วยฟุต	หน่วยเมตริก
3’ x 6’	914.4 x 1828.8
4’ x 8’	1219.2 x 2438.4
5’ x 10’	1524 x 3048

3.5 ข้อควรพิจารณาในการเลือกเครื่องจักร

3.5.1 การเลือกเครื่องตัด (Shearing)

การตัดเป็นกระบวนการที่สำคัญมาก กล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการโลหะแผ่น ถ้าการตัดไม่ดีก็จะส่งผลไปที่กระบวนการต่อไปได้ แม้ว่าในกระบวนการนั้นจะเลือกใช้เครื่องจักรรุ่นใหม่ล่าสุดไว้แล้วก็ตาม มีจุดสำคัญหลายอย่างที่เป็นที่ต้องการในการตัด ซึ่งก็มีการแก้ปัญหาแตกต่างกันไป เช่น ความแม่นยำ ผิวการตัด ความได้ฉาก ครีบ การเปลี่ยนรูป และอื่น ๆ จะเห็นว่าการตัดดูเหมือนเป็นกระบวนการที่ง่าย แต่แท้จริงแล้วมันเป็นกระบวนการที่ลึกซึ้ง

โดยพื้นฐานแล้ว การพิจารณาเลือกเครื่องตัดจะตัดสินใจจากชนิดของวัสดุ ความหนาและความยาวสูงสุดที่ตัดได้ ประเภทของเครื่องตัดว่าเป็นระบบแมคคานิกหรือไฮดรอลิก ลักษณะโครงสร้างความแข็งแรงของเครื่อง มุมเอียงของใบมีด ความเร็วในการตัด ระบบที่กั้นหลังซึ่งใช้กำหนดระยะความยาวการตัด ระบบรองรับชิ้นงานขณะตัด วิธีการปรับระยะห่างของใบมีด (Clearance) วิธีการปรับความสูงของใบมีด ระบบหรืออุปกรณ์รักษาความปลอดภัย อุปกรณ์เสริมต่างๆ และราคาเครื่องจักร เป็นต้น

สำหรับประเภทของเครื่องตัด เราสามารถแบ่งเครื่องตัดออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบแมคคานิกและระบบไฮดรอลิก

1) ระบบแมคคานิก

ระบบนี้จะอาศัยคลัตช์ส่งถ่ายกำลังจากล้อตุนกำลัง(Fly Wheel) มายังใบมีดบน เพื่อให้เคลื่อนที่ลงมาตัดชิ้นงาน

ข้อดี

- ทำงานได้รวดเร็ว
- ให้ผิวตัดที่สวยงาม
- การบิดเบี้ยวหรือโก่งงอของการตัดชิ้นงานแคบ ๆ มีน้อย
- บำรุงรักษาง่าย

เหมาะกับการตัดเหล็กบางถึงปานกลาง มักใช้กับงานทั่ว ๆ ไป เช่น เฟอร์นิเจอร์ สวิตช์บอร์ด

2) ระบบไฮดรอลิก

ระบบนี้จะใช้น้ำมันดันกระบอกสูบเพื่อให้ใบมีดบนเคลื่อนที่ขึ้นลงขณะทำการตัด

ข้อดี

- เสียงและการสั่นสะเทือนน้อย
- ตัดชิ้นงานได้หนากว่าระบบแมคคานิก
- สามารถปรับมุมเอียงของใบมีดและระยะสโตรคให้เหมาะสมกับงานที่จะตัดได้

เหมาะกับการตัดเหล็กหนา ๆ เช่น โครงสร้างลิฟต์ เป็นต้น

3.5.2 การเลือกเครื่องบากมุม

เครื่องบากมุม (Corner Shear) ช่วยในการตัดบากขอบหรือมุมของชิ้นงาน เช่น การบากมุมเพื่อพับกล่องต่าง ๆ เฟอร์นิเจอร์ เหล็ก ฯลฯ

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการเลือกเครื่องบากมุม ได้แก่ ความหนาสูงสุดที่ตัดได้และระยะในการบากมุมสูงสุด องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ระบบไกด์ที่ช่วยในการเคลื่อนที่ขึ้นลงของตัวกดใบมีดซึ่งให้ความแม่นยำและความแข็งแกร่งทนทาน การปรับเปลี่ยนระยะห่างของใบมีด (Clearance) ระบบการปรับตั้งตำแหน่ง เป็นต้น

3.5.3 การเลือกเครื่องเจาะกึ่ง Manual

การเจาะรู (Punching) เป็นขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการแปรรูปโลหะแผ่นและเครื่องจักรที่ใช้เจาะรูแผ่นโลหะได้ก็มีอยู่หลายประเภท เราจึงควรเลือกให้เหมาะกับ ลักษณะของงาน

และปริมาณการผลิต ในกรณีที่ปริมาณงานมีไม่มากนักและจำนวนรูที่เจาะในชิ้นงานแต่ละชิ้นมีไม่มากนัก เราก็ควรจะเลือกเครื่องเจาะธรรมดาที่ปรับตั้งระยะการเจาะด้วยมือ

สิ่งที่ควรพิจารณาในการเลือกเครื่องเจาะ ได้แก่ ประเภทของเครื่องเจาะ กำลังในการเจาะเพื่อดูว่าจะสามารถเจาะวัสดุตามชนิด ความหนา และขนาดของรูตามที่ต้องการได้หรือไม่ ขนาดใหญ่สุดของชิ้นงานซึ่งเป็นขนาดของชิ้นงานที่กว้างสุดและยาวสุดที่เครื่องจะทำงานให้ได้ นอกจากนั้นต้องพิจารณาควบคู่ไปกับการเลือกฐานใส่แม่พิมพ์และอุปกรณ์ช่วยกำหนดตำแหน่ง สำหรับเครื่องเจาะแบบพื้นฐานจะเป็นการปรับเลื่อนระยะด้วยมือ แต่ถ้าชิ้นงานมีหลายแบบและแต่ละแบบมีรูที่ต้องเจาะจำนวนมาก โดยที่ตำแหน่งรูปแบบการเจาะค่อนข้างซับซ้อน เราอาจจะเลือกใช้ระบบที่สามารถปรับเลื่อนตัวกำหนดตำแหน่งด้านกว้างและยาว (แกนX, Y) ได้เองอัตโนมัติตามข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในตัวควบคุม เป็นต้น

3.5.4 การเลือกเครื่องเจาะ CNC

ในกรณีที่ปริมาณการผลิตค่อนข้างมาก ชิ้นงานมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงบ่อย หรือมีชิ้นงานหลายชนิดและรูปแบบการตัดเจาะชิ้นงานค่อนข้างซับซ้อน ต้องการความแม่นยำสูง การใช้เครื่องตัด บากมุม และเจาะแบบกึ่ง Manual อาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้นเราจึงควรจะเลือกใช้เครื่องเจาะ CNC แบบอัตโนมัติมากกว่า เพราะสามารถลดขั้นตอนการทำงานและจำนวนคนเนื่องจากสามารถตัดเจาะและขึ้นรูปชิ้นงานได้ในเครื่องเดียวกัน อีกทั้งความแม่นยำและประสิทธิภาพในการผลิตก็จะสูงขึ้นด้วย

สิ่งที่ต้องคำนึงในการพิจารณาเลือกเครื่องเจาะ CNC ได้แก่

- ขนาดโต๊ะ หรือขนาดแผ่นเหล็กมาตรฐานที่ใช้ได้ ซึ่งมีทั้งรุ่นที่ใช้ได้กับเหล็กขนาด 3’ x 6’, 4’ x 8’, 5’ x 10’ ซึ่งส่วนใหญ่ในประเทศไทย จะเป็นรุ่นที่ใช้กับเหล็กขนาด 4’ x 8’
- กำลังตันในการกดเจาะ ซึ่งจะมีตั้งแต่ 20, 30 และ 50 ตัน เครื่องที่มีกำลังการเจาะมากกว่าย่อมสามารถเจาะเหล็กได้หนากว่า หรือสามารถใช้แม่พิมพ์ที่ขนาดใหญ่กว่าเจาะได้ ซึ่งจะช่วยลดจำนวนครั้งในการเจาะทำให้ทำงานได้เร็วขึ้น
- แม่พิมพ์ ควรจะเลือกชนิด ขนาด รูปร่าง และ Clearance ให้เหมาะสมกับแผ่นโลหะที่ใช้ ข้อดีของเครื่อง CNC จุดหนึ่ง คือ เราสามารถใช้แม่พิมพ์รูปทรงมาตรฐาน เช่น วงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือผืนผ้า ฯลฯ มาใช้งานร่วมกัน ทำให้สามารถตัดชิ้นงานเป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้ตามต้องการ โดยไม่จำเป็นต้องสั่งซื้อแม่พิมพ์ใหม่อย่างเครื่องปั๊ม
- จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์ภายในเครื่องจักร ควรจะมีจำนวนช่องใส่แม่พิมพ์มาก จะได้ไม่ต้องหยุดเครื่องบ่อย ๆ เพื่อเปลี่ยนใส่แม่พิมพ์เมื่อต้องการเปลี่ยนแบบของชิ้นงานที่ผลิต อีกทั้งการถอดใส่แม่พิมพ์ควรทำได้อย่างรวดเร็วด้วย
- ความเร็วในการทำงานเจาะ

สำหรับประเภทของเครื่องเจาะ CNC เราสามารถแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ ระบบแมคคานิกและระบบไฮดรอลิก

1) ระบบแมคคานิก

ระบบนี้จะอาศัยคลัตช์ส่งถ่ายกำลังจากล้อตุนกำลัง(Fly Wheel) ไปยังกลไกการเคลื่อนที่ของหัวตอก เพื่อให้หัวตอกเคลื่อนที่ลงมาเจาะตัดชิ้นงาน

ข้อดี
- ราคาต่ำกว่า
- บำรุงรักษาง่าย

2) ระบบไฮดรอลิก

ระบบนี้จะใช้น้ำมันดันกระบอกสูบเพื่อให้หัวตอกเคลื่อนที่ลงมาเจาะตัดชิ้นงาน

ข้อดี
- ทำงานได้เร็วกว่า เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนระยะการขึ้นลงของแม่พิมพ์ได้
- เสียงการทำงานเงียบกว่าและมีการสั่นสะเทือนน้อย
- ทำงานขึ้นรูปได้ดี

3.5.5 การเลือกเครื่องตัดเลเซอร์

เมื่อรูปร่างของงานโลหะแผ่นเริ่มมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ชิ้นงานอาจจะประกอบด้วยด้านที่เป็นส่วนโค้งไม่แน่นอน (Free Curve) หรือวงจรอายุของผลิตภัณฑ์เริ่มสั้นลง ความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เริ่มมีมากขึ้นอย่างรวดเร็ว การประยุกต์ปรับตัวเข้ากับชิ้นงานที่หลากหลายและการผลิตจำนวนน้อยจึงเริ่มเป็นที่ต้องการของผู้ผลิต ดังนั้นจึงเริ่มมีการนำเครื่องตัดเลเซอร์มาใช้เพื่อตอบสนองแนวโน้มดังกล่าว เพราะมันสามารถตัดชิ้นงานได้หลากหลายรูปทรงโดยไม่จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์ และสามารถตัดวัสดุได้มากมายหลายชนิด (กระดาษ ผ้า พลาสติก ยาง เซรามิค เหล็ก ฯลฯ)

ลักษณะเด่นของเครื่องตัดเลเซอร์เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเจาะ CNC ได้แก่

- สามารถตัดวัสดุได้เกือบทุกประเภท
- สามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของวัสดุ
- การตัดด้วยเลเซอร์จะมีความกว้างการตัด (Kerf Width) แคบ และช่วยเพิ่มอัตราการใช้วัตถุดิบ

- การตัดด้วยเลเซอร์เป็นการทำงานที่ไม่สัมผัสกับวัสดุ จึงไม่มีรอยขีดข่วน บิดเบี้ยว หรือเสียหายขึ้นกับชิ้นงานและไม่ทำให้เกิดเสียงดัง จึงมีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่ดีและสามารถทำงานได้โดยไม่รบกวนบริเวณข้างเคียงในเขตเมืองในเวลากลางคืน
- เหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานจำนวนน้อยหรืองานต้นแบบ (Prototype)
- สามารถตัดวัสดุที่แตกต่างกันได้หลายชนิด (เหล็ก กระดาษ ผ้า พลาสติก ฯลฯ)
- ลดขั้นตอนการแต่งชิ้นงาน (After-Process)
- เขียนโปรแกรมง่าย (ใช้เวลาน้อย)

สิ่งที่ควรคำนึงเพิ่มเติมในการพิจารณาเลือกเครื่องตัดเลเซอร์ คือ ชนิดวัสดุและความหนาสูงสุดที่ตัดได้ ขนาดใหญ่สุดของชิ้นงานซึ่งเป็นขนาดของชิ้นงานที่กว้างสุดและยาวสุดที่เครื่องจะทำงานได้ ระบบการเคลื่อนที่ตัด ความแม่นยำ และความเร็วในการทำงานตัด เป็นต้น

3.5.6 การเลือกเครื่องพับ

ในกระบวนการพับจะเป็นการแปรรูปที่แตกต่างไปจากที่กล่าวมา เพราะจะเป็นการแปรสภาพจากวัสดุแผ่นเรียบให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างนั่นเอง

สำหรับข้อควรพิจารณาในการเลือกเครื่องพับ จะได้แก่ ความแม่นยำตลอดแนวยาว และความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำ (ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างของเครื่องกระบอกสูบไฮดรอลิก และอุปกรณ์ระบบควบคุมตำแหน่งในการกดพับว่าได้รับการออกแบบให้มีความแม่นยำในระดับไหน) ความเร็วในการพับ ระบบที่กั้นหลัง ทิศทางการเคลื่อนที่พับของระบบไฮดรอลิก ระบบควบคุม จำนวนแกนการเคลื่อนที่ และการทำโปรแกรมของเครื่องพับ (ซึ่งเป็นตัวช่วยในการคิดคำนวณวิธีการพับสำหรับชิ้นงานที่มีความซับซ้อน) ช่วงสโตรคการเคลื่อนที่และระยะหน้าเปิดเครื่อง (ซึ่งจะเป็นสิ่งที่จำกัดความสูงของกล่องที่พับได้ว่ามีขนาดลึกสุดเท่าไหร่) หน้ากว้างการพับ ความหนาและชนิดของวัสดุ (เพื่อการเลือกขนาดกำลังและความยาวที่เหมาะสมของเครื่องจักร) รวมทั้งทัศนคติพิเศษของลูกค้าด้วยว่าต้องการที่จะได้เครื่องแบบไหน และราคาที่ยอมรับได้อยู่ในระดับใด เป็นต้น

3.6 ความรู้เรื่องการคำนวณแรงที่ใช้ในการพับ

สำหรับการเลือกเครื่องพับ โดยปกติแล้วขนาดกำลังของเครื่องจักรที่เราจะเลือกนั้น ไม่ได้มีกฎเกณฑ์ที่ตายตัวว่าเครื่องพับเครื่องนั้นพับงานได้หนาสุดเท่าไหร่ เพราะว่าแรงดันที่ใช้ในการกดพับจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัวด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นชนิดวัสดุที่เป็นตัวบ่งบอกความต้านทานแรงดึง ความหนาของวัสดุ ความกว้างร่อง V-Die ของแม่พิมพ์ล่างที่เราเลือกใช้ และความยาวการพับ

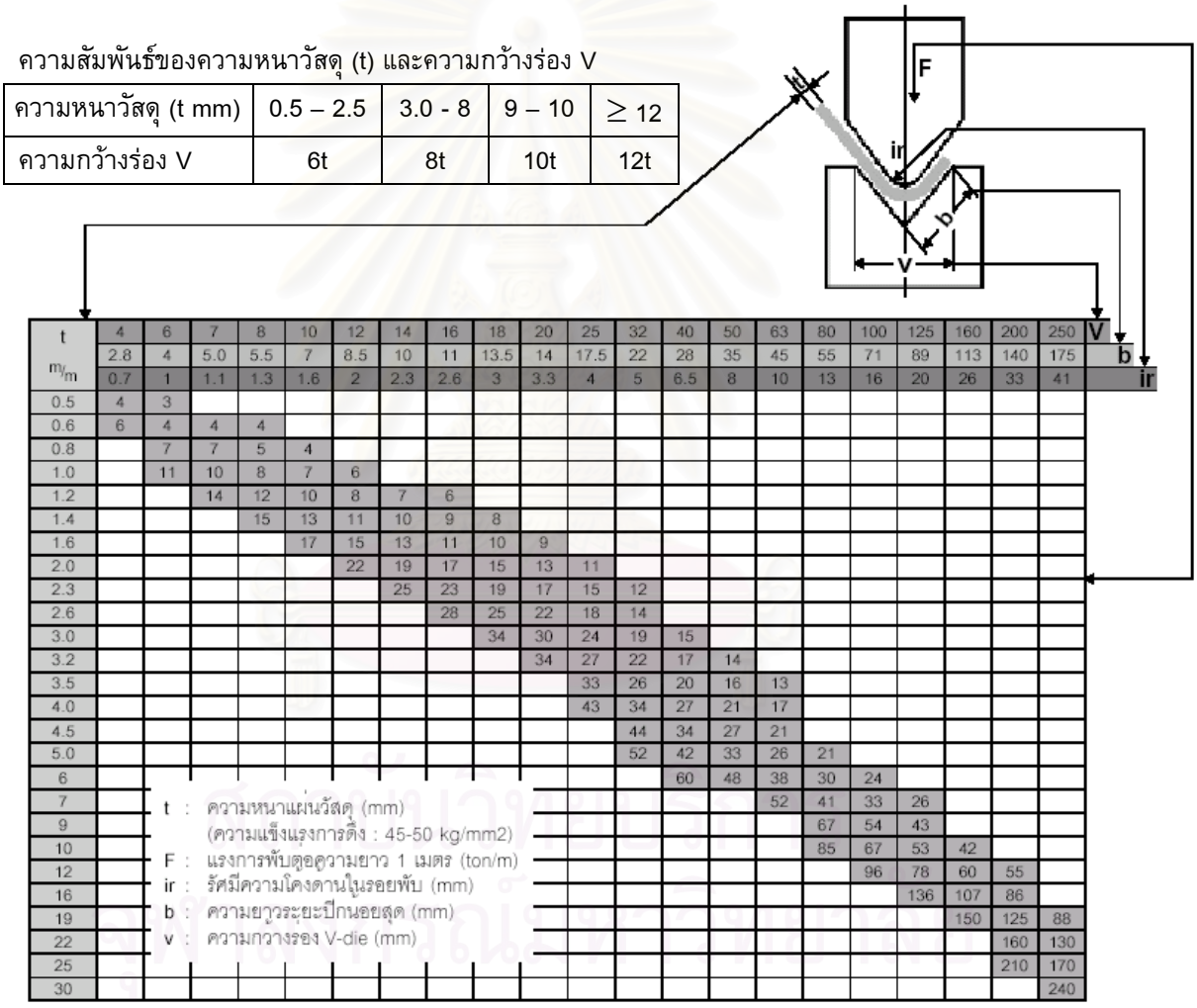
เราสามารถที่จะคำนวณหาแรงดันในการพับได้ 2 วิธี คือ การใช้ตารางแรงอัดอ้างอิง และการใช้สูตรคำนวณ

3.6.1 การใช้ตารางแรงอัดอ้างอิง

ตารางแรงอัดเป็นเครื่องมือที่จำเป็นอย่างยิ่งในการทำงานพับแสดงได้ดังรูปที่ 3.29 โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรจะสร้างตารางนี้เป็นแผ่นป้ายติดไว้ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ง่ายบนเครื่องพับ หรืออาจจะสามารถหาอ่านได้จากในหนังสือคู่มือ หรือในแค็ตตาล็อกของแม่พิมพ์ที่ได้จัดทำขึ้น

ความสัมพันธ์ของความหนาวัสดุ (t) และความกว้างร่อง V

ความหนาวัสดุ (t mm)	0.5 – 2.5	3.0 - 8	9 – 10	$\geq$ 12
ความกว้างร่อง V	6t	8t	10t	12t



รูปที่ 3.29 ตารางแรงอัดอ้างอิง

เมื่อมีการกำหนดความหนาของวัตถุดิบของชิ้นงานและรัศมีการพับด้านในแล้ว เราสามารถรู้สิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้จากตารางได้

- ความกว้าง V-Die ของแม่พิมพ์ที่ใช้พับ
- ค่าความยาวน้อยสุดของระยะปีกที่สามารถจะพับได้
- ค่าแรง Tonnage ที่จำเป็นสำหรับการพับต่อความยาวของชิ้นงาน 1 เมตร

การที่จะอ่านตารางได้อย่างเข้าใจนั้นจะต้องรู้ถึงความสัมพันธ์หลัก ๆ 4 อย่าง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับหรือค่า Tonnage ที่เราจะทำการคำนวณกับตัวแปรที่สำคัญ ๆ 4 ตัวดังต่อไปนี้คือ

- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความกว้าง V ของแม่พิมพ์
- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความหนาของแผ่นโลหะ (t)
- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความยาวที่จะพับ (l)
- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความแข็งแรงดึง (δb)

เหตุผลโดยส่วนใหญ่ที่ไม่ใช้ค่าจากตารางได้โดยเต็มที่นั้น ก็เพราะว่ายังเข้าใจถึงของความสัมพันธ์ทั้ง 4 นี้ยังไม่ลึกซึ้งเพียงพอ แต่เมื่อทำความเข้าใจได้อย่างถ่องแท้แล้วก็จะนำมาใช้ได้ผลเป็นอย่างมาก สำหรับวิธีการอ่านตารางแรงอัดพร้อมทั้งตัวอย่างการคำนวณสามารถอ้างอิงได้ในภาคผนวก ก.

3.6.2 การใช้สูตรคำนวณ

เช่นเดียวกับการอ่านค่าแรงอัดจากตาราง เรารู้ว่าแรงอัดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรหลัก ๆ อยู่ 4 อย่าง เมื่อเราแตกความสัมพันธ์ทั้ง 4 แล้วแทนด้วยตัวแปรง่าย ๆ จากนั้นนำมารวมเป็นสมการหรือสูตรในการคำนวณหาแรงอัดการพับที่ต้องการ ซึ่งสูตรนี้สามารถหาดูได้ในเกือบทุกตำราที่เกี่ยวข้องกับงานพับโลหะแผ่น จะได้ว่า

$$F = \frac{C \times \delta_b \times \ell \times t^2}{vx1000}$$

แต่ปัญหาหลักของสูตรนี้ก็คือ ตัวแปร C จะเป็นค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่งระหว่าง 1.00 และ 2.00 โดยที่ค่าจะเปลี่ยนแปลงไปตามอัตราส่วน V/t คือ ยิ่งอัตราส่วน V/t เล็กลงเท่าไร ค่า C ก็จะมีค่ามากขึ้น เมื่อค่าความกว้างร่อง V เท่ากับ 8 เท่าของความหนา เราสามารถกล่าวได้ว่าค่า C เท่ากับ 1.33 อย่างไรก็ตามมันก็เป็นค่าทางสถิติเพียงค่าเดียวเท่านั้น ส่วนค่าอื่น ๆ จากผู้ค้นคว้าคนเดียวกัน แสดงให้เห็นถึงความแตกต่าง 15% สำหรับค่า C ทำให้เกิดคำถามว่าค่า C ที่ถูกต้องซึ่งแปรตามอัตราส่วน V/t นั้นควรจะมีค่าเท่าไร ซึ่งหมายความว่าการคำนวณโดยใช้สูตรนี้อาจจะเกิดความไม่แม่นยำได้ ดังนั้นตามประสบการณ์แล้ว การคำนวณค่าแรงอัดโดยการใช้ตารางแรงอัดจะเหมาะสมที่จะใช้มากกว่าการคำนวณโดยใช้สูตร และในความเป็นจริงแล้วเราจะคำนวณแรงอัดโดยการใช้ตาราง ไม่ใช่จากการใช้สูตรดังกล่าว

3.7 สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงการสำรวจและเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยผู้วิจัยได้เลือกศึกษาเฉพาะเครื่องจักร 6 ประเภท ดังต่อไปนี้ คือ เครื่องตัด เครื่องตัดเลเซอร์ เครื่องเจาะ CNC เครื่องเจาะกึ่ง Manual เครื่องบากมุม และเครื่องพับ ในบทนี้จะกล่าวถึงกระบวนการทำงานแปรรูปโลหะแผ่นว่าแบ่งออกเป็นกี่กระบวนการหลักและมีทางเลือกในการทำงานกับเครื่องจักรอย่างไร ทำการแจกแจงรายละเอียดรุ่นและขนาดของเครื่องจักรประเภทต่าง ๆ อธิบายถึงข้อควรพิจารณาในการเลือกเครื่องจักร ความรู้เกี่ยวกับวัสดุ และความรู้เรื่องการคำนวณแรงที่ใช้ในการพับ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

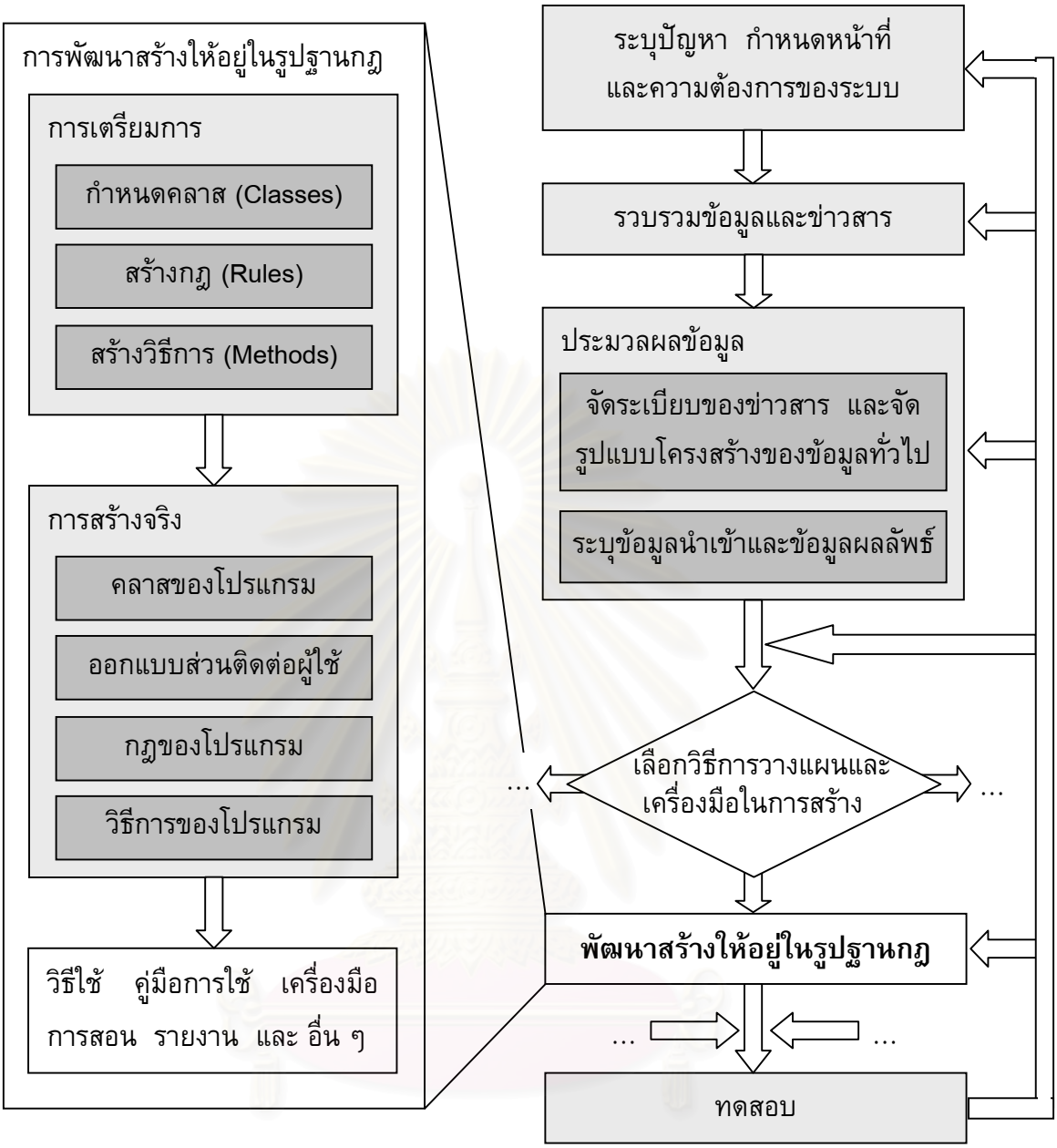
4.1 บทนำ

ในการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง โดยทั่วไปแล้วจะมีวิธีในการสร้างอยู่มากมายหลายวิธี ขึ้นอยู่กับเครื่องมือหรือซอร์ฟแวร์ระบบผู้เชี่ยวชาญที่ผู้วิจัยเลือกใช้ สำหรับวิธีการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นสามารถที่จะสรุปเป็นแผนงานสร้างที่มีประสิทธิภาพได้ดังรูปที่ 4.1

ขั้นตอนแรกของกระบวนการพัฒนาสร้างคือการระบุปัญหา กำหนดหน้าที่ และความต้องการของระบบผู้เชี่ยวชาญ ขั้นตอนถัดไปคือการรวบรวมข้อมูลและข่าวสารเพื่อทำให้ปัญหากระจ่างขึ้นและเพื่อสร้างฐานความรู้ ขั้นตอนที่ตามมาคือการจัดระบบระเบียบของข่าวสารที่ได้ทำการเก็บรวบรวมไว้ ทำการจัดรูปแบบโครงสร้างของข้อมูลทั่วไปที่ต้องใช้ร่วมกัน และทำการระบุข้อมูลนำเข้าและข้อมูลของผลลัพธ์ จากนั้นจะต้องเลือกวิธีการวางแผน (ในรูปของฐานกรณีหรือฐานกฎ และอื่น ๆ) และเลือกเครื่องมือในการสร้างพัฒนาสร้างจริง (ภาษาที่ใช้ในการสร้างโปรแกรม เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ หรือ เครื่องมืออื่น ๆ) ถัดไปก็จะเป็นกระบวนการสร้างจริงให้อยู่ในรูปของโปรแกรมฐานกฎ

สำหรับกระบวนการสร้างจริงให้อยู่ในรูปของโปรแกรมฐานกฎนั้น แรกสุดเราจะทำการกำหนดโครงสร้างต่าง ๆ ของอ๊อปเจค ซึ่งเป็นการอธิบายถึงตัวแปรของปัญหา มันจะเป็นการสร้างบนพื้นฐานของความรู้ที่เราได้จัดระบบเรียบร้อยแล้ว กำหนดคลาส แอททริบิวต์ และลำดับชั้นของโครงสร้าง จากนั้นก็ทำการสร้างกฎ และวิธีการ เพื่อเชื่อมต่อข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ ขั้นตอนถัดจากนั้นก็จะเป็นงานในการสร้างจริงโดยการทำโปรแกรมของฐานกฎ วิธีการและออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ลงในระบบที่จะทำการพัฒนาสร้าง หลังจากกระบวนการทำโปรแกรมเสร็จก็จะเป็นเรื่องของการสร้างเอกสารสำหรับผู้ใช้ (วิธีการใช้ คู่มือการใช้ เครื่องมือการสอน และ อื่น ๆ)

ขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญก็คือการทดสอบผล ซึ่งจากผลที่ออกมาของแต่ละครั้งของการทดสอบ ก็จะนำมาซึ่งการบ่งบอกสัญญาณบางอย่างเพื่อที่เราจะได้ปรับปรุงให้เกิดความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 4.1 กระบวนการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

4.2 โปรแกรมพัฒนาสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ Level5 Object

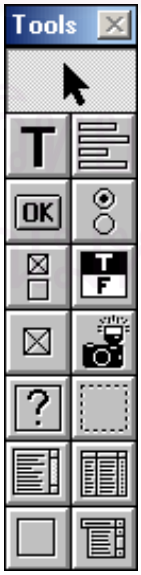
Level5 Object เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการใช้งานเฉพาะอย่างประเภทระบบ Hybrid ที่ทำงานบน PC ผลิตโดยบริษัท Information Builders เป็นโปรแกรมแบบประยุกต์ที่ได้รวมเอาเทคนิค Object-Oriented และเทคโนโลยีระบบผู้เชี่ยวชาญเข้าด้วยกันโดยการโปรแกรมภาษาประเภทที่มีขั้นตอนแน่นอน (Procedural Programming) ลักษณะหน้าจอโปรแกรมของ Level5 Object แสดงได้ดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะหน้าจอโปรแกรมของ Level5 Object

สาเหตุที่ผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรม Level5 Object เพราะง่ายต่อผู้ใช้ที่เขียนโปรแกรมภาษาไม่เป็นมาก่อน เนื่องจากมีลักษณะที่เป็นโปรแกรมกึ่งสำเร็จรูปที่มีเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- สร้างออปเจ็คต่าง ๆ ได้ง่ายอย่างมีประสิทธิภาพ
- มีเครื่องมือในการสร้างกราฟฟิค หน้าจอ รูปแบบฟอร์ม และควบคุมการทำงานของส่วนติดต่อกับผู้ใช้ได้
- สามารถสร้างกฎเกณฑ์ เลือกชนิดของการอนุมานได้ทั้งแบบเดินหน้า แบบย้อนหลัง และ เลือกใช้โมดูลแบบที่เป็นขั้นตอน และ ไม่เป็นขั้นตอนก็ได้
- เข้าถึงและจัดการกับฐานข้อมูลได้
- มีส่วนของเครื่องมือในการตรวจสอบ Debug หลายชนิด
- ไฟล์ประมวลผลของโปรแกรมใช้งานที่สร้าง มีประสิทธิภาพที่ดีทั้งในเรื่องความเร็วและขนาด

ตัวอย่างของเครื่องมือในการสร้างหน้าจอของโปรแกรม Level5 Object ซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้แสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงเครื่องมือในการสร้างหน้าจอของโปรแกรม Level5 Object

4.3 ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

ส่วนประกอบหลักของระบบผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ฐานความรู้ กลไกการวินิจฉัย และการติดต่อกับผู้ใช้

4.3.1 การเสาะหาความรู้

ความรู้เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ (Knowledge Engineering) การเสาะหาความรู้เริ่มตั้งแต่การจัดแบ่งประเภทของเครื่องจักร ว่ามีเครื่องจักรชนิดไหนบ้าง ระบบอะไร และขนาดโมเดลต่าง ๆ เป็นอย่างไร ศึกษาถึงข้อควรพิจารณาในการเลือกเครื่องจักรแต่ละประเภทดังกล่าวแล้วในหัวข้อ 3.5 จากนั้นทำการดึงความรู้จากพนักงานฝ่ายที่ปรึกษาและฝ่ายบริการโดยการสัมภาษณ์ เพื่อให้เข้าใจถึงโครงสร้างของการคิดแก้ปัญหาและกรรมวิธีในการเลือกของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจากผลของการสัมภาษณ์รวมกับทฤษฎีและข้อควรพิจาณาในการเลือกเครื่องจักรทำให้สามารถแยกกระบวนการทำงานของเครื่องจักรออกมาเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการตัด และกระบวนการพับ และได้ตัวอย่างแอททริบิวต์ต่าง ๆ ที่สำคัญในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดและกระบวนการพับดังต่อไปนี้

4.3.1.1 แอททริบิวต์ที่สำคัญในการเลือกประเภทเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด

- ความแม่นยำของตำแหน่ง (Positioning Accuracy)
- ความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำ (Repeat Accuracy)
- รูปร่างของเส้นขอบของชิ้นงาน (Outer Shape)
- รูภายในของชิ้นงาน (Inside Hole)
- รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน (Hole Shape)
- ปริมาณของรูภายในชิ้นงาน (Amount of Hole)
- จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน (Type of Difference Hole)
- รูปแบบตำแหน่งของรูภายในชิ้นงาน (Pattern of Hole)
- การขึ้นรูปของชิ้นงาน (Forming)
- ระดับเสียงในการทำงาน (Noise)
- ลักษณะของการผลิต (Production Characteristics)
- ปริมาณการผลิต (Production Quantity)
- การทำโปรแกรมของชิ้นงาน (Programming)
- ทัศนคติพิเศษ (Special Opinion)

4.3.1.2 แอททริบิวต์ที่สำคัญในการเลือกรุ่นและขนาดของเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด

- ชนิดของวัสดุความหนาปกติ (Material Type of Typical Thickness Job)
- ความหนาปกติของวัสดุ (Typical Thickness)
- ขนาดแผ่นวัสดุความหนาปกติที่นำมาใช้ (Sheet Size Type of Typical Thickness Job)
    - ขนาดมาตรฐาน (Standard Sheet Size of Typical Thickness Job)
    - ขนาดที่ตัดเอง (Specified Cut Size of Typical Thickness Job)
- ชนิดของวัสดุความหนาสูงสุด (Material Type of Maximum Thickness Job)
- ความหนาสูงสุดของวัสดุ (Maximum Thickness)
- ขนาดแผ่นวัสดุความหนาสูงสุดที่นำมาใช้ (Sheet Size Type of Maximum Thickness Job)
    - ขนาดมาตรฐาน (Standard Sheet Size of Maximum Thickness Job)
    - ขนาดที่ตัดเอง (Specified Cut Size of Maximum Thickness Job)
- จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน (Type of Difference Hole)
- ความเร็วในการทำงาน (Speed)
- ทัศนคติพิเศษ (Special Opinion)
- งบประมาณ (Budget)

4.3.1.3 แอททริบิวต์ที่สำคัญในการเลือกรุ่นของเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ

- ความแม่นยำของตำแหน่ง (Positioning Accuracy)
- ความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำ (Repeat Accuracy)
- ความเร็วในการเคลื่อนที่พับ (Bending Speed)
- ทิศทางการเคลื่อนที่พับของระบบไฮดรอลิก (Hydraulic Driving Direction)
- ความลึกมากสุดของงานพับกล่อง (Deep Box Height)
- องศาการพับ (Bending Angle)
- ทิศทางการพับ (Bending Direction)
- ระบบที่กั้นหลังของชิ้นงาน (Backgauge System)
- การทำโปรแกรมของชิ้นงาน (Programming)
- ทัศนคติพิเศษ (Special Opinion)

4.3.1.4 แอททริบิวต์ที่สำคัญในการเลือกขนาดเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ

- ชนิดของวัสดุความหนาปกติ (Material Type of Typical Thickness Job)
- ความแข็งแรงของวัสดุความหนาปกติ (Tensile Strength of Typical Thickness Job)
- ความหนาปกติของวัสดุ (Typical Thickness)
- รัศมีความโค้งด้านในของรอยพับของวัสดุความหนาปกติ (Bending Inner Radius of Typical Thickness Job)
- ระยะปีกการพับน้อยสุดของวัสดุความหนาปกติ (Minimum Bending Flange of Typical Thickness Job)
- ขนาดหน้ากว้างการพับของวัสดุความหนาปกติ (Bending Length of Typical Thickness Job)
- ชนิดของวัสดุความหนาสูงสุด (Material Type of Maximum Thickness Job)
- ความแข็งแรงของวัสดุความหนาสูงสุด (Tensile Strength of Maximum Thickness Job)
- ความหนาสูงสุดของวัสดุ (Maximum Thickness)
- รัศมีความโค้งด้านในของรอยพับของวัสดุความหนาสูงสุด (Bending Inner Radius of Maximum Thickness Job)
- ระยะปีกการพับน้อยสุดของวัสดุความหนาสูงสุด (Minimum Bending Flange of Maximum Thickness Job)
- ขนาดหน้ากว้างการพับของวัสดุความหนาสูงสุด (Bending Length of Maximum Thickness Job)
- ทัศนคติพิเศษ (Special Opinion)
- งบประมาณ (Budget)

ผลจากการสัมภาษณ์ทำให้สามารถสรุปได้คร่าว ๆ ว่าเมื่อเราต้องการจะเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด สิ่งที่ต้องทราบคือลักษณะของงานและความต้องการของลูกค้า เมื่อได้ข้อมูลเหล่านั้นแล้ว การตัดสินใจเลือกก็จะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ ประเด็นแรกเป็นการตัดสินใจเลือกประเภทของเครื่องตัดว่าควรจะเป็นเครื่องจักรประเภทใดในบรรดา เครื่องตัด เครื่องบากมุม เครื่องเจาะกึ่ง Manual เครื่องเจาะ CNC เครื่องตัดเลเซอร์ หรือเครื่อง combination ของตัดเลเซอร์และเจาะ CNC ส่วนประเด็นถัดไปจะเป็นการเลือกรุ่นและขนาดของเครื่องจักร

ในส่วนของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ สิ่งที่ต้องทราบคือลักษณะของงานและความต้องการของลูกค้าเช่นเดียวกัน และการตัดสินใจเลือกก็จะแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น คือ ประเด็นแรกเป็นการตัดสินใจเลือกรุ่นของเครื่องพับว่าควรเป็นรุ่นใด และประเด็นถัดไปจะเป็นการเลือกขนาดของเครื่องจักร

4.3.2 การจัดการความรู้

หลังจากได้ความรู้ที่เป็นข้อมูลและข่าวสารแล้ว ก็จะทำการจัดระเบียบของข่าวสาร และจัดรูปแบบโครงสร้างของข้อมูลทั่วไปให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม รวมทั้งระบุข้อมูลนำเข้าและข้อมูลผลลัพธ์ ซึ่งขั้นตอนในการจัดการความรู้ที่ได้มามีอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

4.3.2.1 จัดรูปแบบความรู้ให้เป็นโครงสร้าง (Knowledge representation)

ในงานวิจัยนี้ได้จัดโครงสร้างของความรู้เป็นแบบ Production rules ร่วมกับ Frames สำหรับรูปแบบความรู้แบบ production rules มีดังต่อไปนี้

1) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกชนิดของเครื่องจักรในกระบวนการตัด

IF Positioning Accuracy OF Cutting Requirements IS High
AND Repeat Accuracy OF Cutting Requirements IS High
AND Outer Shape of Parts OF Cutting Requirements IS Complex Shape # Almost Straight Line
AND Inside Hole OF Cutting Requirements IS Yes
AND Hole Shape inside Parts OF Cutting Requirements IS Standard Shape # RO_RE_SQ_OB
OR Hole Shape inside Parts OF Cutting Requirements IS Special Shape # Almost Straight Line
AND Amount of Hole inside Part OF Cutting Requirements IS More than 50
AND Type of Different Hole OF Cutting Requirements IS Between 6 and 25
AND Pattern of Hole OF Cutting Requirements IS Complex Pattern
AND Forming OF Cutting Requirements IS Yes # High Quality Forming
AND Product Characteristics OF Cutting Requirements IS Many Type and Short Run Parts
AND Production Quantity OF Cutting Requirements IS Average the thousands pieces per month
OR Production Quantity OF Cutting Requirements IS Average the ten thousands pieces per month
AND Working Noise OF Cutting Requirements IS Low Noise
AND Programming OF Cutting Requirements IS CAD CAM Programming # CNC Controller
AND Special Opinion OF Cutting Requirements IS No Comment
THEN Cutting Machine Type OF Cutting Selected Machine Series IS Hydraulic Punching

2) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกรุ่นของเครื่องจักรในกระบวนการตัดตามชนิดและความหนาวัสดุ

IF Type of Material OF Cutting Typical Thickness Job IS SPCC SPHC SECC or SS41
AND Typical Thickness OF Cutting Typical Thickness Input <= 3.2
AND Type of Material OF Cutting Maximum Thickness Job IS SPCC SPHC SECC or SS41
AND Maximum Thickness OF Cutting Maximum Thickness Input <= 3.2
THEN #1 SPCC1 L_3P2 SPCC2 L_3P2 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE

IF #1 SPCC1 L_3P2 SPCC2 L_3P2 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #2 SUS1 L_2P0 SUS2 L_2P0 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #3 AL1 L_4P5 AL2 L_4P5 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #4 SPCC1 L_2P0 SUS2 L_2P0 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #5 SPCC1 L_3P2 AL2 L_4P5 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #6 SUS1 L_2P0 SPCC2 L_3P2 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #7 SUS1 L_2P0 AL2 L_4P5 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #8 AL1 L_3P2 SPCC2 L_3P2 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
OR #9 AL1 L_2P0 SUS2 L_2P0 OF Cutting Thickness Compliance Item := TRUE
THEN Thickness Model OF Cutting Thickness Compliance Model IS Model No1

3) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกรุ่นของเครื่องจักรในกระบวนการตัดตามขนาดของแผ่นวัสดุ

IF Sheet Size OF Cutting Typical Thickness Job IS Standard Sheet Size
AND Std Sheet Size OF Cutting Typical Thickness Job IS Std Sheet 3' x 6'
AND Sheet Size OF Cutting Maximum Thickness Job IS Standard Sheet Size
AND Std Sheet Size OF Cutting Maximum Thickness Job IS Std Sheet 4' x 4'
OR Std Sheet Size OF Cutting Maximum Thickness Job IS Std Sheet 4' x 8'
THEN Cutting Sizecode OF Cutting SheetSize Code Selection IS Punch Level2

4) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกชนิด รุ่น และขนาดเครื่องจักรในกระบวนการตัด

IF Cutting Machine Type OF Cutting Selected Machine Series IS Hydraulic Punching
AND Cutting Sizecode OF Cutting SheetSize Code Selection IS Punch Level2
AND Thickness Model OF Cutting Thickness Compliance Model IS Model No1
AND Type of Different Hole OF Cutting Requirements IS Equal or Less than 5
OR Type of Different Hole OF Cutting Requirements IS Between 6 and 25
AND Processing Speed OF Cutting Requirements IS High
AND Special Opinion OF Cutting Requirements IS No Comment
THEN Cutting Model OF Model Cutting Process Machine IS VIPROS255

5) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกรุ่นของเครื่องจักรกระบวนการพับ

IF Precision OF Bending Requirements IS High
AND Repeat Accuracy OF Bending Requirements IS High
AND Speed OF Bending Requirements IS High
AND Drive Direction OF Bending Requirements IS Never Mind
AND Deep Box Height OF Bending Requirements IS Between 175 and 210 mm

AND Bending Angle OF Bending Requirements IS Different Angle
AND Bending Direction OF Bending Requirements IS Both Side
AND Backgauge System OF Bending Requirements IS Several Axis Movement
AND Programming OF Bending Requirements IS Shape 3D Networking
AND Special Opinion OF Bending Requirements IS No Comment
THEN Bending Series OF Bending Selected Machine Series IS FBDIII NT

6) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกขนาดของเครื่องพับตามชนิดและความหนาวัสดุ

IF Actual Tonnage OF Bending Sizecode Selection > 50
AND Actual Tonnage OF Bending Sizecode Selection <= 80
THEN Selected Tonnage OF Bending Sizecode Selection := 80

IF Actual Length OF Bending Sizecode Selection > 2000
AND Actual Length OF Bending Sizecode Selection <= 2500
THEN Selected Length OF Bending Sizecode Selection := 2500

IF Selected Tonnage OF Bending Sizecode Selection := 80
AND Selected Length OF Bending Sizecode Selection := 2500
THEN Size Code OF Bending Sizecode Selection := 8025

7) ตัวอย่าง production rules ในการเลือกรุ่นและขนาดของเครื่องจักรในกระบวนการพับ

IF Bending Series OF Bending Selected Machine Series IS FBDIII NT
AND Size Code OF Bending Sizecode Selection := 8025
AND Budget OF Bending Requirements IS Not Specified
THEN Model Name OF Bending Machine Model Selection := FBDIII8025NT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนความรู้แบบ Frames ในงานวิจัยนี้ เป็นแบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relation Database) เพราะข้อมูลถูกจัดเก็บในลักษณะของตาราง 2 มิติ คือ แถว (Row) และคอลัมน์ (Column) ซึ่งจัดเป็นฐานข้อมูลสถิตย์ ได้แก่ ชื่อรุ่นของเครื่องจักร (Model Name) รายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่อง (Specifications) ขนาดแรงตันอ้างอิงของการพับ (Bending Reference Tonnage) รหัสขนาดของเครื่องพับ (Bending Size Code) เป็นต้น สำหรับ Frame ที่ใช้ในงานวิจัยจะประกอบไปด้วย 11 ตาราง (Frame Name) ดังต่อไปนี้

1) ตาราง Fab ประกอบด้วยรายละเอียดชื่อรุ่นของเครื่องจักรประเภทเครื่องตัด เครื่องบากมุม และเครื่องเจาะกึ่ง Manual เพื่อใช้ในการประมวลผลแยกคำตอบในกรณีที่ผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรในกระบวนการตัดเป็นกระบวนการต่อเนื่องตามลำดับกันของเครื่อง Fabricator ที่มีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งใช้การลงทุนที่ต่ำกว่า ตารางมี 4 คอลัมน์ 21 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
SHEARMODEL	STRING	รุ่นของเครื่องตัด (Shearing)
CR_MODEL	STRING	รุ่นของเครื่องตัดบากมุม (Corner Shear)
SP_MODEL	STRING	รุ่นของเครื่องเจาะกึ่ง Manual (Set Press)
SERIES	STRING	กระบวนการทำงานตัดกึ่งอัตโนมัติที่เลือก

- ตัวอย่างตาราง Fab แสดงได้ดังรูปที่ 4.4

SHEARMODEL	CR_MODEL	SP_MODEL	SERIES
NS1235	CSW250		NS1235 # CSW250
M1260	CSHW220		M1260 # CSHW220
NS2035	CSW250		NS2035 # CSW250
NS1235	CSW250	SP30II MS1000	NS1235 # CSW250 # SP30II MS1000
M1245	CSHW220	SP30II MS1000	M1245 # CSHW220 # SP30II MS1000
NS1235	CSW250	SP30II SS104IV	NS1235 # CSW250 # SP30II SS104IV
M1245	CSHW220	SP30II SS104IV	M1245 # CSHW220 # SP30II SS104IV
NS2035	CSW250	SP30II SS154IV	NS2035 # CSW250 # SP30II SS154IV

รูปที่ 4.4 หน้าจอตาราง Fab

2) ตาราง Shearing ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่องตัด เกี่ยวกับความหนาชิ้นงานมากสุดที่ตัดได้ของวัสดุแต่ละชนิด ความยาวระยะตัดมากที่สุด มุมเอียงของใบมีด สโตรคการตัดต่อนาที และระยะการเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง เป็นต้น ตารางมี 11 คอลัมน์ 21 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่องตัด (Shearing)
SERIES	STRING	รุ่นเครื่องตัดที่เลือก
MAX_SPCC	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของแผ่นเหล็ก
MAX_SUS	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของสเตนเลส
MAX_AL	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของอลูมิเนียม
CUT_WIDTH	NUMERIC	ความยาวระยะตัดมากที่สุด
RAKE_ANGLE	STRING	มุมเอียงของใบมีดตัด
SPM	STRING	จำนวนสโตรคการเคลื่อนที่ต่อนาที
BG_LENGTH	STRING	ระยะการเคลื่อนที่ของที่กั้นหลัง
PRICELIST	NUMERIC	ราคาของเครื่องตัด
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่องตัด

- ตัวอย่างตาราง Shearing แสดงได้ดังรูปที่ 4.5

MODELNAME	SERIES	MAX_SPCC	MAX_SUS	MAX_AL	CUT_WIDTH	RAKE_ANGLE	SPM	BG_LENGTH	PRICELIST	PICTURE
NS1235	NS1235	3.5	2.0	4.5	1255	1.18	48 ~ 70	10 ~ 700		NS-1235.bmp
NS2035	NS2035	3.5	2.0	4.5	2025	1.18	38 ~ 70	5 ~ 1000		NS-2035.bmp
NS2535	NS2535	3.5	2.0	4.5	2485	1.18	30 ~ 70	5 ~ 1000		NS-2535.bmp
M1245	M1245	4.5	3.0	6.0	1240	1.28	75	5 ~ 1000		M2545.bmp
M2045	M2045	4.5	3.0	6.0	2000	1.18	60	5 ~ 1000		M2545.bmp
M2545	M2545	4.5	3.0	6.0	2500	1.18	60	5 ~ 1000		M2545.bmp
M3045	M3045	4.5	3.0	6.0	3060	1.18	60	5 ~ 1000		M2545.bmp
M4045	M4045	4.5	3.0	6.0	4080	1.18	50	5 ~ 1000		M2545.bmp
M1260	M1260	6.5	4.0	9.0	1240	1.28	60	5 ~ 1000		M2560.bmp
M2060	M2060	6.5	4.0	9.0	2000	1.28	60	5 ~ 1000		M2560.bmp
M2560	M2560	6.5	4.0	9.0	2500	1.28	60	5 ~ 1000		M2560.bmp
M3060	M3060	6.5	4.0	9.0	3060	1.28	60	5 ~ 1000		M2560.bmp
M4065	M4065	6.5	4.5	9.0	4080	1.28	52	5 ~ 1000		M2560.bmp
ESH2565	ESH2565	6.5	5.0	9.0	2550	0.48 ~ 1.28	22 ~ 40	10 ~ 1000		ESH3065.bmp

รูปที่ 4.5 หน้าจอตาราง Shearing

3) ตาราง CrShear ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่องบากมุม เกี่ยวกับความหนาชิ้นงานมากสุดที่ตัดได้ของวัสดุแต่ละชนิด ระยะการบาก ระยะสโตรค สโตรคต่อนาที และแรงกด เป็นต้น ตารางมี 10 คอลัมน์ 4 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่องบากมุม (Corner Shear)
SERIES	STRING	รุ่นเครื่องบากมุมที่เลือก
MAX_SPCC	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของแผ่นเหล็ก
MAX_SUS	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของสเตนเลส
NOTCH_DIM	STRING	ระยะการบากมุม
STROKE_LEN	NUMERIC	ระยะสโตรคการเคลื่อนที่
SPM	NUMERIC	จำนวนสโตรคต่อนาที
MAX_TON	NUMERIC	แรงกดสูงสุด
PRICELIST	NUMERIC	ราคาของเครื่องบากมุม
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่องบากมุม

- ตัวอย่างตาราง CrShear แสดงได้ดังรูปที่ 4.6

MODELNAME	SERIES	MAX_SPCC	MAX_SUS	NOTCH_DIM	STROKE_LEN	SPM	MAX_TON	PRICELIST	PICTURE
CS220	CS220	3.2	2.0	220X220	22	35	10		CSW-250.bmp
CSW250	CSW250	3.2	2.0	250X250	24	35	10		CSW-250.bmp
CSHW220	CSHW220	6.0	4.0	220X220	26	34	25		CSHW220.bmp

รูปที่ 4.6 หน้าจอตาราง CrShear

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) ตาราง SetPress ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่องเจาะกึ่ง Manual เกี่ยวกับแรงกด ระยะสโตรค สโตรคต่อนาที ระยะการกำหนดพิกัดในแต่ละแนวแกน ความหนาชิ้นงานมากสุดที่สามารถทำงานเจาะได้ของวัสดุแต่ละชนิด เป็นต้น ตารางมี 11 คอลัมน์ 6 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่องเจาะกึ่ง Manual
SERIES	STRING	รุ่นเครื่องเจาะกึ่ง Manual ที่เลือก
CAPACITY	NUMERIC	แรงกด
STROKE_LEN	NUMERIC	ระยะสโตรคการเคลื่อนที่
SPM	NUMERIC	จำนวนสโตรคต่อนาที
CO_X_AXIS	NUMERIC	ระยะการกำหนดพิกัดแกน X
CO_Y_AXIS	NUMERIC	ระยะการกำหนดพิกัดแกน Y
MAX_SPCC	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของแผ่นเหล็ก
MAX_SUS	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของสเตนเลส
PRICELIST	NUMERIC	ราคาของเครื่องเจาะกึ่ง Manual
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่องเจาะกึ่ง Manual

- ตัวอย่างตาราง SetPress แสดงได้ดังรูปที่ 4.7

MODELNAME	SERIES	CAPACITY	STROKE_LEN	SPM	CO_X_AXIS	CO_Y_AXIS	MAX_SPCC	MAX_SUS	PRICELIST	PICTURE
SP30II + MS1000	SP30II MS1000	30	100	100	1000	400	4.5	2.0		SP-30II+MS1000.bmp
SP30II + SS104IV	SP30II SS104IV	30	100	100	1000	400	4.5	2.0		SP-30II+SS104IV.bmp
SP30II + SS154IV	SP30II SS154IV	30	100	100	1500	400	4.5	2.0		SP-30II+SS104IV.bmp
SP30II + SS254IV	SP30II SS254IV	30	100	100	2550	400	4.5	2.0		SP-30II+SS304IV.bmp
SP30II + SS304IV	SP30II SS304IV	30	100	100	3000	400	4.5	2.0		SP-30II+SS304IV.bmp

รูปที่ 4.7 หน้าจอตาราง SetPress

5) ตาราง Punching ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่องเจาะ CNC เกี่ยวกับแรงกด ขนาดใหญ่สุดของแผ่นวัสดุที่ทำงานได้เมื่อมีการรีโพสิชั่น 1 ครั้ง ความหนาชิ้นงานมากสุดที่สามารถทำงานเจาะได้ สโตรคต่อนาที และจำนวนช่องใส่แม่พิมพ์ เป็นต้น ตารางมี 9 คอลัมน์ 16 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่องเจาะ CNC
SERIES	STRING	รุ่นเครื่องเจาะ CNC ที่เลือก
CAPACITY	NUMERIC	แรงกด
SHEETSIZE	STRING	ขนาดใหญ่สุดของแผ่นวัสดุ
MAX_THICK	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่เจาะได้ของแผ่นวัสดุ
SPM	STRING	จำนวนสโตรคต่อนาที
TURRET	NUMERIC	จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์
PRICELIST	NUMERIC	ราคาของเครื่องเจาะ CNC
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่องเจาะ CNC

- ตัวอย่างตาราง Punching แสดงได้ดังรูปที่ 4.8

MODELNAME	SERIES	CAPACITY	SHEETSIZE	MAX_THICK	SPM	TURRET	PRICELIST	PICTURE
ARIES245II	ARIES245II	20	1000X2540	6.35	300	30		Aries245II.bmp
ARIES255	ARIES255	20	1250X2540	6.35	350	30		Aries255.bmp
PEGA357	PEGA357	30	1270X3660	6.00	350	58		Pega357.bmp
PEGA367	PEGA367	30	1525X3660	6.00	350	58		Pega357.bmp
COMA557	COMA557	50	1270X3660	6.00	300	58		Coma567.bmp
COMA567	COMA567	50	1525X3660	6.00	300	58		Coma567.bmp
VIPROS255	VIPROS255	20	1270X2540	6.35	545/470	31		Vipros255.bmp
VIPROS2510C	VIPROS2510C	20	1270X5000	3.20	515/425	34		Vipros2510C.bmp
VIPROS2510K	VIPROS2510K	20	1270X5000	3.20	545/545	31		Vipros2510K.bmp
VIPROS357Q	VIPROS357Q	30	1270X3660	6.00	360/360	58		Vipros357Q.bmp
VIPROS367Q	VIPROS367Q	30	1525X3660	6.00	360/360	58		Vipros357Q.bmp
VIPROS358K	VIPROS358K	30	1270X4000	3.20	520/510	58		Vipros358K.bmp

รูปที่ 4.8 หน้าจอตาราง Punching

6) ตาราง Laser ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่องตัดเลเซอร์ เกี่ยวกับวิธีการเคลื่อนที่ของแต่ละแนวแกน ระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของแต่ละแกน ความเร็วในการตัดสูงสุดของแต่ละแกน และความหนาชิ้นงานมากสุดที่สามารถตัดได้ของวัสดุแต่ละชนิด เป็นต้น ตารางมี 14 คอลัมน์ 14 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่องตัดเลเซอร์
SERIES	STRING	รุ่นเครื่องตัดเลเซอร์ที่เลือก
X_AXIS_MOV	STRING	วิธีการเคลื่อนที่ในแนวแกน X
Y_AXIS_MOV	STRING	วิธีการเคลื่อนที่ในแนวแกน Y
MAX_X_AXIS	NUMERIC	ระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของแกน X
MAX_Y_AXIS	NUMERIC	ระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของแกน Y
MAX_Z_AXIS	NUMERIC	ระยะการเคลื่อนที่สูงสุดของแกน Z
CUT_SP_X	NUMERIC	ความเร็วในการตัดสูงสุดของแกน X
CUT_SP_Y	NUMERIC	ความเร็วในการตัดสูงสุดของแกน Y
MAX_SPCC	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของแผ่นเหล็ก
MAX_SUS	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของสเตนเลส
MAX_AL	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของอลูมิเนียม
PRICELIST	NUMERIC	ราคาของเครื่องตัดเลเซอร์
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่องตัดเลเซอร์

- ตัวอย่างตาราง Laser แสดงได้ดังรูปที่ 4.9

MODELNAME	SERIES	X_AXIS_MOV	Y_AXIS_MOV	MAX_X_AXIS	MAX_Y_AXIS	MAX_Z_AXIS	CUT_SP_X	CUT_SP_Y	MAX_SPCC	MAX_SUS	MAX_AL	PRICELIST	PICTURE
QUATTRO	QUATTRO	Cutting Head Moving	Cutting Head Moving	1260	1260	100	30	30	6.0	2.0	1.0		Quattro.bmp
LC1212AIII 2kW	LC1212AIII 2kW	Material Moving	Cutting Head Moving	1270	1270	300	80	80	16.0	6.0	5.0		LC1212AIII.bmp
LC1212AIII 4kW	LC1212AIII 4kW	Material Moving	Cutting Head Moving	1270	1270	300	80	80	22.0	10.0	12.0		LC1212AIII.bmp
LC2415AIII 2kW	LC2415AIII 2kW	Material Moving	Cutting Head Moving	2520	1550	300	80	80	16.0	6.0	5.0		LC2415AIII.bmp
LC2415AIII 4kW	LC2415AIII 4kW	Material Moving	Cutting Head Moving	2520	1550	300	80	80	22.0	10.0	12.0		LC2415AIII.bmp
LC2412BIII 2kW	LC2412BIII 2kW	Table Moving	Cutting Head Moving	2520	1270	300	60	60	16.0	6.0	5.0		LC2412BIII.bmp
LC2412BIII 4kW	LC2412BIII 4kW	Table Moving	Cutting Head Moving	2520	1270	300	60	60	22.0	10.0	12.0		LC2412BIII.bmp
LC3015BIII 2kW	LC3015BIII 2kW	Table Moving	Cutting Head Moving	3070	1550	300	60	60	16.0	6.0	5.0		LC3015BIII.bmp
LC3015BIII 4kW	LC3015BIII 4kW	Table Moving	Cutting Head Moving	3070	1550	300	60	60	22.0	10.0	12.0		LC3015BIII.bmp
FO2412 2kW	FO2412 2kW	Cutting Head Moving	Cutting Head Moving	2520	1270	300	80	80	16.0	6.0	5.0		FO3015.bmp
FO2412 4kW	FO2412 4kW	Cutting Head Moving	Cutting Head Moving	2520	1270	300	80	80	22.0	10.0	12.0		FO3015.bmp
FO3015 2kW	FO3015 2kW	Cutting Head Moving	Cutting Head Moving	3070	1550	300	80	80	16.0	6.0	5.0		FO3015.bmp
FO3015 4kW	FO3015 4kW	Cutting Head Moving	Cutting Head Moving	3070	1550	300	80	80	22.0	10.0	12.0		FO3015.bmp

รูปที่ 4.9 หน้าจอตาราง Laser

7) ตาราง Apelio ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่อง Combination ระหว่างเจาะ CNC และตัดเลเซอร์ เกี่ยวกับขนาดใหญ่สุดของแผ่นวัสดุที่ทำงานได้เมื่อมีการรีโพสิชั่น 1 ครั้ง แรงกด จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์ ความหนาชิ้นงานมากสุดที่สามารถทำงานตัดเจาะได้ สโตรคต่อนาที และความเร็วในการตัดสูงสุด เป็นต้น ตารางมี 12 คอลัมน์ 7 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่อง Combination
SERIES	STRING	รุ่นของเครื่อง Combination ที่เลือก
SHEETSIZE	STRING	ขนาดใหญ่สุดของแผ่นวัสดุ
CAPACITY	NUMERIC	แรงกด
TURRET	NUMERIC	จำนวนช่องใส่แม่พิมพ์
MAX_SPCC	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของแผ่นเหล็ก
MAX_SUS	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของสเตนเลส
MAX_AL	NUMERIC	ความหนาสูงสุดที่ตัดได้ของอลูมิเนียม
SPM	STRING	จำนวนสโตรคต่อนาที
MAX_CUT_SP	STRING	ความเร็วในการตัดสูงสุด
PRICE_LIST	NUMERIC	ราคาของเครื่อง Combination
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่อง Combination

- ตัวอย่างตาราง Apelio แสดงได้ดังรูปที่ 4.10

SERIES	SHEETSIZE	CAPACITY	TURRET	MAX_SPCC	MAX_SUS	MAX_AL	SPM	MAX_CUT_SP	PRICE_LIST	PICTURE
APELIO2510V 2kW	1270X5000	20	31	6.0	6.0	5.0	410/380	0 ~ 15		ApelioIII-2510V.bmp
APELIO2510V 4kW	1270X5000	20	31	9.0	9.0	9.0	220	0 ~ 15		ApelioIII-2510V.bmp
APELIO357V 2kW	1270X3660	30	58	9.0	6.0	5.0	220	0 ~ 15		ApelioIII-357V.bmp
APELIO357V 4kW	1270X3660	30	58	9.0	9.0	9.0	410/380	0 ~ 15		ApelioIII-357V.bmp
APELIO367V 2kW	1525X3660	30	58	9.0	6.0	5.0	220	0 ~ 15		ApelioIII-357V.bmp
APELIO367V 2kW	1525X3660	30	58	9.0	9.0	9.0	220	0 ~ 15		ApelioIII-357V.bmp

รูปที่ 4.10 หน้าจอตาราง Apelio

8) ตาราง BendSpec ประกอบด้วยรายละเอียดเครื่องจักรประเภทเครื่องพับ เกี่ยวกับแรงอัด ความยาวระยะพับสูงสุด ระยะสโตรคการเคลื่อนที่ จำนวนกระบอกสูบ ความเร็วเข้าใกล้ ความเร็วพับ และความเร็วการเคลื่อนที่กลับ ระยะที่กั้นหลัง ความเร็วที่กั้นหลัง จำนวนแกนควบคุม และขนาดหน่วยความจำ เป็นต้น ตารางมี 16 คอลัมน์ 165 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
MODELNAME	STRING	ชื่อรุ่นของเครื่องพับ
BENDSERIES	STRING	รุ่นของเครื่องพับที่เลือก
SIZECODE	NUMERIC	รหัสขนาดของเครื่องพับ
CAPACITY	NUMERIC	แรงอัด
BENDLENGTH	NUMERIC	ความยาวระยะพับสูงสุด
STROKE	NUMERIC	สโตรคการเคลื่อนที่
CYLINDERS	STRING	จำนวนกระบอกสูบ
APP_SPEED	NUMERIC	ความเร็วเข้าใกล้
BEND_SPEED	NUMERIC	ความเร็วพับ
RT_SPEED	NUMERIC	ความเร็วเคลื่อนที่กลับ
BG_LENGTH	NUMERIC	ระยะที่กั้นหลัง
BG_SPEED	NUMERIC	ความเร็วของที่กั้นหลัง
CONT_AXIS	STRING	จำนวนแกนควบคุม
MEM_CAP	STRING	ขนาดหน่วยความจำ
PRICELIST	NUMERIC	ราคาของเครื่องพับ
PICTURE	STRING	รูปภาพของเครื่องพับ

- ตัวอย่างตาราง BendSpec แสดงได้ดังรูปที่ 4.11

MODELNAME	BENDSERIES	SIZECODE	CAPACITY	BENDLENGTH	STROKE	CYLINDERS	APP_SPEED	BEND_SPEED	RT_SPEED	BG_LENGTH	BG_SPEED	CONT_AXIS	MEM_CAP	PRICELIST	PICTURE
RG135-ATEGI	RG ATEGI	5312	55	1250	100	4	45.0	8.0	45.0	500	500	1 Axis (L)	99 Steps		RG135 ATEG.bmp
RG88-ATEGI	RG ATEGI	8025	80	2505	100	5	50.0	7.0	52.0	500	500	1 Axis (L)	99 Steps		RG88 ATEG.bmp
RG188-ATEGI	RG ATEGI	1858	180	5108	100	5	45.0	8.5	52.0	500	500	1 Axis (L)	99 Steps		RG188 ATEG.bmp
RG125-ATEGI	RG ATEGI	1255	125	5108	100	5	45.0	7.5	48.0	500	500	1 Axis (L)	99 Steps		RG125 ATEG.bmp
RG88-ATEGI	RG ATEGI	4004	400	4108	250	4	54.0	6.5	60.0	500	500	1 Axis (L)	99 Steps		RG88 ATEG.bmp
RG135-NCSEVII	RG NCSEVII	5312	55	1250	100	4	45.0	8.0	45.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)		RG88 NCSEV.bmp
RG88-NCSEVII	RG NCSEVII	8025	80	2505	100	5	50.0	7.0	52.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)		RG88 NCSEV.bmp
RG188-NCSEVII	RG NCSEVII	1858	180	5108	100	5	45.0	8.5	52.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)		RG88 NCSEV.bmp
RG188-NCSEVII	RG NCSEVII	4004	400	4108	250	4	54.0	6.5	60.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)		RG88 NCSEV.bmp
RG1024-LO	RG LO	8025	80	2505	100	5	45.0	5.1	52.0	500	150	2 Axes (X, and L)	150 Steps (3 Steps is MDI mode, 35 Steps is L-Only mode)		RG88 LO.bmp
RG1858-LO	RG LO	1858	180	5108	100	5	38.0	10.3	52.0	500	150	2 Axes (X, and L)	150 Steps (3 Steps is MDI mode, 35 Steps is L-Only mode)		RG88 LO.bmp
FSDII8025-NCSEVII	FSDII NCSEVII	8025	80	2505	100	2	74.0	7.5	75.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)	FSDII-8025 SEV.bmp	
FSDII1858-NCSEVII	FSDII NCSEVII	1858	180	5108	100	2	74.0	7.5	75.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)	FSDII-8025 SEV.bmp	
FSD40886-NCSEVII	FSDII NCSEVII	4006	400	5108	250	4	65.0	6.0	64.0	500	500	5 Axes (X, L1, and L2)	16 programs (Max. 16 steps/set)	FSDII-8025 SEV.bmp	
FSDII8025-LO	FSDII LO	8025	80	2505	100	2(X)	77.0	8.0	58.0	500	150	2 Axes (X1, X2, and L)	150 Steps (3 Steps is MDI mode, 35 Steps is L-Only mode)	FSDII-8025 LO.bmp	
FSDII1255-LO	FSDII LO	1255	125	5008	100	2(X)	77.0	8.0	58.0	500	150	2 Axes (X1, X2, and L)	150 Steps (3 Steps is MDI mode, 35 Steps is L-Only mode)	FSDII-1255 LO.bmp	
FSDII8025-NCSISI	FSDII NCSISI	8025	80	2505	100	2(X)	77.0	8.0	58.0	500	500	8 Axes (X1, X2, L1, L2, Y1, Y2, Z1, and Z2)	16 programs (Max. 16 steps/set)	FSDII-8025 FS.bmp	
FSDII1255-NCSISI	FSDII NCSISI	1255	125	5008	100	2(X)	77.0	8.0	58.0	500	500	8 Axes (X1, X2, L1, L2, Y1, Y2, Z1, and Z2)	16 programs (Max. 16 steps/set)	FSDII-2804 FS.bmp	

รูปที่ 4.11 หน้าจอตาราง BendSpec

9) ตาราง TonTable ประกอบด้วยรายละเอียดที่ใช้ในการคำนวณแรงอัดของเครื่องพับ เช่น ความหนาวัสดุ ความกว้างร่อง V-Die ขนาดมาตรฐานที่เหมาะสมซึ่งควรจะเลือกใช้ ความยาวระยะปีกสั้นสุดที่พับได้ รัศมีความโค้งด้านในรอยพับที่น้อยสุด แรงอัดอ้างอิง ค่าผ่อนคลายของตัวแปรต่าง ๆ เป็นต้น ตารางมี 10 คอลัมน์ 30 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
THICKNESS	NUMERIC	ความหนาของวัสดุ
ST_V_WIDTH	NUMERIC	ความกว้างร่อง V-Die แบบเหมาะสมที่ควรเลือก
ST_M_FLANG	NUMERIC	ค่าเหมาะสมระยะปีกการพับน้อยสุด
ST_M_IR	NUMERIC	ค่าเหมาะสมรัศมีความโค้งด้านในรอยพับน้อยสุด
ST_REF_TON	NUMERIC	แรงอัดอ้างอิงเมื่อเลือกร่อง V-Die แบบเหมาะสม
RL_V_WIDTH	NUMERIC	ความกว้างร่อง V-Die แบบผ่อนคลายเงื่อนไข
RL_M_FLANGE	NUMERIC	ค่าผ่อนคลายระยะปีกการพับน้อยสุด
RL_M_IR	NUMERIC	ค่าผ่อนคลายรัศมีความโค้งด้านในรอยพับน้อยสุด
RL_REF_TON	NUMERIC	แรงอัดอ้างอิงเมื่อเลือกร่อง V-Die แบบผ่อนคลาย
REF_TENSIL	NUMERIC	ค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุชนิดที่อ้างอิง

- ตัวอย่างตาราง TonTable แสดงได้ดังรูปที่ 4.12

THICKNESS	ST_V_WIDTH	ST_M_FLANG	ST_M_IR	ST_REF_TON	RL_V_WIDTH	RL_M_FLANG	RL_M_IR	RL_REF_TON	REF_TENSIL
0.5	4	2.8	0.7	4	6	4.0	1.0	3	45
0.6	4	2.8	0.7	6	6	4.0	1.0	4	45
0.7	4	2.8	0.7	8	6	4.0	1.0	6	45
0.8	6	4.0	1.0	7	8	5.5	1.3	5	45
0.9	6	4.0	1.0	9	8	5.5	1.3	7	45
1.0	6	4.0	1.0	11	8	5.5	1.3	8	45
1.2	8	5.5	1.3	12	10	7.0	1.6	10	45
1.4	8	5.5	1.3	15	10	7.0	1.6	13	45
1.5	10	7.0	1.6	15	12	8.5	2.0	13	45
1.6	10	7.0	1.6	17	12	8.5	2.0	15	45
2.0	12	8.5	2.0	22	14	10.0	2.3	19	45
2.3	14	10.0	2.3	25	16	11.0	2.6	23	45

รูปที่ 4.12 หน้าจอตาราง TonTable

10) ตาราง SizeCode ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับแรงอัด ความยาว และรหัสทางด้านขนาดและความยาวของเครื่องพับรุ่นที่มีทิศทางการเคลื่อนพับของระบบไฮดรอลิกเป็นแบบเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบน เพื่อใช้ในการประมวลผลหารหัสทางขนาดและความยาวของเครื่องพับ หลังจากที่ทราบค่าความยาวสูงสุดของงานพับ และได้มีการคำนวณเปรียบเทียบหาค่าแรงอัดสุทธิที่จำเป็นต้องใช้เรียบร้อยแล้ว ตารางมี 3 คอลัมน์ 61 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
TONNAGE	NUMERIC	แรงอัดสูงสุดจากผลการคำนวณ
LENGTH	NUMERIC	ความยาวระยะพับสูงสุดของชิ้นงาน
SIZE_CODE	NUMERIC	รหัสขนาดรุ่นของเครื่องพับ

- ตัวอย่างตาราง SizeCode แสดงได้ดังรูปที่ 4.13

TONNAGE	LENGTH	SIZE_CODE
35	1200	3512
50	1200	5012
80	1200	8020
100	1200	1030
125	1200	1253
150	1200	1503
200	1200	2003

รูปที่ 4.13 หน้าจอตาราง SizeCode

11) ตาราง HfCode ประกอบด้วยรายละเอียดเกี่ยวกับแรงอัด ความยาว และรหัสทางด้านขนาดและความยาวของเครื่องพับรุ่นที่มีทิศทางการเคลื่อนพับของระบบไฮดรอลิกเป็นแบบเคลื่อนที่จากบนลงล่าง เพื่อใช้ในการประมวลผลหารหัสทางขนาดและความยาวของเครื่องพับ หลังจากที่ทราบค่าความยาวสูงสุดของงานพับ และได้มีการคำนวณเปรียบเทียบหาค่าแรงอัดสุทธิที่จำเป็นต้องใช้เรียบร้อยแล้ว ตารางมี 3 คอลัมน์ 31 แถว รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

- โครงสร้างของข้อมูล

ชื่อคอลัมน์	ประเภทข้อมูล	รายละเอียด
TONNAGE	NUMERIC	แรงอัดสูงสุดจากผลการคำนวณ
LENGTH	NUMERIC	ความยาวระยะพับสูงสุดของชิ้นงาน
SIZE_CODE	NUMERIC	รหัสขนาดรุ่นของเครื่องพับ

- ตัวอย่างตาราง HfCode แสดงได้ดังรูปที่ 4.14

TONNAGE	LENGTH	SIZE_CODE
50	1200	5012
80	1200	8025
100	1200	1030
130	1200	1303
170	1200	1703
220	1200	2203

รูปที่ 4.14 หน้าจอตาราง HfCode

4.3.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verification)

เป็นกระบวนการตรวจสอบความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม ทำให้เกิดความน่าเชื่อถือในงานวิจัย ผู้วิจัยตรวจสอบโดยการทดลองป้อนกรณีตัวอย่างที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมากลงไปเป็นเวลา 40 วัน (ตั้งแต่วันที่ 6 มกราคม 2546 จนถึงวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2546) เพื่อทดสอบดูความถูกต้องของโปรแกรม (ดูผลการรันโปรแกรมได้ในภาคผนวก ง.)

4.3.2.3 การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ (Validation)

ทำโดยการนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปทดลองรันให้ผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ภายในบริษัทจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญจากกรณีตัวอย่างหลาย ๆ กรณี ถ้าผู้เชี่ยวชาญมนุษย์พอใจผลลัพธ์ที่ระบบผู้เชี่ยวชาญคิด แสดงว่าระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นทำงานได้อย่างถูกต้อง นอกเหนือจากนั้นก็ต้องทำการแก้ไข

4.3.3 กลไกการวินิจฉัย

กลไกการวินิจฉัยของระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น โดยโปรแกรม Level5 Object นี้จะใช้กลไกการวินิจฉัยทั้งแบบการวินิจฉัยแบบเดินหน้า (Forward Chaining) ซึ่งเป็นการเขียนควบคุมด้วย When Changed Methods และ Demons และกลไกการวินิจฉัยแบบย้อนหลัง (Backward Chaining) ซึ่งเป็นการเขียนควบคุมด้วย Rules โดยที่โปรแกรมจะรับค่าบางอย่างจากผู้ใช้ก่อนเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น หลังจากนั้นระบบก็จะนำข้อมูลเบื้องต้นนั้นไปวินิจฉัยเพื่อสรุปคำตอบหรือให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาแก่ผู้ใช้

ผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของการเลือกเครื่องจักรออกเป็น 2 กระบวนการทำงาน คือ การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด และการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ ซึ่งสำหรับกระบวนการทำงานตัดนั้น ส่วนใหญ่จะใช้การวินิจฉัยแบบย้อนหลัง อาทิเช่น การวินิจฉัยหาขนาดรุ่นของเครื่องแต่ละประเภท การวินิจฉัยหากลุ่มความหนาวัสดุ และการวินิจหาชนิดประเภทของเครื่องจักรที่จะเลือก เป็นต้น ส่วนของกระบวนการทำงานพับนั้นจะใช้กลไกการวินิจฉัยแบบย้อนหลังเพียงเรื่องเดียวคือ การเลือกชนิดรุ่นของเครื่องพับ แต่ส่วนอื่นที่เหลือทั้งหมดก็จะใช้การวินิจฉัยแบบเดินหน้า อาทิเช่น การคำนวณหาขนาดแรงอัดการพับที่เหมาะสม การเปรียบเทียบกำหนดขนาดแรงอัดและความยาวของเครื่องพับ การเลือกรหัสทางด้านขนาดของเครื่องพับที่จะเลือกใช้ เป็นต้น

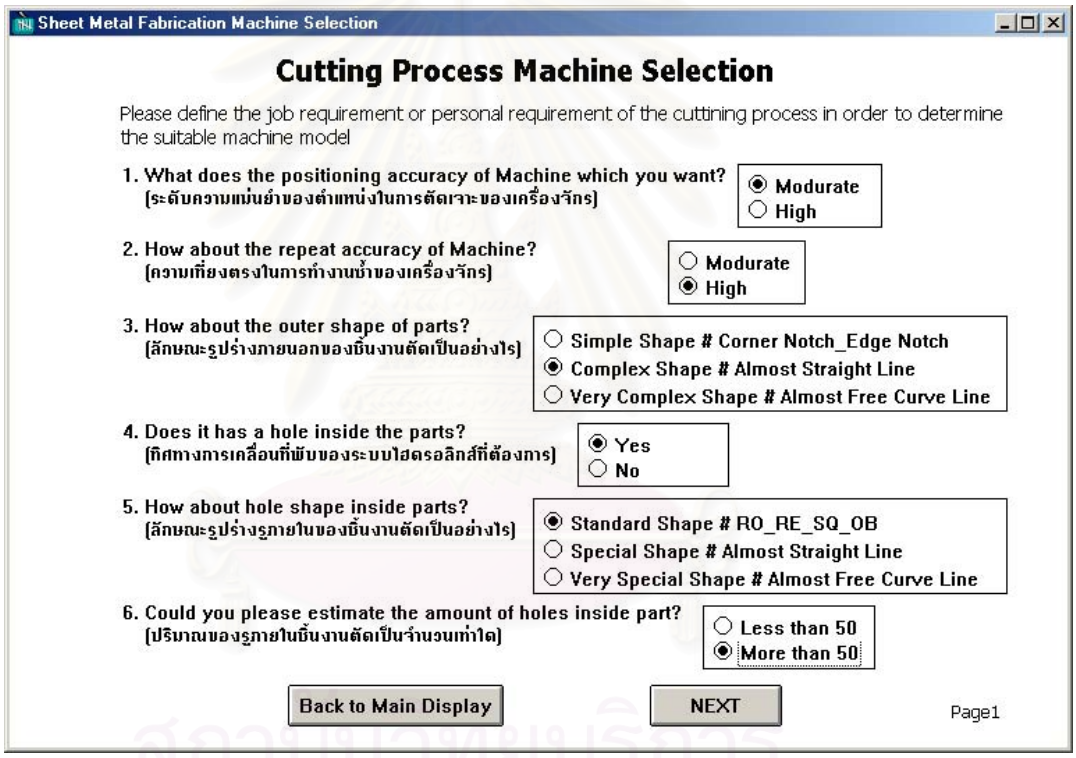
4.3.4 การติดต่อกับผู้ใช้

การติดต่อกับผู้ใช้ เป็นส่วนสำคัญซึ่งใช้เป็นสื่อกลางในการสื่อสารโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ออกแบบหน้าจอการติดต่อกับผู้ใช้ในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นด้วยโปรแกรม Level5 Object จำนวน 13 หน้าจอ ดังต่อไปนี้

1) หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม ประกอบด้วย 4 ทางเลือก คือ การเริ่มต้นเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด การเริ่มต้นเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ การล้างข้อมูลเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ และการออกจากโปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 4.15

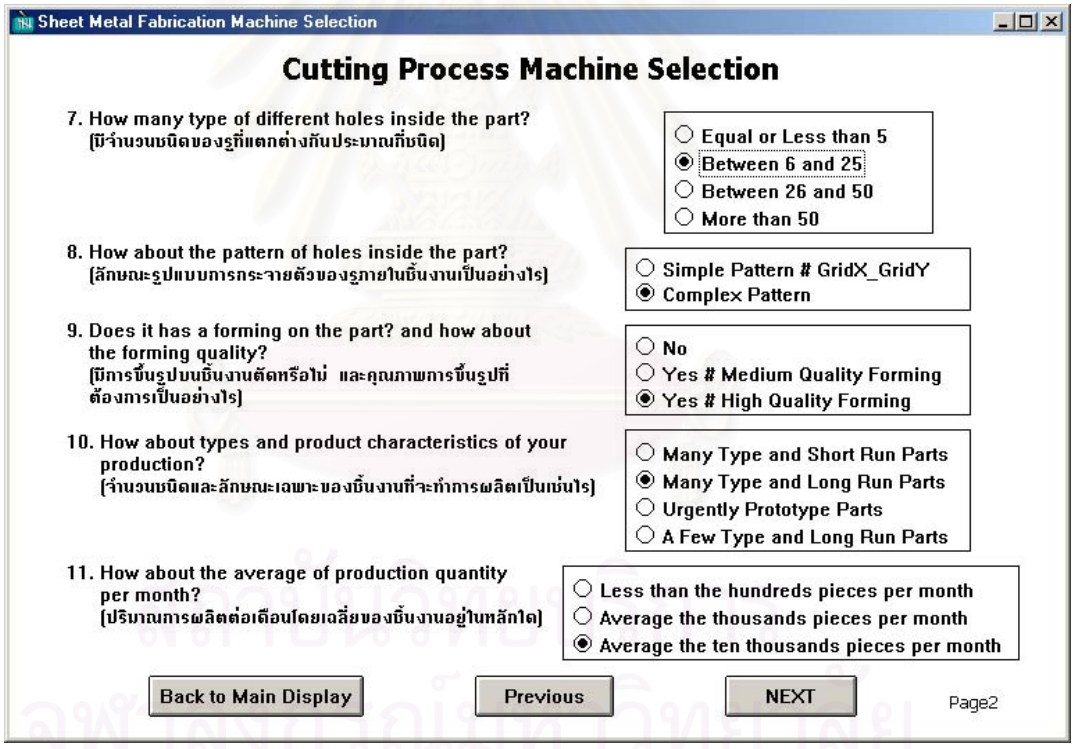
รูปที่ 4.15 หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม

2) หน้าจอกำหนดความต้องการของชิ้นงาน และความต้องการส่วนบุคคลในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 1 เกิดหลังจากกดปุ่ม Cutting Process ที่หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.16 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะความต้องการและรายละเอียดของชิ้นงานจากคำถามข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 6 ตามลำดับ เมื่อตอบคำถามครบทั้ง 6 ข้อแล้ว ก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไป ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามไม่ครบทั้ง 6 ข้อ แล้วกดปุ่ม Next ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามข้อที่เว้นอยู่ให้ครบเสียก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



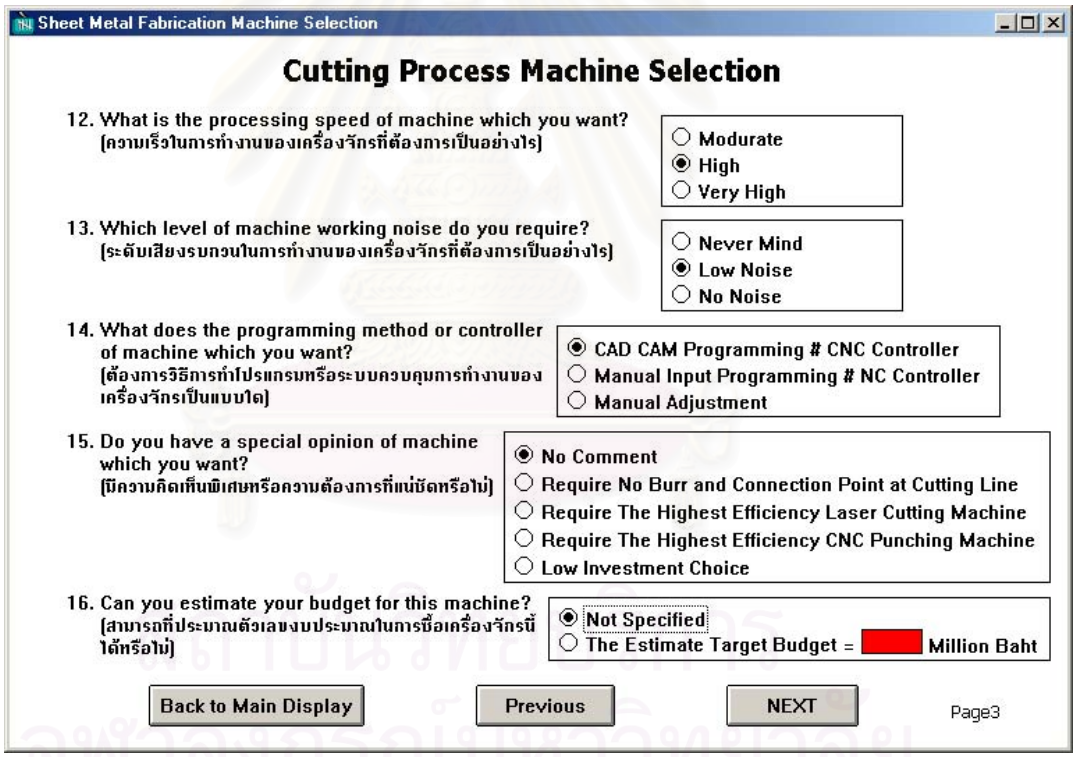
รูปที่ 4.16 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 1

3) หน้าจอกำหนดความต้องการของชิ้นงาน และความต้องการส่วนบุคคลในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 2 เกิดหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าที่ 1 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด ดังแสดงในรูปที่ 4.17 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะความต้องการและรายละเอียดของชิ้นงานจากคำถามข้อที่ 7 ถึงข้อที่ 11 ตามลำดับ เมื่อตอบคำถามครบทั้ง 5 ข้อแล้วก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไป แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามไม่ครบทั้ง 5 ข้อแล้วกดปุ่ม Next ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามข้อที่เว้นอยู่ให้ครบเสียก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 1 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



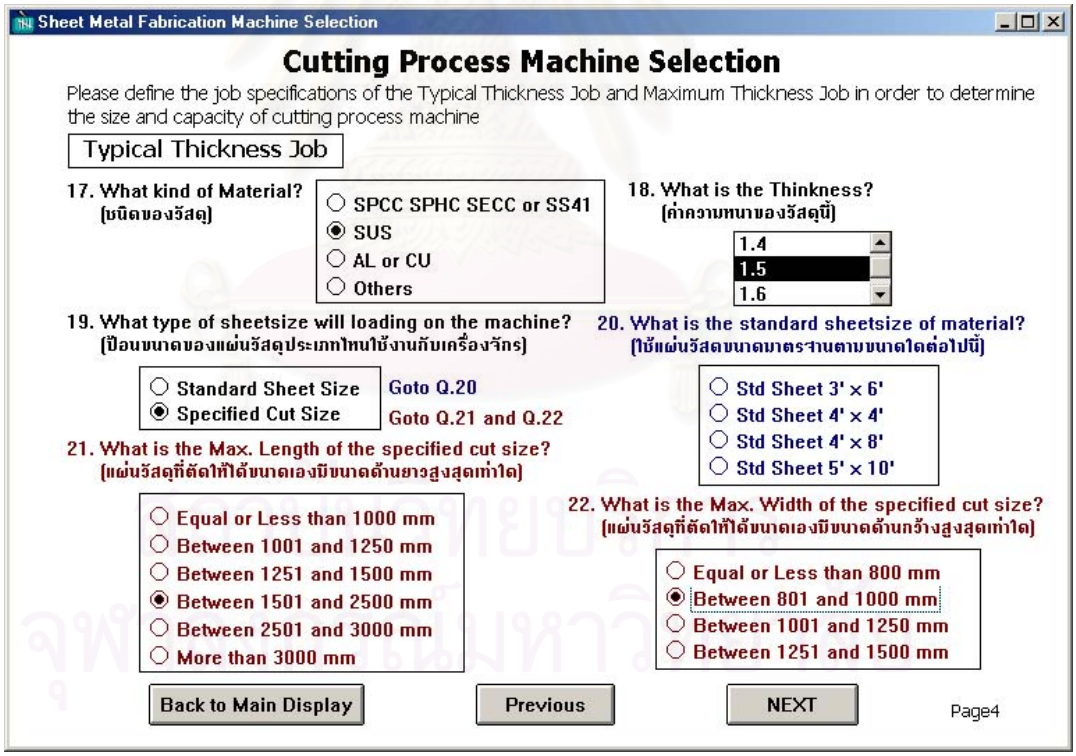
รูปที่ 4.17 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 2

4) หน้าจอกำหนดความต้องการของชิ้นงาน และความต้องการส่วนบุคคลในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 3 เกิดหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าที่ 2 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะความต้องการและรายละเอียดของชิ้นงานจากคำถามข้อที่ 12 ถึงข้อที่ 16 ตามลำดับ เมื่อตอบคำถามครบทั้ง 5 ข้อแล้วก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไป แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามไม่ครบทั้ง 5 ข้อ แล้วกดปุ่ม Next ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามข้อที่เว้นอยู่ให้ครบเสียก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 2 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



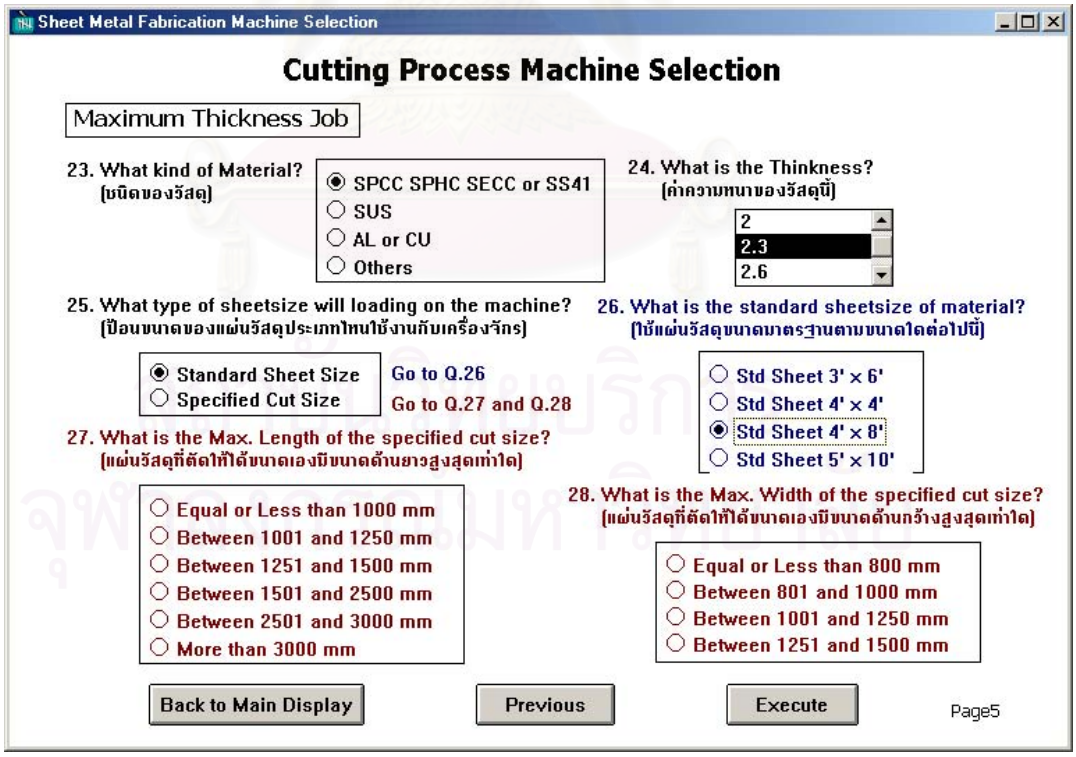
รูปที่ 4.18 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 3

5) หน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาขนาดที่ใช้อยู่เป็นปกติหรือขนาดที่ใช้บ่อยที่สุด หรือหน้าจอที่ 4 ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าจอที่ 3 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดดังแสดงในรูปที่ 4.19 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะรายละเอียดของงานความหนาปกติจากคำถามข้อที่ 17 ถึงข้อที่ 22 ตามลำดับ ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องตอบคำถามข้อที่ 17 ถึงข้อที่ 19 ให้ครบทั้งสามข้อ แต่ในคำถามข้อที่ 20 ถึงข้อ 22 นั้นต้องเลือกตอบขึ้นอยู่กับว่าในข้อ 19 เราเลือกคำตอบไหนไว้ เมื่อตอบคำถามครบตามความหลักการดังกล่าวแล้วก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไปได้ แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามในข้อที่ 19 ถึงข้อที่ 22 ไม่สอดคล้องกัน ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามให้ถูกต้องตามหลักการความสัมพันธ์ก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 3 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



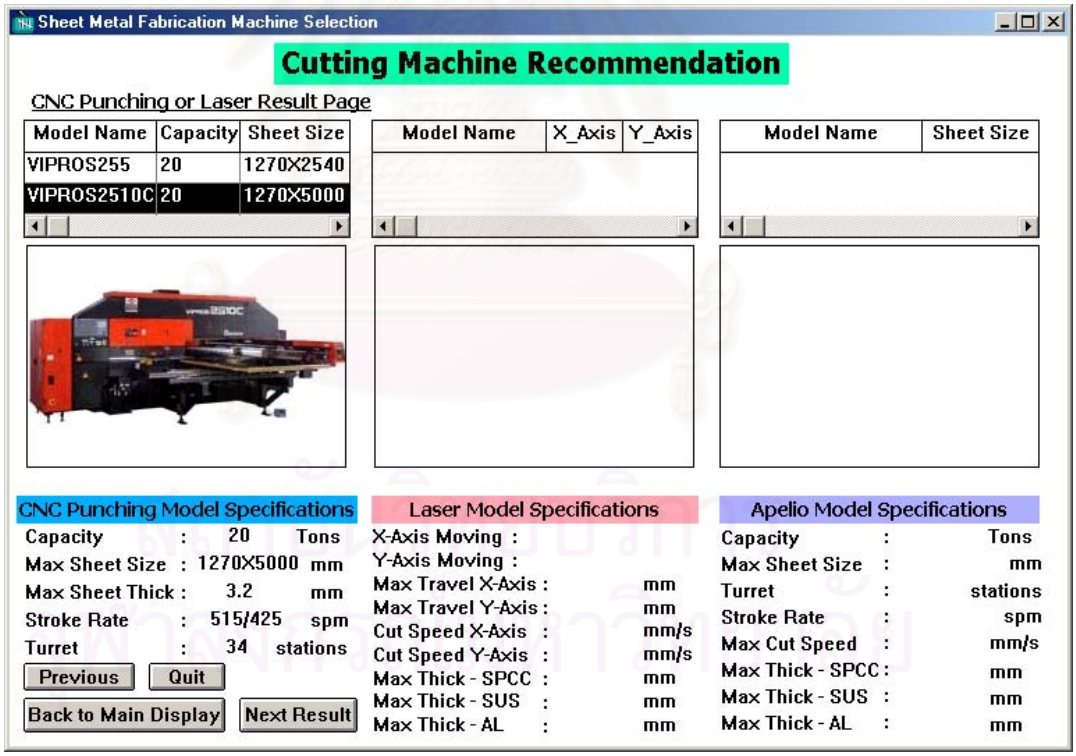
รูปที่ 4.19 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 4

6) หน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาสูงสุดที่ใช้งาน หรือหน้าจอที่ 5 ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด เกิดหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาขนาดที่ใช้อยู่เป็นปกติหรือหน้าที่ 4 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด ดังแสดงในรูปที่ 4.20 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะรายละเอียดของงานความหนาสูงสุดจากคำถามข้อที่ 23 ถึงข้อที่ 28 ตามลำดับ ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องตอบคำถามข้อที่ 23 ถึงข้อที่ 25 ให้ครบทั้งสามข้อ แต่ในคำถามข้อที่ 26 ถึงข้อ 28 นั้นต้องเลือกตอบขึ้นอยู่กับว่าในข้อ 25 เราเลือกคำตอบไหนไว้ เมื่อตอบคำถามครบตามความหลักการดังกล่าวแล้วก็จะสามารถกดปุ่ม Execute เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดได้ แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามในข้อที่ 26 ถึงข้อที่ 28 ไม่สอดคล้องกัน หรือค่าความหนาสูงสุดที่เลือกตอบในข้อที่ 24 มีค่าน้อยกว่าค่าความหนาปกติที่ได้ตอบไว้ก่อนหน้านี้ในข้อที่ 18 ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามให้ถูกต้องตามหลักการความสัมพันธ์ก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 4 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



รูปที่ 4.20 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าที่ 5

7) หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าจอที่ 1 เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่ม Execute ในหน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาสูงสุดที่ใช้งาน หรือหน้าจอที่ 5 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด ดังแสดงในรูปที่ 4.21 ซึ่งหน้าจอนี้จะแสดงผลลัพธ์ในกรณีที่เครื่องจักรที่เลือกนั้นเป็นเครื่องจักรประเภทเครื่องเจาะ CNC เครื่องตัดเลเซอร์ หรือ เครื่อง Combination โดยที่ในหน้าจอจะมีตารางแสดงชื่อรุ่นของเครื่องจักรที่เลือก มีรูปภาพของเครื่องจักร และรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรชนิดนั้น จากหน้าจอนี้ผู้ใช้สามารถที่เลือกกดปุ่ม Next Result เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าจอที่ 2 ซึ่งเป็นหน้าจอที่แสดงผลสำหรับเครื่องจักรประเภท Fabricator อาทิเช่น เครื่องตัด เครื่องบากมุม หรือเครื่องเจาะกึ่ง Manual เป็นต้น อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถที่จะกดปุ่ม Previous เพื่อย้อนกลับไปที่หน้าจอก่อนหน้า หรือกดปุ่ม Back to Main Display เพื่อย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม หรือแม้แต่กดปุ่ม Quit เพื่อออกจากการทำงานของโปรแกรมจากหน้าจอนี้ได้



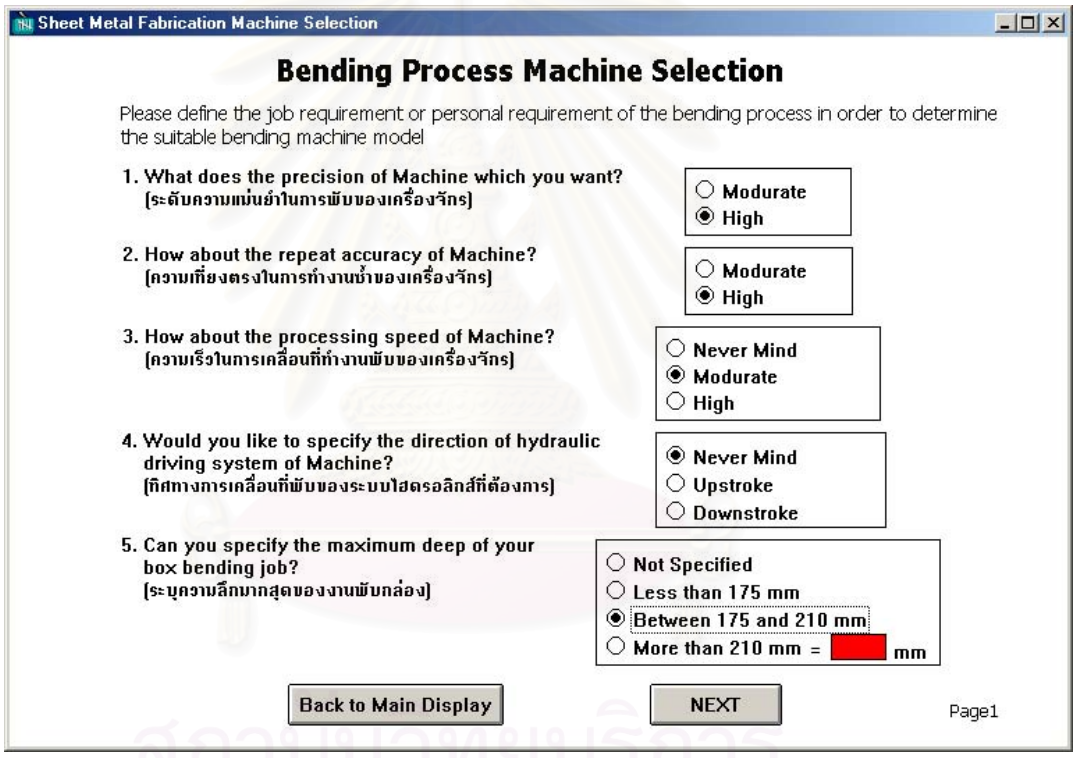
รูปที่ 4.21 หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าจอที่ 1

8) หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าจอที่ 2 เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่ม Next Result ในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัดหน้าจอแรก ดังแสดงในรูปที่ 4.22 ซึ่งหน้าจอนี้จะแสดงผลลัพธ์ในกรณีที่เครื่องจักรที่เลือกนั้นเป็นเครื่องจักรประเภท Fabricator อาทิเช่น เครื่องตัด เครื่องบากมุม หรือเครื่องเจาะกึ่ง Manual เป็นต้น โดยที่ในหน้าจอจะมีตารางแสดงชื่อรุ่นของเครื่องจักรที่เลือก มีรูปภาพของเครื่องจักร และรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรชนิดนั้น จากหน้าจอนี้ผู้ใช้สามารถที่เลือกกดปุ่ม Back to Previous Display เพื่อย้อนกลับไปที่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าจอแรกได้

รูปที่ 4.22 หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดหน้าจอที่ 2

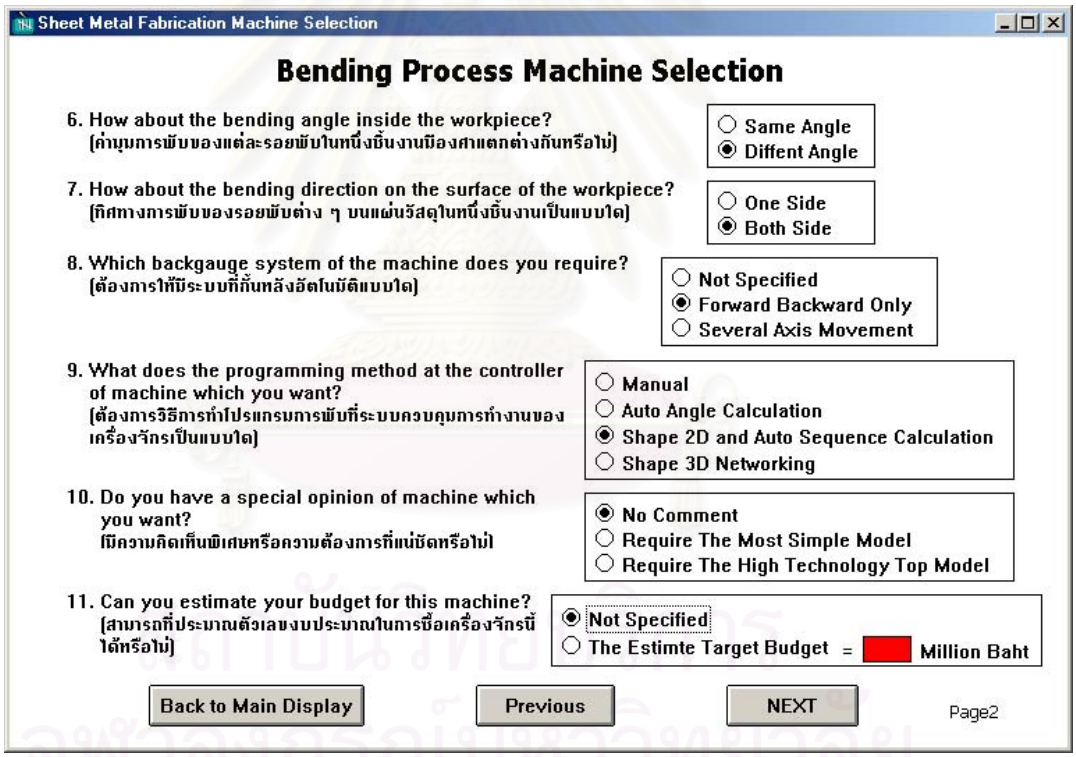
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9) หน้าจอกำหนดความต้องการของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคลในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 1 เกิดหลังจากกดปุ่ม Bending Process ที่หน้าจอเริ่มต้นของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 4.23 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะความต้องการและรายละเอียดของชิ้นงานจากคำถามข้อที่ 1 ถึงข้อที่ 5 ตามลำดับ เมื่อตอบคำถามครบทั้ง 5 ข้อแล้วก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไป ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามไม่ครบทั้ง 5 ข้อ แล้วกดปุ่ม Next ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามข้อที่เว้นอยู่ให้ครบเสียก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าจอเริ่มต้นโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



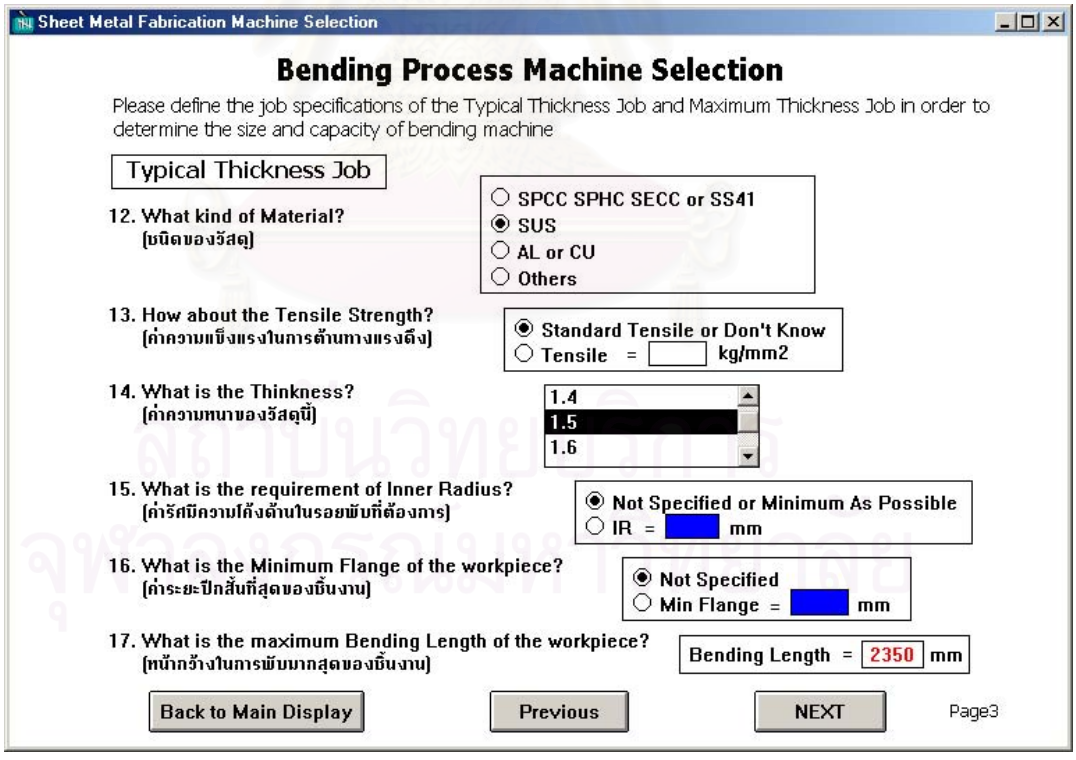
รูปที่ 4.23 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 1

10) หน้าจอกำหนดความต้องการของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคลในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 2 เกิดหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าที่ 1 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ ดังแสดงในรูปที่ 4.24 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะความต้องการและรายละเอียดของชิ้นงานจากคำถามข้อที่ 6 ถึงข้อที่ 11 ตามลำดับ เมื่อตอบคำถามครบทั้ง 6 ข้อแล้วก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไป แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามไม่ครบทั้ง 6 ข้อ แล้วกดปุ่ม Next ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามข้อที่เว้นอยู่ให้ครบเสียก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 1 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



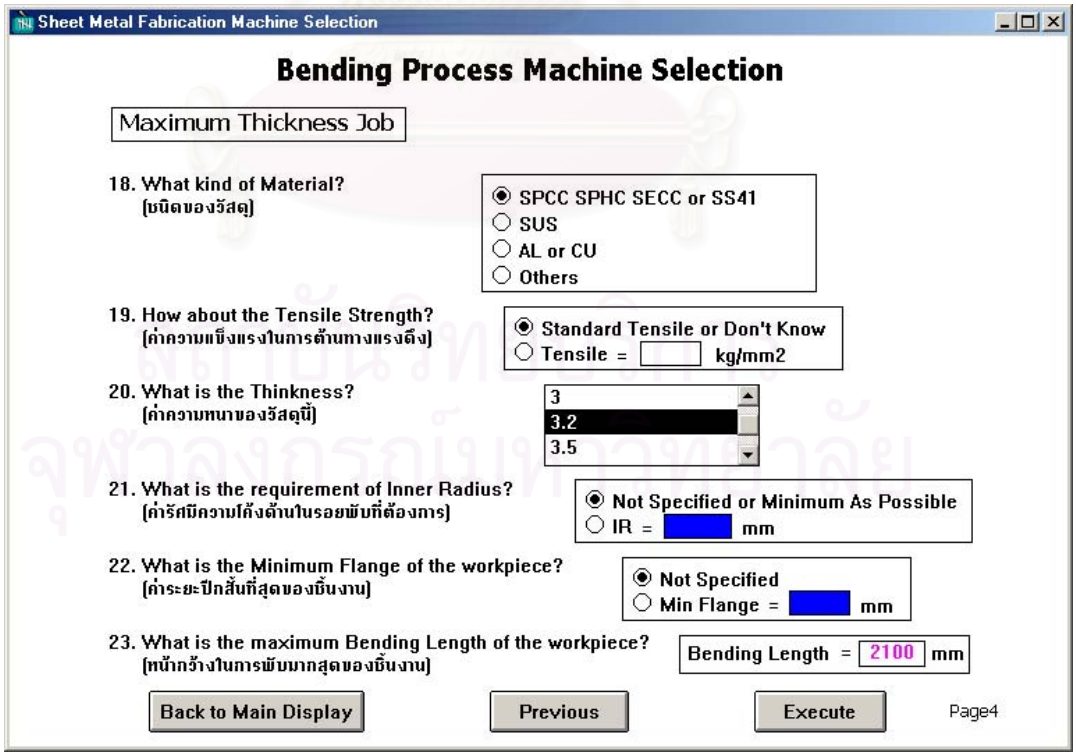
รูปที่ 4.24 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 2

11) หน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาขนาดที่ใช้อยู่เป็นปกติหรือขนาดที่ใช้บ่อยที่สุด หรือหน้าจอที่ 3 ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าจอที่ 2 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ ดังแสดงในรูปที่ 4.25 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะรายละเอียดของงานความหนาปกติจากคำถามข้อที่ 12 ถึงข้อที่ 17 ตามลำดับ ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องตอบคำถามให้ครบทั้ง 6 ข้อ โดยที่ในคำถามข้อที่ 13 15 และ 16 นั้นอาจจะจำเป็นต้องป้อนตัวเลขลงในช่องรับค่าข้อมูลด้วยในกรณีที่เลือกทางเลือกของคำตอบซึ่งจำเป็นต้องป้อนข้อมูลเข้าให้กับโปรแกรม แต่ในข้อที่ 17 นั้นผู้ใช้จะต้องป้อนตัวเลขแสดงค่าความยาวของการพับลงในช่องรับค่าข้อมูลเพียงเท่านั้น เมื่อตอบคำถามและป้อนข้อมูลครบตามความความสัมพันธ์ของมันแล้ว ก็จะสามารถกดปุ่ม Next เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงคำถามข้อต่อ ๆ ไปได้ แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามในข้อที่ 12 ถึงข้อที่ 17 ไม่สมบูรณ์ ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามให้ถูกต้องตามหลักการความสัมพันธ์ก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอคำถามข้อต่อไปได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 2 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



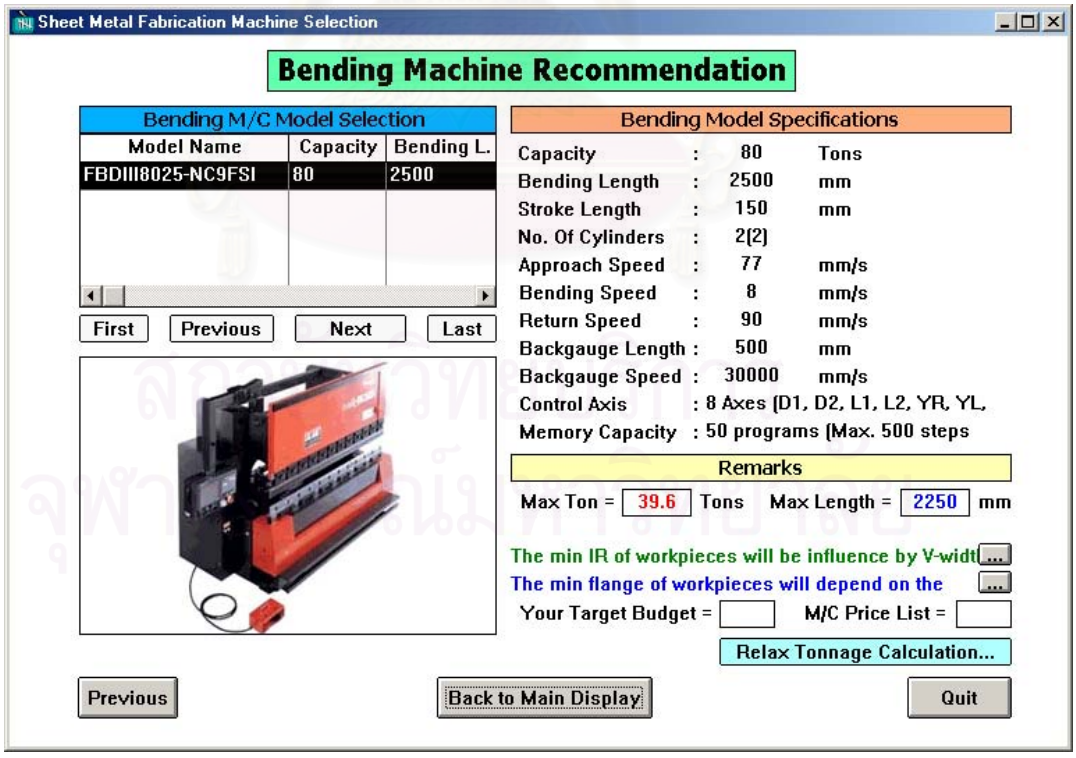
รูปที่ 4.25 เลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 3

12) หน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาสูงสุดที่ใช้ หรือหน้าจอที่ 4 ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่ม Next ในหน้าจอที่ 3 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ ดังแสดงในรูปที่ 4.26 ผู้ใช้จะเป็นคนเลือกตอบคำถามเกี่ยวกับลักษณะรายละเอียดของงานความหนาสูงสุดจากคำถามข้อที่ 18 ถึงข้อที่ 23 ตามลำดับ ผู้ใช้จำเป็นที่จะต้องตอบคำถามให้ครบทั้ง 6 ข้อ โดยที่ในคำถามข้อที่ 19 21 และ 22 นั้นอาจจะจำเป็นต้องป้อนตัวเลขลงในช่องรับค่าข้อมูลด้วยในกรณีที่เลือกทางเลือกของคำตอบซึ่งจำเป็นต้องป้อนข้อมูลเข้าให้กับโปรแกรม แต่ในข้อที่ 23 นั้นผู้ใช้จะต้องป้อนตัวเลขแสดงค่าความยาวของการพับลงในช่องรับค่าข้อมูลเพียงเท่านั้น เมื่อตอบคำถามและป้อนข้อมูลครบตามความความสัมพันธ์ของมันแล้ว ก็จะสามารถกดปุ่ม Execute เพื่อเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับได้ แต่ในกรณีที่ผู้ใช้ตอบคำถามในข้อที่ 18 ถึงข้อที่ 23 ไม่สมบูรณ์ หรือค่าความหนาสูงสุดที่เลือกตอบในข้อที่ 20 มีค่าน้อยกว่าค่าความหนาปกติที่ได้ตอบไว้ก่อนหน้านี้ในข้อที่ 14 ในหน้าจอที่ 3 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ ตัวโปรแกรมจะแสดงข้อความเตือนให้ตอบคำถามให้ถูกต้องตามหลักการความสัมพันธ์ก่อน จึงจะสามารถเลื่อนไปสู่หน้าจอแสดงผลลัพธ์ได้ และจากหน้าจอนี้ผู้ใช้ก็ยังสามารถเลือกย้อนกลับไปสู่หน้าที่ 3 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับได้โดยการกดปุ่ม Previous หรืออาจจะเลือกย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมก็ได้โดยการกดปุ่ม Back to Main Display



รูปที่ 4.26 หน้าจอเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับหน้าที่ 4

13) หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่ม Execute ในหน้าจอกำหนดรายละเอียดของชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาสูงสุดที่ใช้งาน หรือหน้าจอที่ 4 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ ดังแสดงในรูปที่ 4.27 โดยที่ในหน้าจอจะมีตารางแสดงชื่อรุ่นของเครื่องจักรที่เลือก มีรูปภาพของเครื่องจักรและรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรชนิดนั้น จากหน้าจอนี้ผู้ใช้สามารถที่เลือกกดปุ่ม First, Previous, Next หรือ Last เพื่อเลื่อนการแสดงผลของเครื่องพับที่เลือกในกรณีของผลลัพธ์ที่ได้มีตั้งแต่ 2 คำตอบขึ้นไป นอกจากนั้นในกรณีที่ผู้ใช้รู้สึกว่าเครื่องพับรุ่นที่โปรแกรมเลือกให้มีขนาดใหญ่หรือเมื่อผู้ใช้ต้องการลดขนาดรุ่นของเครื่องพับลงเพื่อประหยัดงบประมาณ ผู้ใช้สามารถที่จะเลือกให้โปรแกรมคิดคำนวณค่าแรงอัดใหม่ โดยการผ่อนคลายวิธีการเลือกขนาดร่อง V-Die ที่ใหญ่ขึ้น ทำให้ค่าแรงอัดที่ต้องการใช้พับชิ้นงานมีค่าลดลง ก็สามารถที่จะทำได้อย่างง่ายดายโดยการกดปุ่ม Relax Tonnage Calculation เพื่อผ่อนคลายการเลือกร่อง V-Die ทำให้แรงอัดที่จำเป็นต้องใช้มีค่าลดลง แต่ก็จะกระทบถึงค่ารัศมีความโค้งด้านในรอยพับที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และระยะปีกการพับสั้นสุดที่พับได้ก็จะมีความยาวขึ้นตามไปด้วย อนึ่งในหน้าจอนี้ผู้ใช้สามารถที่จะกดปุ่ม Previous เพื่อย้อนกลับไปที่หน้าจอก่อนหน้า หรือกดปุ่ม Back to Main Display เพื่อย้อนกลับไปที่หน้าจอเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรม หรือแม้แต่กดปุ่ม Quit เพื่อออกจากการทำงานของโปรแกรมจากหน้าจอนี้ได้



รูปที่ 4.27 หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

4.4 การเขียนโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญด้วย Level5 Object

โปรแกรม Level5 Object ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของอ๊อปเจค และส่วนของกฎเกณฑ์ ในส่วนของอ๊อปเจคนั้นจะทำหน้าที่ในการเก็บค่าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับชั้น คือ คลาส (Classes) ซึ่งเปรียบเสมือนตารางในการเก็บบันทึกข้อมูลชั่วคราว Instances ซึ่งเปรียบเหมือนเรคอร์ดของตาราง และ แอททริบิวต์(Attributes) ซึ่งเปรียบเสมือนฟิลด์ของตาราง

4.4.1 ตัวอย่างหน้าที่ของอ๊อปเจคในส่วนของคลาส

Action Bending Data เก็บกฎเกณฑ์ในการจัดการตรวจสอบความถูกต้องและความสัมพันธ์ของข้อมูลนำเข้าในส่วนของกระบวนการทำงานพับ

Action Bending Display เก็บกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของหน้าจอรับข้อมูลนำเข้า และควบคุมการเลื่อนหน้าของหน้าจอสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Action Bending Execution เก็บกฎเกณฑ์ในการประมวลผลและการดำเนินของโปรแกรมเพื่อเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Action Cutting Bitmap เก็บกฎเกณฑ์ในการโหลดรูปภาพของเครื่องจักรเพื่อแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์สำหรับกระบวนการทำงานตัด

Action Cutting Data เก็บกฎเกณฑ์ในการจัดการตรวจสอบความถูกต้องและความสัมพันธ์ของข้อมูลนำเข้าในส่วนของกระบวนการทำงานตัด

Action Cutting Display เก็บกฎเกณฑ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของหน้าจอรับข้อมูลนำเข้า และควบคุมการเลื่อนหน้าของหน้าจอสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Action Cutting Execution เก็บกฎเกณฑ์ในการประมวลผลและการดำเนินของโปรแกรมเพื่อเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Apelio Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องจักร Combination ที่ได้รับการเลือกรวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Bending Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องพับที่ได้รับการเลือก รวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Bending Maximum Thickness Calculation เก็บข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณค่าแรงอัดสำหรับชิ้นงานความหนาสูงสุดของกระบวนการทำงานพับ

Bending Maximum Thickness Input เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าความหนาวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุดสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Bending Maximum Thickness Job เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นรายละเอียดของชิ้นงานความหนาสูงสุดสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Bending Requirements เก็บข้อมูลทางเลือกที่เป็นส่วนของข้อมูลนำเข้าเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลของผู้ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ

Bending Selected Machine Series เก็บทางเลือกและผลการเลือกของชนิดรุ่นเครื่องพับที่จะทำการประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลในกระบวนการทำงานพับ

Bending Sizecode Selection เก็บข้อมูลและกฎเกณฑ์ในการประมวลผลเลือกรหัสทางด้านขนาดของเครื่องพับที่ควรจะเลือก

Bending Typical Thickness Calculation เก็บข้อมูลที่สำคัญในการคำนวณค่าแรงอัดสำหรับชิ้นงานความหนาปกติของกระบวนการทำงานพับ

Bending Typical Thickness Input เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าความหนาวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Bending Typical Thickness Job เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นรายละเอียดของชิ้นงานความหนาปกติสำหรับกระบวนการทำงานพับ

CornerShear Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องของเครื่องบากมุมที่ได้รับการเลือก รวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Cutting Maximum Thickness Input เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าความหนาวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุดสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Cutting Maximum Thickness Job เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นรายละเอียดของชิ้นงานความหนาสูงสุดสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Cutting Process Machine Model เก็บทางเลือกของชนิดรุ่นและผลการเลือกของเครื่องจักรรุ่นต่าง ๆ ที่จะทำการประมวลผลเลือกจากข้อมูลนำเข้าทั้งหมดในกระบวนการทำงานตัด

Cutting Requirements เก็บข้อมูลทางเลือกที่เป็นส่วนของข้อมูลนำเข้าเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลของผู้ใช้สำหรับการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด

Cutting Selected Machine Series เก็บทางเลือกและผลการเลือกของประเภทและชนิดเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดที่จะทำการประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคล

Cutting SheetSize Code Selection เก็บข้อมูลและกฎเกณฑ์ในการประมวลผลเลือกรหัสทางด้านขนาดของเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด

Cutting Thickness Compliance Item เก็บข้อมูลและกฎเกณฑ์ในการประมวลเกี่ยวกับข้อมูลความหนาปกติและความหนาสูงสุดในกระบวนการทำงานตัด

Cutting Thickness Compliance Model เก็บข้อมูลและกฎเกณฑ์ในการประมวลผลเลือกรหัสช่วงของความหนาของชิ้นงานความหนาปกติและความหนาสูงสุดในกระบวนการทำงานตัด

Cutting Typical Thickness Input เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นค่าความหนาวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Cutting Typical Thickness Job เก็บทางเลือกของข้อมูลนำเข้าที่เป็นรายละเอียดของชิ้นงานความหนาปกติสำหรับกระบวนการทำงานตัด

dB3 APELIO 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องจักร Combination รุ่นต่าง ๆ

dB3 BENDSPEC 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องพับรุ่นต่าง ๆ

dB3 CRSHEAR 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องบากมุมรุ่นต่าง ๆ

dB3 FAB 1 เก็บข้อมูลสำหรับการนำไปประมวลผลแยกเครื่องจักรที่เป็นกระบวนการของเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติออกเป็นชนิด ๆ คือ เครื่องตัด เครื่องบากมุม หรือ เครื่องเจาะกึ่ง Manual เพื่อจะสามารถนำไปแสดงผลได้อย่างเป็นรูปแบบในภายหลัง

dB3 HFCODE 1 เก็บรหัสทางด้านขนาดของเครื่องพับที่มีระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านบนลงด้านล่าง

dB3 LASER 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องตัดเลเซอร์รุ่นต่าง ๆ

dB3 PUNCHING 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องเจาะ CNC รุ่นต่าง ๆ

dB3 SETPRESS 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่นต่าง ๆ

dB3 SHEARING 1 เก็บข้อมูลรายละเอียดของเครื่องตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดรุ่นต่าง ๆ

dB3 SIZECODE 1 เก็บรหัสทางด้านขนาดของเครื่องพับที่มีระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นด้านบน

dB3 TONTABLE 1 เก็บข้อมูลในการเลือกความกว้างร่อง V-Die ที่เหมาะสม ค่าแรงอัดอ้างอิง และค่าองค์ประกอบอื่น ๆ ที่สำคัญในการคำนวณแรงอัดของชิ้นงานความหนาปกติและความหนาสูงสุดในกระบวนการทำงานพับ

Domain เก็บกฎเกณฑ์ (Methods/Rules/Demons) และค่าแอททริบิวต์ต่าง ๆ ที่ใช้ในโปรแกรม

Fabricator Machine Model Selection เก็บรุ่นของเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัดที่มีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติที่ได้รับการเลือก ซึ่งจะนำไปประมวลผลแยกชนิดออกเป็นเครื่องตัด เครื่องบากมุม และเครื่องเจาะกึ่ง Manual ในภายหลัง

Laser Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องของเครื่องตัดเลเซอร์ที่ได้รับการเลือก รวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Punching Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องของเครื่องเจาะ CNC ที่ได้รับการเลือก รวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

SetPress Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องของเครื่องเจาะกึ่ง Manual ที่ได้รับการเลือก รวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Shearing Machine Model Selection เก็บรุ่นเครื่องของเครื่องตัดที่ได้รับการเลือก รวมทั้งรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่องจักรรุ่นนั้น เพื่อจะสามารถดึงไปแสดงผลในหน้าจอผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

กฎเกณฑ์ที่ใช้ในงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ All Demons (เปรียบเสมือนกับดัก) All Rules (เปรียบเสมือนกฎที่รอการเรียกใช้) และ All When Changed (เปรียบเสมือนขั้นตอนหลักที่โปรแกรมต้องดำเนิน) กฎเกณฑ์เหล่านี้จะถูกปฏิบัติเมื่อการรันของโปรแกรมตรงตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้

4.4.2 ตัวอย่างการทำงานของกฎเกณฑ์ในส่วนของ All Demons

Cutting Thickness Model9 เป็นการกำหนดรหัสช่วงความหนาที่เลือกสำหรับชิ้นงานความหนาปกติและความหนาสูงสุดในกระบวนการทำงานตัด

Length 1200 mm เป็นการกำหนดเลือกรหัสความยาวมาตรฐานของรุ่นเครื่องพับจากรายละเอียดความยาวสูงสุดของการพับชิ้นงาน

Length 2500 mm เป็นการกำหนดเลือกรหัสความยาวมาตรฐานของรุ่นเครื่องพับจากรายละเอียดความยาวสูงสุดของการพับชิ้นงาน

Length Actual เป็นการเปรียบเทียบและกำหนดความยาวสูงสุดในการพับชิ้นงานจากรายละเอียดความยาวของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด

Load Bending เป็นกฎเกณฑ์ในการโหลดเปลี่ยนรูปภาพรุ่นของเครื่องพับ จากการคลิ๊กเลือกดูรายละเอียดรุ่นของผู้ใช้ที่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรกระบวนการทำงานพับ

Load Punching เป็นกฎเกณฑ์ในการโหลดเปลี่ยนรูปภาพรุ่นของเครื่องเจาะ CNC จากการคลิ๊กเลือกดูรายละเอียดรุ่นของผู้ใช้ที่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Load Shearing เป็นกฎเกณฑ์ในการโหลดเปลี่ยนรูปภาพรุ่นของเครื่องตัด จากการคลิ๊กเลือกดูรายละเอียดรุ่นของผู้ใช้ที่หน้าจอแสดงผลลัพธ์หน้าที่สองของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Tensile AL เป็นการกำหนดค่าความต้านทานแรงดึงมาตรฐานของวัสดุชนิดอลูมิเนียมซึ่งผู้ใช้เลือกให้เป็นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติของกระบวนการทำงานพับ

Tensile SPCC2 เป็นการกำหนดค่าความต้านทานแรงดึงมาตรฐานของวัสดุชนิดเหล็กซึ่งผู้ใช้เลือกให้เป็นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาสูงสุดของกระบวนการทำงานพับ

Tensile SUS เป็นการกำหนดค่าความต้านทานแรงดึงมาตรฐานของวัสดุชนิดสเตนเลสซึ่งผู้ใช้เลือกให้เป็นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติของกระบวนการทำงานพับ

Tensile User2 เป็นการกำหนดค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุชนิดอื่น ๆ ซึ่งผู้ใช้ป้อนค่าลงมาและเลือกให้เป็นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาสูงสุดของกระบวนการทำงานพับ

Ton 35 เป็นการกำหนดเลือกรหัสขนาดแรงอัดมาตรฐานของรุ่นเครื่องพับจากรายละเอียดแรงอัดสุทธิสูงสุดที่คำนวณได้ของกระบวนการพับชิ้นงาน

Ton 150 เป็นการกำหนดเลือกรหัสขนาดแรงอัดมาตรฐานของรุ่นเครื่องพับจากรายละเอียดแรงอัดสุทธิสูงสุดที่คำนวณได้ของกระบวนการพับชิ้นงาน

Ton Actual เป็นการเปรียบเทียบและกำหนดแรงอัดสุทธิสูงสุดในการพับชิ้นงานจากรายละเอียดชนิด ความหนาวัสดุ และความยาวของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุดในกระบวนการทำงานพับ

Ton HF 170 เป็นการกำหนดเลือกรหัสขนาดแรงอัดมาตรฐานของรุ่นเครื่องพับชนิดที่ระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านบนลงล่าง ซึ่งประมวลผลจากรายละเอียดแรงอัดสุทธิสูงสุดที่คำนวณได้ของกระบวนการพับชิ้นงาน

4.4.3 ตัวอย่างการทำงานของกฎเกณฑ์ในส่วนของ All When Changed Methods

Back Bending to Main Display OF Action Bending Display เป็นคำสั่งในเลื่อนหน้าจอย้อนกลับจากหน้าจอแสดงผลการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับไปยังหน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม โดยจะมีผลเมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Back to Main Display ซึ่งนอกเหนือจากย้อนกลับหน้าจอแล้วโปรแกรมจะทำการลบผลลัพธ์ที่เลือกไว้ล่าสุดทิ้งไปด้วย เพื่อความถูกต้องของการแสดงผลเมื่อมีการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าบางอย่างแล้วกดปุ่มเดินหน้าไปหาผลลัพธ์อีกครั้ง

Back Cutting to Main Display OF Action Cutting Display เป็นคำสั่งในเลื่อนหน้าจอย้อนกลับจากหน้าจอแสดงผลการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดไปยังหน้าจอเริ่มต้นโปรแกรม โดยจะมีผลเมื่อผู้ใช้ทำการกดปุ่ม Back to Main Display ซึ่งนอกเหนือจากย้อนกลับหน้าจอแล้วโปรแกรมจะทำการลบผลลัพธ์ที่เลือกไว้ล่าสุดทิ้งไปด้วย เพื่อความถูกต้องของการแสดงผลเมื่อมีการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าบางอย่างแล้วกดปุ่มเดินหน้าไปหาผลลัพธ์อีกครั้ง

Bending Model Matching OF Action Bending Execution เป็นการประมวลผลเลือกรุ่นของเครื่องพับและกำหนดรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่อง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเข้าไปดึงข้อมูลในฐานข้อมูล DBASEIII ด้วย

Bending Model Selection OF Action Bending Execution เก็บลำดับขั้นตอนของคำสั่งในช่วงท้ายของการประมวลผลเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q1 OF Action Bending Data ตรวจสอบการป้อนข้อมูลตอบคำถามข้อที่ 1 ของหน้าจอคำถามหน้าแรกในกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ

Check B Q1 to Q5 OF Action Bending Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถาม ในหน้าจอคำถามหน้าแรกของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q11 to input Budjet OF Action Bending Data ตรวจสอบยืนยันให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลค่างบประมาณเป้าหมายซึ่งเป็นการตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 2 ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกว่าต้องการระบุค่างบประมาณของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q6 to Q11 OF Action Bending Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 2 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q12 and Q13 Relation OF Action Bending Data ตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ถูกต้องการเลือกชนิดและความหนาวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติในหน้าจอคำถามหน้าที่ 3 ของกระบวนการทำงานพับ

Check B Q12 to Q17 OF Action Bending Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 3 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q19 to input Tensile OF Action Bending Data ตรวจสอบยืนยันให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาสูงสุด ซึ่งเป็นการตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 4 ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกว่าต้องการระบุค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุเองสำหรับการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q23 OF Action Bending Data ตรวจสอบการป้อนข้อมูลความยาวการพับของชิ้นงานความหนาสูงสุดในหน้าจอคำถามหน้าที่ 4 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q18 to Q23 OF Action Bending Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 4 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check B Q20 with Q14 OF Action Bending Data ตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ถูกต้องของความหนาระหว่างชิ้นงานความหนาสูงสุดและชิ้นงานความหนาปกติในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Check C Q1 OF Action Cutting Data ตรวจสอบการป้อนข้อมูลตอบคำถามข้อที่ 1 ของหน้าจอคำถามหน้าแรกในกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด

Check C Q5 for Yes or No OF Action Cutting Data ตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ถูกต้องของการเลือกตอบคำถามข้อที่ 5 จากผลของการตอบคำถามในข้อที่ 4 ของหน้าจอคำถามหน้าแรกในกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด

Check C Q1 to Q6 OF Action Cutting Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าแรกของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Check C Q7 to Q11 OF Action Cutting Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 2 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Check C Q16 to input Budget OF Action Cutting Data ตรวจสอบยืนยันให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลค่างบประมาณเป้าหมายซึ่งเป็นการตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 3 ในกรณีที่ผู้ใช้เลือกว่าต้องการระบุค่างบประมาณของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Check C Q12 to Q16 OF Action Cutting Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 3 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Check C Q20 for Std or Cut OF Action Cutting Data ตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ถูกต้องของการเลือกตอบคำถามข้อที่ 20 จากผลของการตอบคำถามในข้อที่ 19 ระบุขนาดแผ่นวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติในหน้าจอคำถามหน้าที่ 4 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด

Check C Q17 to Q22 OF Action Cutting Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 4 ของกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Check C Q24 with Q18 OF Action Cutting Data ตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ถูกต้องของความหนาระหว่างชิ้นงานความหนาสูงสุดและชิ้นงานความหนาปกติในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Check C Q23 to Q28 OF Action Cutting Data ตรวจสอบความถูกต้องและความครบถ้วนของการป้อนข้อมูลตอบคำถามในหน้าจอคำถามหน้าที่ 5 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Continue Bending Display1 OF Action Bending Display ตรวจสอบความถูกต้องและควบคุมการเลื่อนหน้าของหน้าจอจากหน้าแรกไปหน้าจอคำถามหน้าที่ 2 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Continue Bending Display3 OF Action Bending Display ตรวจสอบความถูกต้องและควบคุมการเลื่อนหน้าของหน้าจอจากหน้าที่ 3 ไปหน้าจอคำถามหน้าที่ 4 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Continue Cutting Display1 OF Action Cutting Display ตรวจสอบความถูกต้อง และควบคุมการเลื่อนหน้าของหน้าจอจากหน้าแรกไปหน้าจอคำถามหน้าที่ 2 ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Continue Cutting Display5 OF Action Cutting Display ตรวจสอบความถูกต้อง และควบคุมการเลื่อนหน้าของหน้าจอจากหน้าที่ 5 ไปหน้าจอแสดงผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Convert & Matching Cutting Process OF Action Cutting Execution เป็นการประมวลผลเลือกรุ่นของเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด และกำหนดรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่อง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเข้าไปดึงข้อมูลในฐานข้อมูล DBASEIII ด้วย

Convert Result of Bending Series OF Action Bending Execution เป็นคำสั่งในการเปลี่ยนชนิดของข้อมูลชนิดรุ่นของเครื่องพับที่เลือกให้เป็นข้อมูลแบบตัวอักษร

Convert Result of Laser OF Action Cutting Execution เป็นคำสั่งในการเปลี่ยนชนิดของข้อมูลชนิดรุ่นของเครื่องตัดเลเซอร์สำหรับกระบวนการตัดที่เลือกให้เป็นข้อมูลแบบตัวอักษร

Cutting Model Selection OF Action Cutting Execution เก็บลำดับขั้นตอนของคำสั่งในช่วงท้ายของการประมวลผลเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Cutting Thickness Compliance All OF Cutting Thickness Compliance Item ประมวลผลข้อมูลช่วงความหนาวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ และชิ้นงานความหนาสูงสุดของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Define Fabricator Model OF Action Cutting Execution เป็นการประมวลผลแยกเครื่องจักรที่เป็นกระบวนการของเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติออกเป็นชนิด ๆ ของเครื่องตัด เครื่องบากมุม หรือ เครื่องเจาะกึ่ง Manual ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเข้าไปดึงข้อมูลในฐานข้อมูล DBASEIII ด้วย

Forgot Cutting Process Result OF Action Cutting Execution เป็นการลบผลลัพธ์คำตอบของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Forgot Series OF Action Bending Execution เป็นการลบผลลัพธ์คำตอบของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

Load Bitmap OF Action Bending Execution เป็นการโหลดรูปภาพแสดงรุ่นของเครื่องพับที่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ

Load Punching Bitmap OF Action Cutting Bitmap เป็นการโหลดรูปภาพแสดงรุ่นของเครื่องเจาะ CNC ที่หน้าจอแสดงผลลัพธ์การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการตัด

Matching Apelio Model OF Action Cutting Execution เป็นการประมวลผลเลือกรุ่นของเครื่อง combination ระหว่างตัดเลเซอร์กับเจาะ CNC พร้อมทั้งกำหนดรายละเอียดที่สำคัญต่าง ๆ ของเครื่อง ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการเข้าไปดึงข้อมูลในฐานข้อมูล DBASEIII ด้วย

Prepare Data for Typical Job OF Action Bending Execution เป็นการเตรียมข้อมูลและประมวลผลเกี่ยวกับความหนาของวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติในกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับการทำงานพับ

Prepare Data for Maximum Job OF Action Bending Execution เป็นการเตรียมข้อมูลและประมวลผลเกี่ยวกับความหนาของวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาสูงสุดในกระบวนการเลือกเครื่องจักรสำหรับทำงานพับ

Relax Tonnage Calculation OF Action Bending Instruction เป็นการประมวลผลเพื่อผ่อนคลายค่าแรงอัดการพับโดยการเลือกใช้ร่องพับที่มีความกว้างมากกว่าเดิม ซึ่งทำให้แรงอัดที่ต้องการในการพับชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุดมีค่าน้อยลง เป็นผลให้สามารถประมวลผลเลือกเครื่องจักรใหม่อีกครั้ง ซึ่งอาจจะเป็นเครื่องจักรรุ่นที่มีขนาดเล็กลงกว่าเดิม

Size Code Selection OF Action Bending Execution เป็นการประมวลผลเลือกรหัสขนาดที่เป็นขนาดมาตรฐานของเครื่องพับรุ่นต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้ในการเลือกเครื่องจักรรุ่นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการทำงานพับต่อไป

4.4.4 ตัวอย่างการทำงานของกฎเกณฑ์ในส่วนของ All Rules

Apelio 2510V 2kW_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Apelio 2510V ที่มีขนาดกำลังของแหล่งกำเนิด 2 กิโลวัตต์ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

APELIO9 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกชนิดเครื่องจักรเป็นเครื่อง Combination จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานตัด ที่รับเข้าในโปรแกรม

ARIES245II2 เป็นกฎเกณฑ์ในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Aries245II ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบแมคคานิกขนาด 20 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักร รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

ARIES255_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Aries255 ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบแมคคานิกขนาด 20 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

Code Laser Level Five9 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกกำหนดรหัสขนาดรุ่นสำหรับเครื่องตัดเลเซอร์ ซึ่งจะประมวลผลเลือกจากขนาดของแผ่นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุดที่เป็นข้อมูลนำเข้าของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

Code MS SS Over One9 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกกำหนดรหัสขนาดรุ่นสำหรับกระบวนการของเครื่องที่ทำงานกึ่งอัตโนมัติ ซึ่งจะประมวลผลเลือกจากขนาดของแผ่นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด ของกระบวนการทำงานตัด

Code Punch Level Two8 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกกำหนดรหัสขนาดรุ่นสำหรับเครื่องเจาะ CNC ซึ่งจะประมวลผลเลือกจากขนาดของแผ่นวัสดุสำหรับชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุดที่เป็นข้อมูลนำเข้าของการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

COMA557_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Coma557 ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบแมคคานิกขนาด 50 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

CornerShear And PreProcess12 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องตัดและเครื่องบากมุม ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

FBDII EVII2 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น FBDII-NC9EVII ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนชนิดหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม และรหัสขนาดของเครื่องจักร

FBDIII FSI1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องพับที่เหมาะสมเป็นรุ่น FBDIII-NC9FSI ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนชนิดหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ ที่รับเข้าในโปรแกรม

FBDIII LD3 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น FBDIII-NC9LD ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนชนิดหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ ที่รับเข้าในโปรแกรม

FBDIII NT6 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น FBDIII-NT ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนรุ่นที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ ที่รับเข้าในโปรแกรม

FO3015 4kW_2 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น FO3015 ที่มีขนาดกำลังของแหล่งกำเนิด 4 กิโลวัตต์ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

HFE6 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น HFE-OP2000 ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากบนลงล่างชนิดหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ ที่รับเข้าในโปรแกรม

HFT5 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น HFT-CD2000 ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากบนลงล่างชนิดหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความ

ต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ ที่รับเข้าในโปรแกรม

Hydraulic Punch11 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกชนิดเครื่องจักรเป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิก จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานตัด ที่รับเข้าในโปรแกรม

LASER9 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกชนิดเครื่องจักรเป็นเครื่องตัดเลเซอร์ จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานตัด ที่รับเข้าในโปรแกรม

LC1212AIII 2kW_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC1212AIII ที่มีขนาดกำลังของแหล่งกำเนิด 2 กิโลวัตต์ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

LC3015BIII 4kW_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC3015BIII ที่มีขนาดกำลังของแหล่งกำเนิด 4 กิโลวัตต์ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

Mechanical Punch7 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกชนิดเครื่องจักรเป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบแมคคานิก จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานตัด ที่รับเข้าในโปรแกรม

PEGA357_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Pega357 ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบแมคคานิกขนาด 30 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

Quattro2 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น Quattro ที่มีขนาดกำลังของแหล่งกำเนิด 1 กิโลวัตต์ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

RG ATBGII1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น RG-AT/BGII ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนรุ่นพื้นฐานที่สุด โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ

RG EVII1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น RG-NC9EVII ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนรุ่นหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับที่รับเข้าในโปรแกรม

RG LD1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น RG-NC9LD ที่เป็นเครื่องพับแบบระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบนรุ่นหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากข้อมูลความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานพับ ที่รับเข้าในโปรแกรม

Sh #CrSh เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกชนิดเครื่องจักรเป็นเครื่องตัดและเครื่องบากมุม จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานตัดที่รับเข้าในโปรแกรม

Sh #CrSh #SP SS12 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกชนิดเครื่องจักรเป็นเครื่องตัด เครื่องบากมุม และเครื่องเจาะกึ่ง Manual จากข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของงานและความต้องการส่วนบุคคลสำหรับกระบวนการทำงานตัดที่รับเข้าในโปรแกรม

SP30II SS104IV And PreProcess2 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องตัด เครื่องบากมุม และเครื่องเจาะกึ่ง Manual ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

VIPROS2510C_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Vipros2510C ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาด 20 ตัน ซึ่งทำงานกับชิ้นงานมาตรฐานขนาด 4’x8’ ได้โดยไม่ต้องทำการรีโพสิชัน(Reposition) โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

VIPROS2510K_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Vipros2510King ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาด 20 ตัน ที่มีความเร็วสูงที่สุดรุ่นหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

VIPROS255_2 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Vipros255 ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาด 20 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

VIPROS357Q_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Vipros357Queen ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

VIPROS358K_3 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Vipros358King ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาด 30 ตัน ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดรุ่นหนึ่ง โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

VIPROS558_1 เป็นกฎเกณฑ์ข้อหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรรุ่น Vipros558 ที่เป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาด 50 ตัน โดยจะประมวลผลเลือกจากชนิดเครื่องจักรที่เหมาะสม รหัสขนาดของเครื่องจักร และรหัสช่วงความหนาของวัสดุ

4.5 การออกแบบโปรแกรม และผังการไหลของงาน

การออกแบบโปรแกรมจะใช้ผังการไหลของงาน (Flowchart) เพื่อจัดระเบียบ และเพื่อแทนลำดับขั้นของคำสั่งต่างๆ ให้ง่ายต่อการเข้าใจ ซึ่งจะช่วยลดเวลาการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมในภายหลัง ผังงานที่ใช้เป็นผังงานระดับกว้างหรือผังการไหลของงานระบบ (System Flowchart) ใช้แสดงลำดับขั้นตอนในการทำงานของระบบอย่างกว้าง ๆ

ขั้นตอนของการออกแบบโปรแกรมมีอยู่ 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1) วิเคราะห์จัดประเภทของข้อมูล และทำความเข้าใจข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเป็นรายละเอียดดังต่อไปนี้

   - ส่วนนำเข้า (Input) เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่โปรแกรมจะรับมาจากการตอบคำถามและป้อนข้อมูลของผู้ใช้ เช่น เมื่อรันโปรแกรมแล้ว จะมีหน้าจอกำหนดรายละเอียดความต้องการของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้ที่ต้องการเลือกเครื่องจักร ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.3.4

   - ส่วนการประมวลผล ได้แก่ การคำนวณ การเรียบเรียงลำดับขั้นของข้อมูล และการเลือกคำตอบของระบบ เช่น ในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการพับ เมื่อผู้ใช้ป้อนค่าชนิด ความหนา ความต้านทานแรงดึงของวัสดุ ระบุค่าความยาวการพับเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมก็จะทำการคำนวณแรงอัดที่จำเป็นต้องใช้สำหรับชิ้นงานที่ความหนาปกติ และชิ้นงานที่ความหนาสูงสุด จากนั้นทำการเปรียบเทียบหาค่าแรงอัดสุทธิสูงสุดที่จำเป็นต้องใช้ เปรียบเทียบหาค่าความยาวการพับสูงสุดของชิ้นงาน และนำค่าแรงอัดและความยาวไปประมวลผลหารหัสขนาดรุ่นของเครื่องพับโดยการเข้าไปดึงข้อมูลจากแฟ้มใน DBASEIII จากนั้นนำรหัสขนาดรุ่นของเครื่องพับไปประมวลผลรวมกับข้อมูลนำเข้าอื่น ๆ เพื่อเลือกรุ่นของเครื่องพับที่เหมาะสมให้กับผู้ใช้ เป็นต้น

   - ส่วนนำออก (Output) เมื่อโปรแกรมประมวลผลกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในการเลือกเครื่องจักรแล้วจะได้คำตอบว่าเครื่องจักรรุ่นที่เหมาะสมกับลักษณะงานและความต้องการของผู้ใช้เป็นเครื่องจักรรุ่นไหน ขนาดเท่าไร จากนั้นส่วนนำออกจะทำการดึงข้อมูลชื่อรุ่นและรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรรุ่นนั้นจากแฟ้มข้อมูลใน DBASEIII มาบันทึกเป็น Instances ของคลาสซึ่งเก็บข้อมูลของเครื่องจักรที่เลือก และส่วนนำออกจะแสดงผลลัพธ์ให้กับผู้ใช้ทางหน้าจอแสดงคำตอบของระบบ

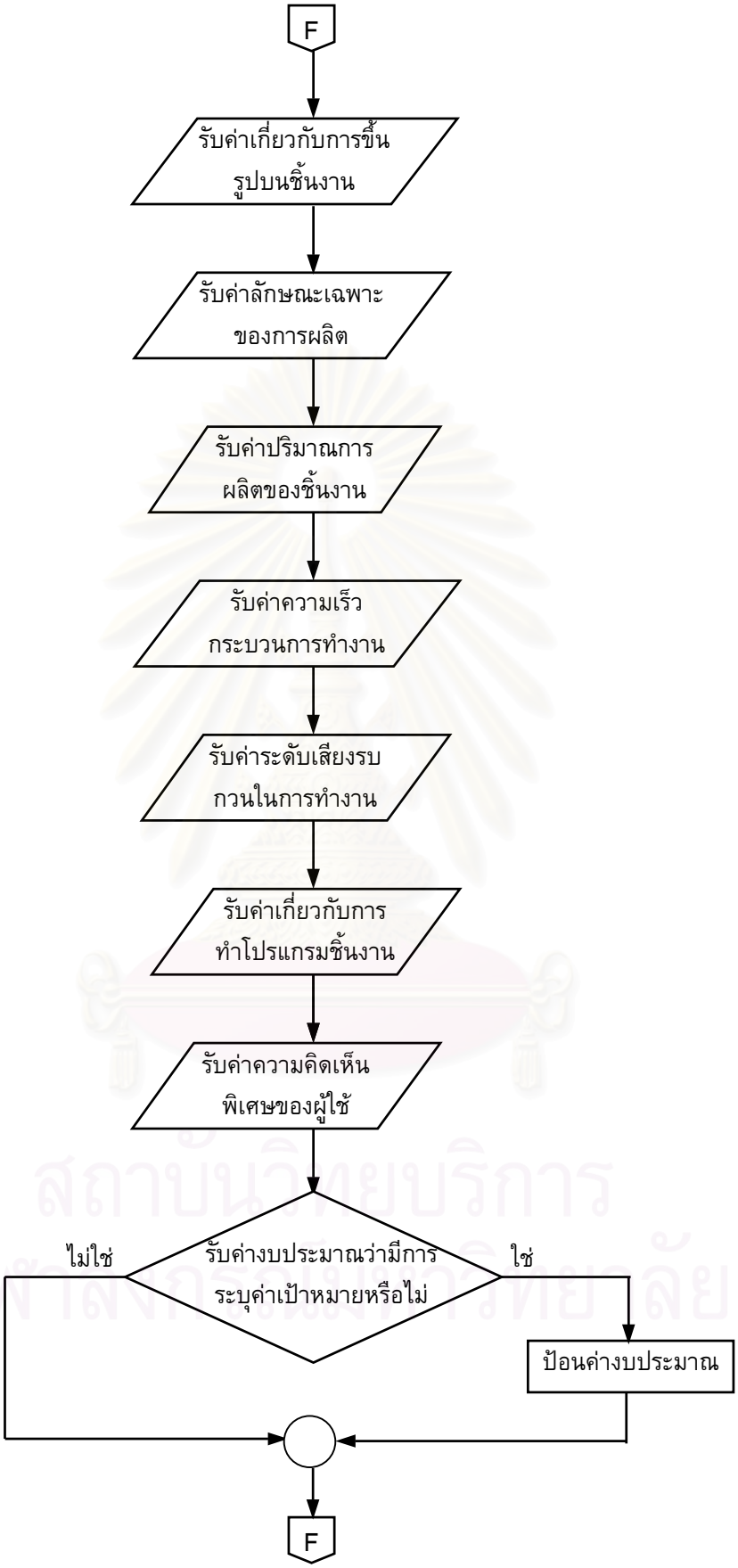
2) การสังเคราะห์โดยการนำข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ของระบบ และข้อมูลที่มาจากการประมวลผลเพิ่มเติมจากข้อมูลนำเข้าของระบบ รวมทั้งข้อมูลนำออกมาประกอบขึ้นเป็นผังงานโปรแกรมโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นแบบโมดูล (Module) ดังแสดงในรูปที่ 4.28 ถึงรูปที่ 4-29

3) การทดสอบแบบลองผิดลองถูกหลาย ๆ ครั้งแล้วก็ปรับแต่งให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นและได้ผลลัพธ์ตามที่ควรจะเป็น

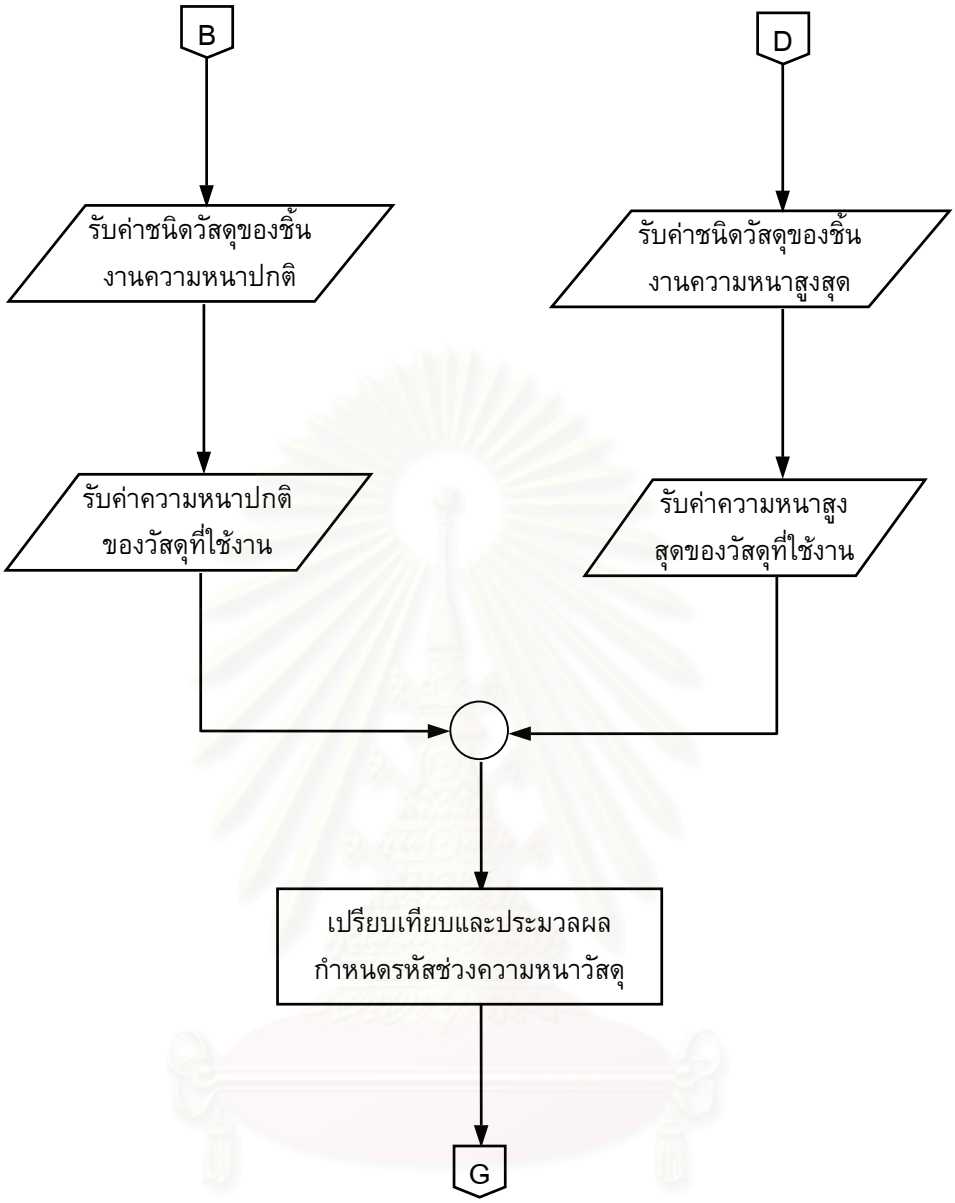
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.28 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

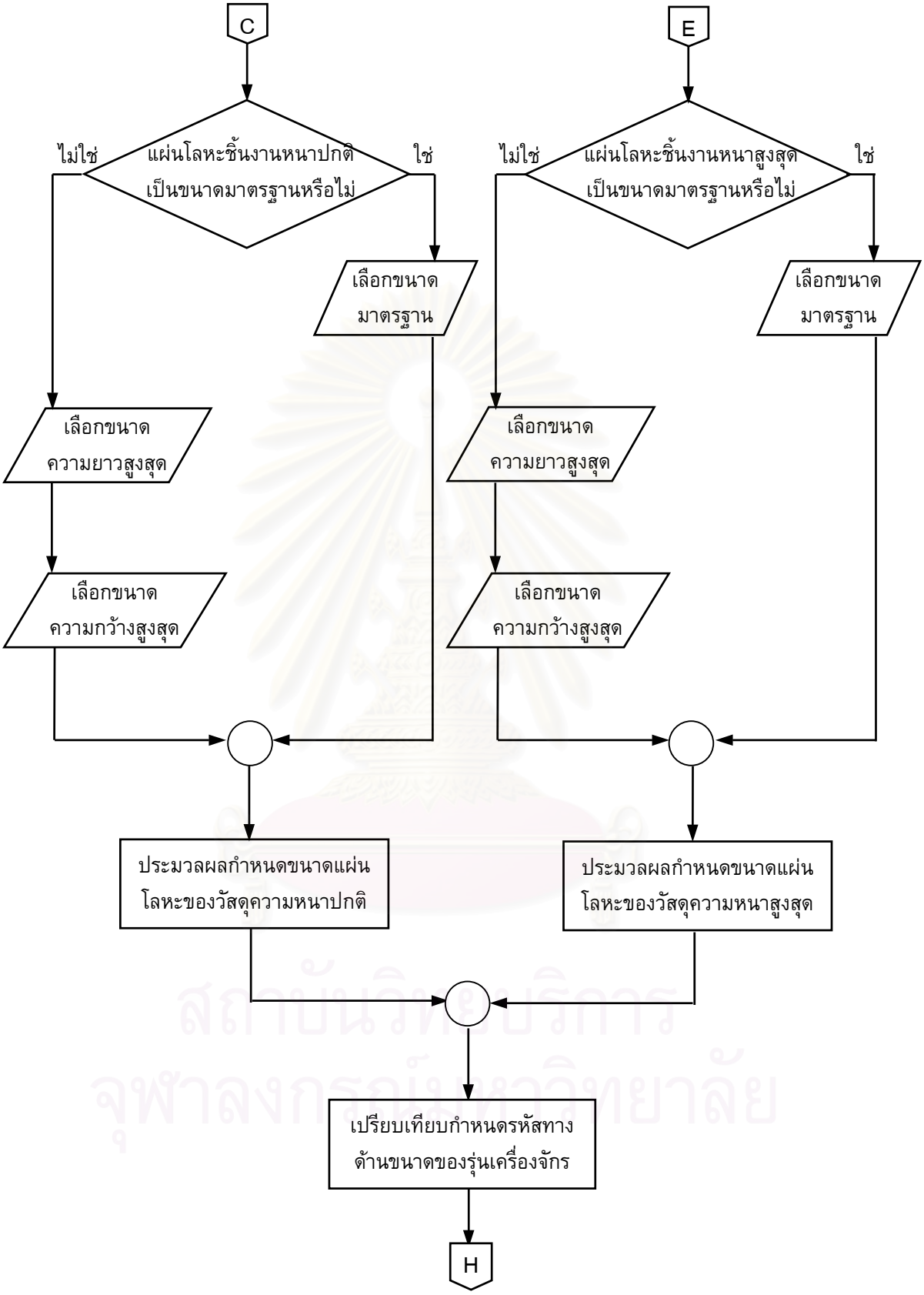


รูปที่ 4.28 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด (ต่อ)

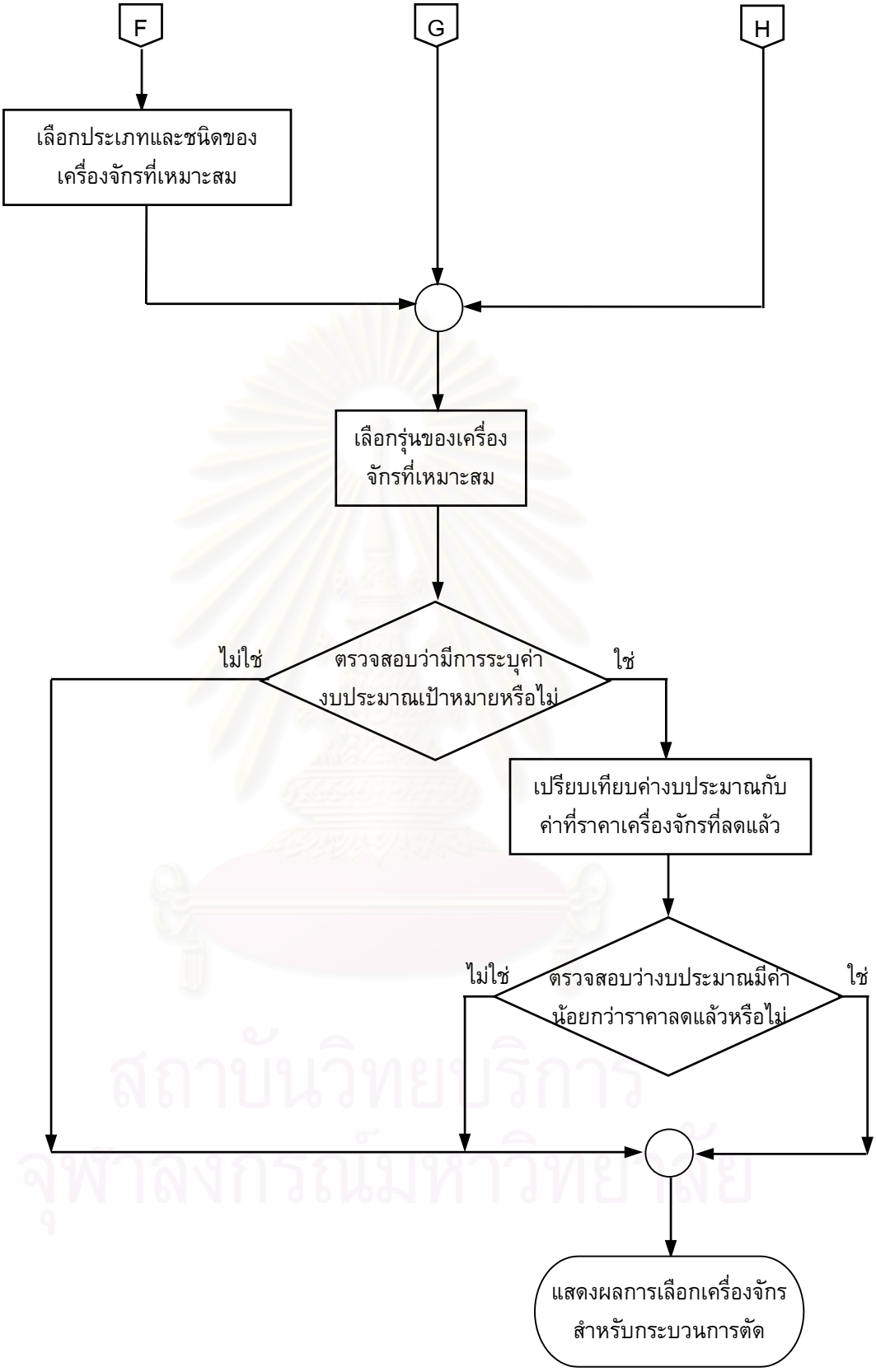


รูปที่ 4.28 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

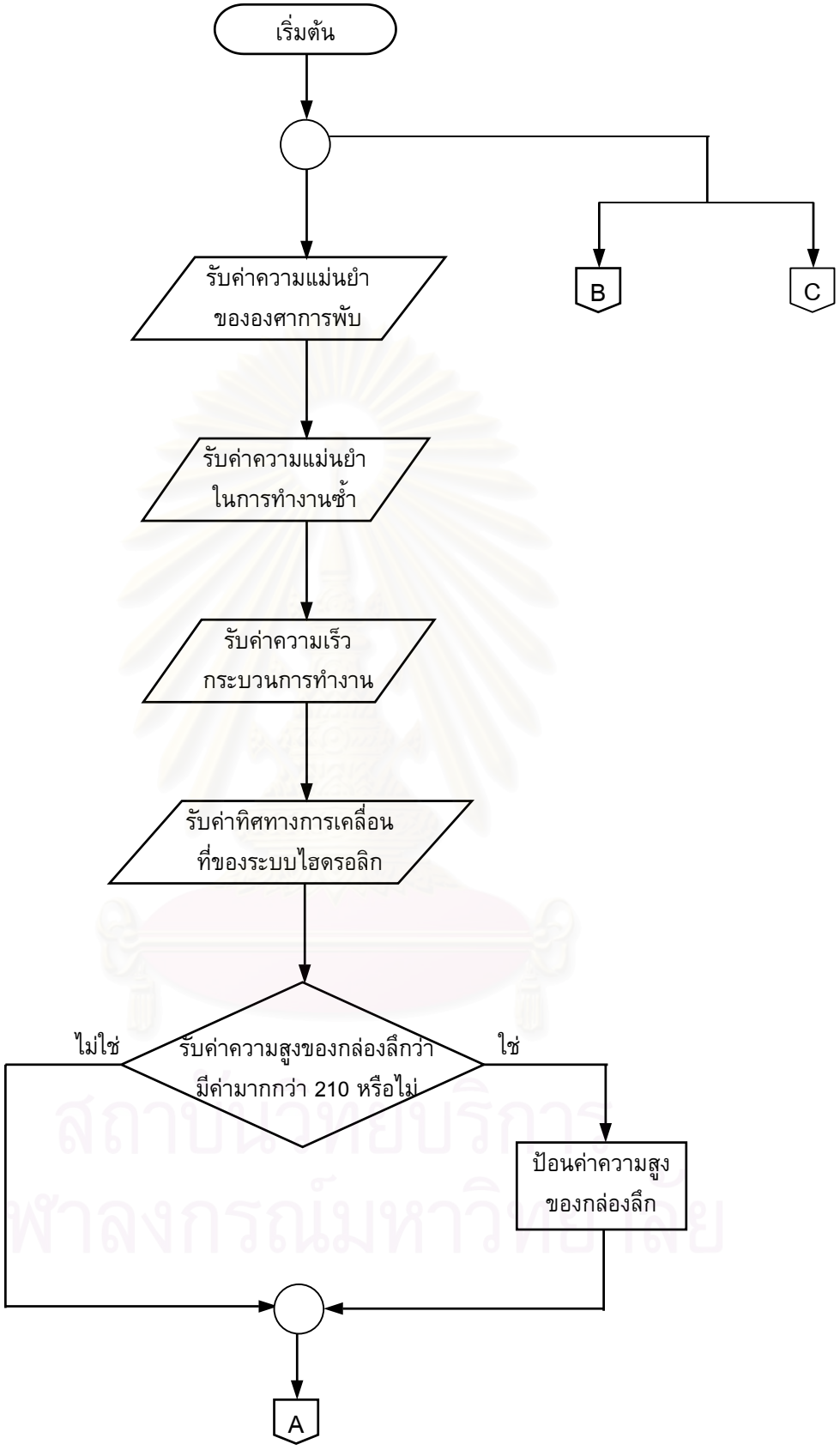


รูปที่ 4.28 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด (ต่อ)

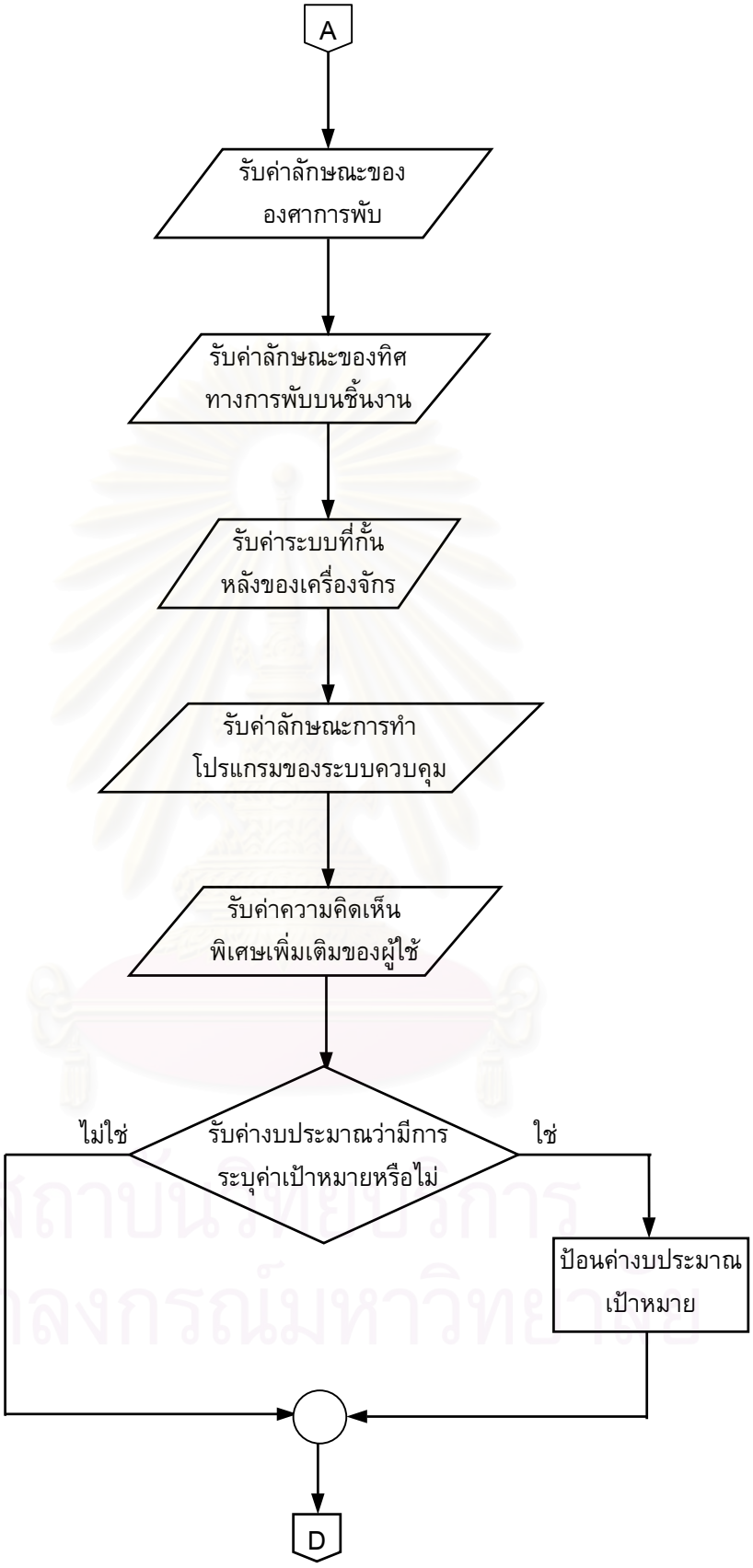


รูปที่ 4.28 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด (ต่อ)

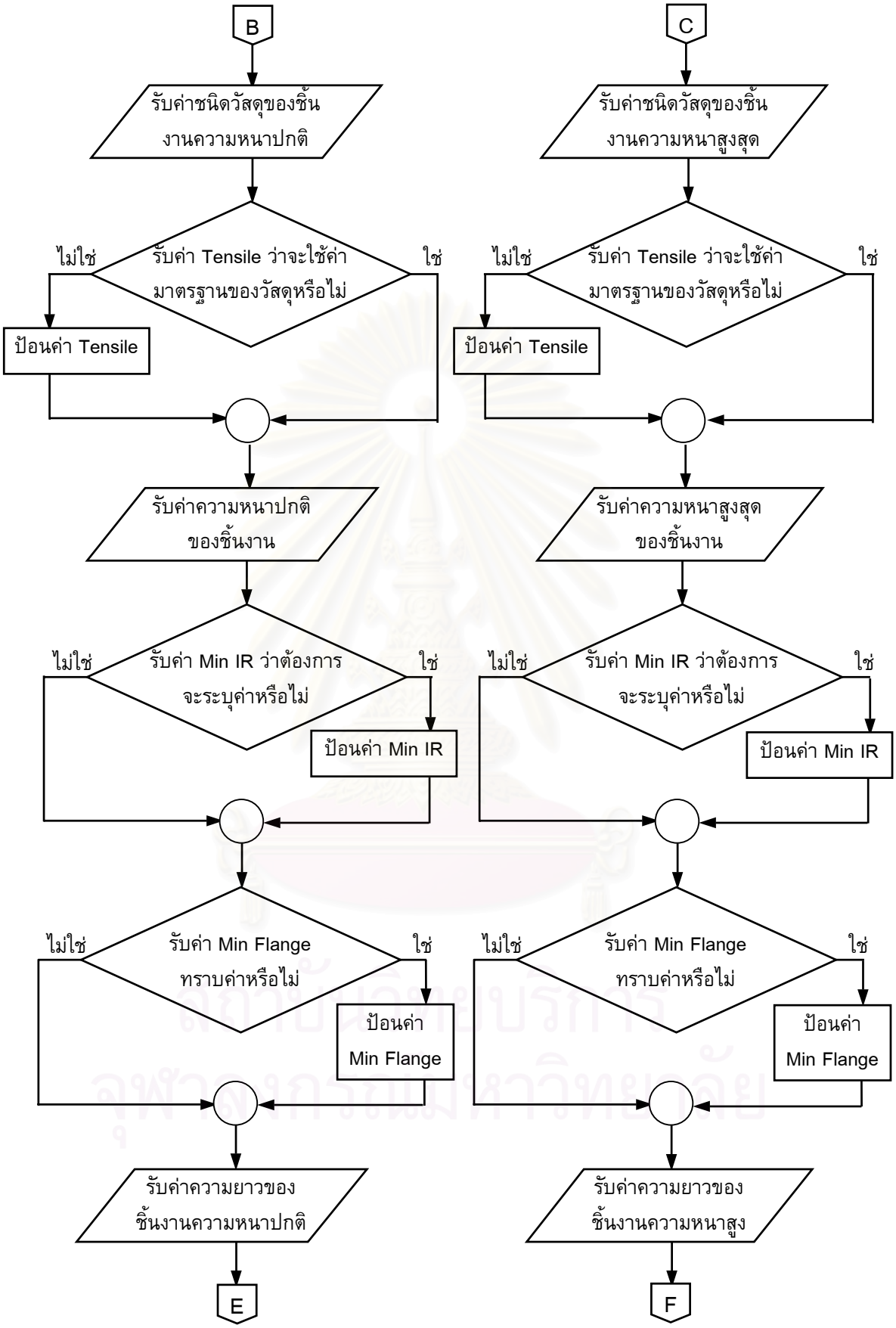
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



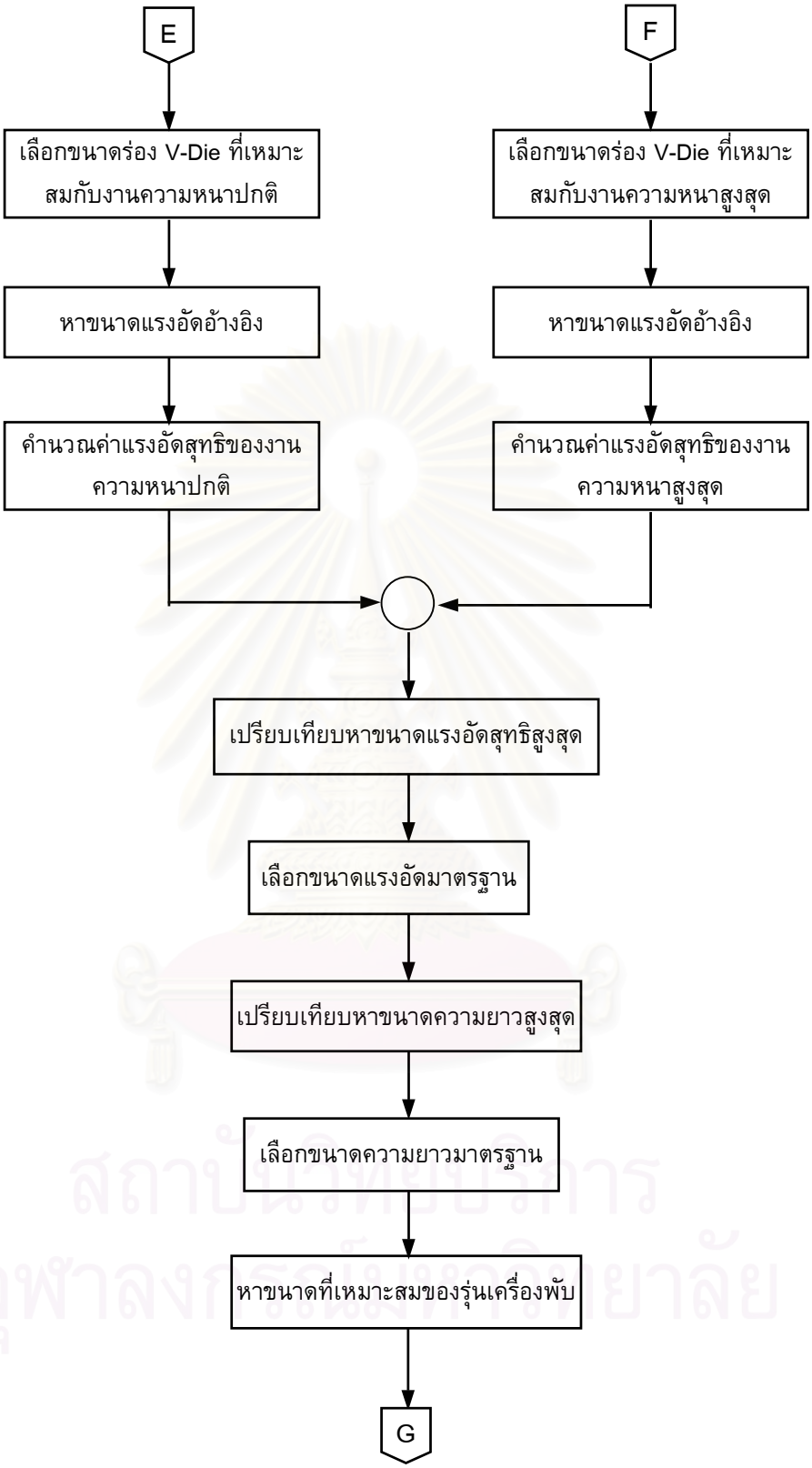
รูปที่ 4.29 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ



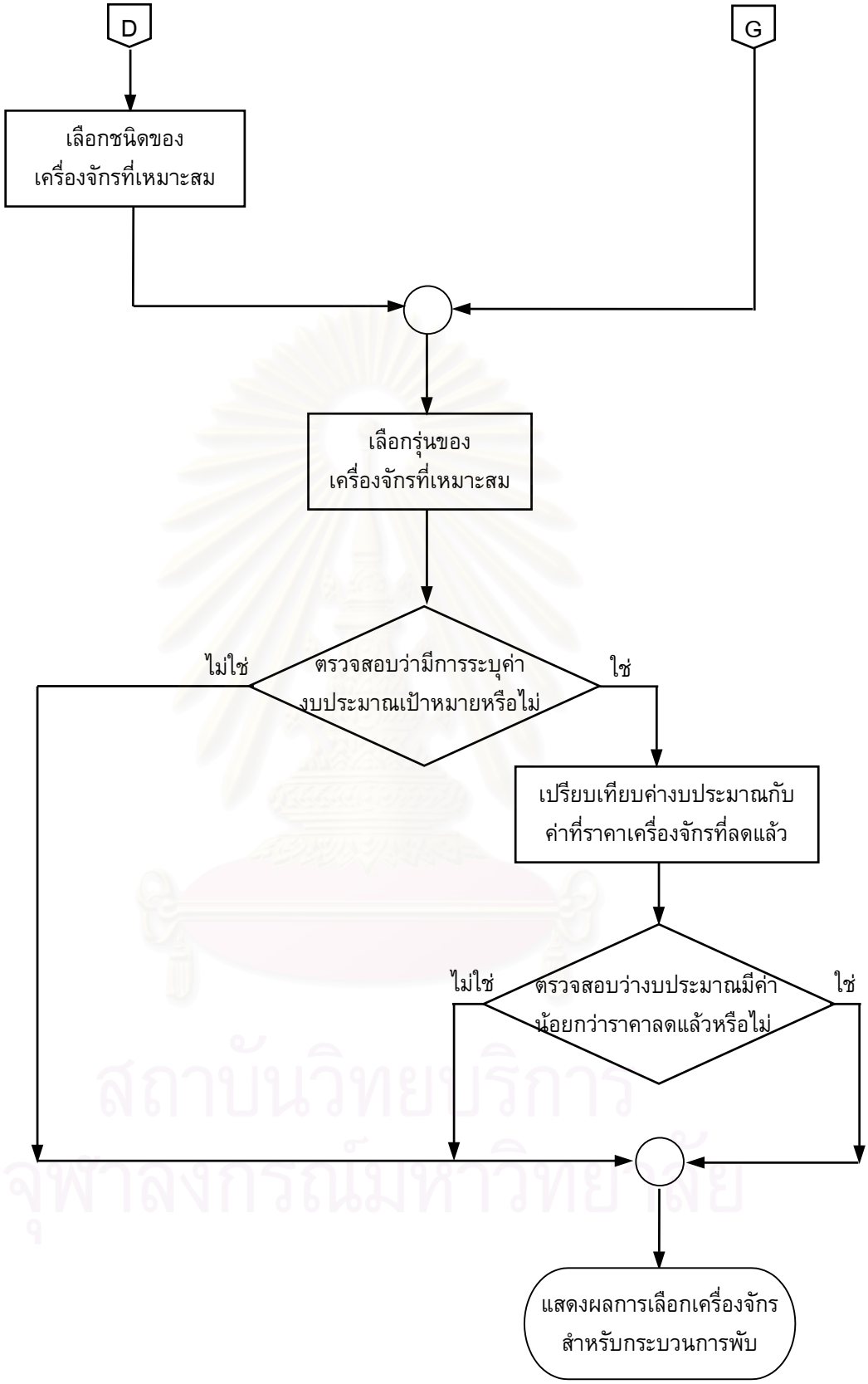
รูปที่ 4.29 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ (ต่อ)



รูปที่ 4.29 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ (ต่อ)



รูปที่ 4.29 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ (ต่อ)



รูปที่ 4.29 ผังงานการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานพับ (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 สรุป

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงการสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น โดยโปรแกรม Level5 Object Release3.6 ซึ่งเครื่องมือสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญแบบ Hybrid ซึ่งจะแบ่งระบบออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนฐานข้อมูล จะใช้ DBASEIII และส่วนของระบบผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง คือ ฐานความรู้ กลไกการวินิจฉัย และการติดต่อกับผู้ใช้ ทั้ง 2 ส่วนจะใช้โปรแกรม ODBC16BIT (Open Database Connectivity) ในการเชื่อมโยง โดยระบบผู้เชี่ยวชาญจะใช้ภาษา SQL (Structured Query Language) ซึ่งเป็นภาษาเกี่ยวกับการจัดการฐานข้อมูลในการเรียกใช้ ODBD16BIT และกล่าวถึงตัวอย่างของอ๊อปเจค กฎเกณฑ์การอนุมานแบบต่าง ๆ รวมทั้งหลักในการออกแบบโปรแกรมสำหรับการเลือกเครื่องจักรทั้งสองกระบวนการทำงาน คือ กระบวนการทำงานตัด และกระบวนการทำงานพับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การทดสอบการทำงานของโปรแกรม

5.1 บทนำ

ในบทนี้ผู้วิจัยจะทำการแสดงตัวอย่างการเลือกเครื่องจักรโดยการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นเปรียบเทียบกับวิธีการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ โดยที่มีบทวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ถึงเหตุผลในการเลือกเครื่องจักรรุ่นนั้น ๆ ประกอบด้วย สำหรับตัวอย่างการเลือกจะมีด้วยกันทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยที่เป็นตัวอย่างในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดจำนวน 3 ตัวอย่าง และเป็นตัวอย่างสำหรับกระบวนการทำงานพับอีก 2 ตัวอย่าง ดังต่อไปนี้

5.2 แอททริบิวต์ในหน้าจอคำถามสำหรับผู้ใช้

ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น จะมีหน้าจอติดต่อกับผู้ใช้ซึ่งรับคำถามที่สำคัญเกี่ยวกับลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของลูกค้า โดยข้อมูลป้อนเข้าเหล่านั้นจะเป็นแอททริบิวต์ที่สำคัญซึ่งนำไปใช้ในการประมวลผลเลือกเครื่องจักรที่ถูกต้องและเหมาะสมต่อไป สำหรับแอททริบิวต์ในหน้าจอคำถามสำหรับการเลือกเครื่องจักรในกระบวนการทำงานตัด และกระบวนการทำงานพับก็มีอยู่มากมายหลายข้อ บางข้อก็เป็นข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative) บางข้อก็เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative) ข้อมูลที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นคำอธิบายของแอททริบิวต์ทั้งหมดในหน้าจอคำถาม รวมทั้งแหล่งที่มาของข้อมูลที่จะถามลูกค้าว่าต้องการข้อมูลจากส่วนไหนด้วย

5.2.1 แอททริบิวต์สำหรับการเลือกเครื่องจักรกระบวนการตัด

1) ความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงาน

1.1) ทางเลือกของคำตอบ

- สูง
- ปานกลาง

1.2) คำอธิบาย

- สำหรับความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงานสูง หมายถึงชิ้นงานที่ได้รับจะมีความแม่นยำค่อนข้างจะแน่นอนตามสเป็คของเครื่องจักร เช่น $\pm$ 0.1

มิลลิเมตร โดยที่มีอิทธิพลของมนุษย์ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยมาก

- สำหรับความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงานปานกลาง หมายถึงชิ้นงานที่ได้รับอาจจะมีความแม่นยำตรงกับสเป็คของเครื่องจักรหรืออาจจะมีการคลาดเคลื่อนบ้างขึ้นอยู่กับความตั้งใจและความละเอียดละออของผู้ปฏิบัติงานด้วย ซึ่งผลที่ได้อาจจะมีความแม่นยำอยู่ในช่วงของตัวเลขที่หยาบกว่า เช่น $\pm$ 0.1 ถึง 1.0 มิลลิเมตร

1.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้นยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนระดับใด

2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร

2.1) ทางเลือกของคำตอบ

- สูง
- ปานกลาง

2.2) คำอธิบาย

- สำหรับความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักรสูง หมายถึงความแม่นยำของชิ้นงานแต่ละชิ้นจะมีความสม่ำเสมอแน่นอนตามสเป็คของเครื่องจักร เช่น $\pm$ 0.1 มิลลิเมตร โดยที่มีอิทธิพลของมนุษย์ซึ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานเข้ามาเกี่ยวข้องน้อยมาก
- สำหรับความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักรปานกลาง หมายถึงชิ้นงานที่ได้รับอาจจะมีความแม่นยำที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความตั้งใจและความละเอียดละออของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก ซึ่งผลที่ได้อาจจะมีความแม่นยำอยู่ในช่วงของตัวเลขที่หยาบกว่า เช่น $\pm$ 0.1 ถึง 1.0 มิลลิเมตร เป็นต้น

2.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้นต้องการความแม่นยำและความสม่ำเสมอระดับใด

3) รูปร่างภายนอกของชิ้นงาน

3.1) ทางเลือกของคำตอบ

- รูปร่างง่าย ๆ มีการบากมุม และบากขอบเล็กน้อย
- รูปร่างซับซ้อน เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นตรง
- รูปร่างซับซ้อน เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นโค้ง

3.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีรูปร่างลักษณะของแนวเส้นรอบรูปเป็นแบบใด

4) รูภายในของชิ้นงาน

4.1) ทางเลือกของคำตอบ

- มีรูภายใน
- ไม่มีรูภายใน

4.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีรูการตัดการเจาะอยู่ภายในของเส้นรอบรูปชิ้นงานหรือไม่

5) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน

5.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เป็นรูรูปร่างมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยม และ ฯลฯ)
- เป็นรูรูปร่างพิเศษ เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นตรง
- เป็นรูรูปร่างพิเศษ เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นโค้ง

5.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีรูปร่างของรูภายในชิ้นงานเป็นรูปแบบลักษณะใด มีแนวเส้นรอบรูปของรูเป็นแบบใด

6) ปริมาณรูภายในของชิ้นงาน

6.1) ทางเลือกของคำตอบ

- มีจำนวนรูน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 รู
- มีจำนวนรูมากกว่า 50 รู

6.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีจำนวนของรูภายในชิ้นงานโดยเฉลี่ยทั้งหมดจำนวนกี่รู

7) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน

7.1) ทางเลือกของคำตอบ

- มีชนิดของรูน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ชนิด

- มีชนิดของรูระหว่าง 6 ถึง 25 ชนิด
- มีชนิดของรูระหว่าง 26 ถึง 50 ชนิด
- มีชนิดของรูมากกว่า 50 ชนิด

7.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีจำนวนชนิดของรูภายในที่แตกต่างกันโดยเฉลี่ยทั้งหมดจำนวนกี่ชนิด

8) ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรู

8.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เป็นรูปแบบง่าย ๆ ระยะห่าง X และ Y เท่ากัน
- เป็นรูปแบบซับซ้อน

8.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรูภายในชิ้นงานเป็นแบบใด

9) บนชิ้นงานมีการขึ้นรูปหรือไม่

9.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่มีการขึ้นรูป
- มีขึ้นรูป คุณภาพปานกลาง
- มีขึ้นรูป คุณภาพสูง

9.2) คำอธิบาย

- สำหรับชิ้นงานที่มีการขึ้นรูปคุณภาพปานกลาง หมายถึงเครื่องจักรมีความสามารถที่จะขึ้นรูปชิ้นงานให้มีรูปร่างตามที่ต้องการได้ แต่ผลลัพธ์ของการขึ้นรูปสามารถยอมรับได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น อาจจะไม่สามารถปรับตั้งให้มีคุณภาพและความสวยงามได้ละเอียดอย่างที่เราต้องการก็ได้
- สำหรับชิ้นงานที่มีการขึ้นรูปคุณภาพสูง หมายถึงเครื่องจักรมีความสามารถที่จะขึ้นรูปชิ้นงานให้มีรูปร่างตามที่ต้องการได้ และผลลัพธ์ของการขึ้นรูปสามารถที่จะปรับตั้งให้มีคุณภาพและความสวยงามได้ละเอียดด้วย

9.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคลผสมผสานกัน ว่าแบบแผ่นคลี่ของชิ้นงานที่จะผลิตนั้น มีการขึ้นรูปภายในชิ้นงานหรือไม่ และคุณภาพการขึ้นรูปที่ต้องการอยู่ในระดับใด

10) ลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิต

10.1) ทางเลือกของคำตอบ

- จำนวนชนิดมากและผลิตในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ
- จำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว
- เป็นงานต้นแบบ และต้องการผลิตอย่างเร่งด่วน
- จำนวนชนิดน้อยและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว

10.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าลักษณะการผลิตของชิ้นงานโดยปกติแล้วเป็นการผลิตในรูปแบบใด

11) ปริมาณการผลิต

11.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่เกินหลักร้อยต่อเดือน
- ปริมาณโดยเฉลี่ยในหลักพันต่อเดือน
- ปริมาณโดยเฉลี่ยในหลักหมื่นต่อเดือน

11.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคลผสมผสานกัน ว่าปริมาณการผลิตของชิ้นงานโดยปกติแล้วอยู่ในระดับใดหรืออาจจะปริมาณการผลิตที่คาดหวังในอนาคตก็ได้

12) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร

12.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ระดับปานกลาง
- ระดับสูง
- ระดับสูงมาก

12.2) คำอธิบาย

- สำหรับความเร็วในการทำงานของเครื่องจักรระดับปานกลาง หมายถึงสเป็คความเร็วของเครื่องจักรประเภทเดียวกันซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงานอยู่ในระดับพอใช้ แต่ถ้าให้ทำงานพร้อมกันกับรุ่นที่สเป็คความเร็วสูงกว่าอาจจะสามารถรับรู้ด้วยความรู้สึกได้ว่าความเร็วช้ากว่า ทั้ง ๆ ปริมาณการผลิตที่ได้อาจจะไม่แตกต่างกันมากนัก
- สำหรับความเร็วในการทำงานของเครื่องจักรระดับสูง หมายถึงสเป็คความเร็วของเครื่องจักรประเภทเดียวกันซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงานอยู่ในระดับสูงกว่าระดับพอใช้ ซึ่งได้มีการจำหน่ายอย่างแพร่หลายกว่า

- สำหรับความเร็วในการทำงานของเครื่องจักรระดับสูงมาก หมายถึง สเป็คความเร็วของเครื่องจักรประเภทเดียวกันซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงานอยู่ในระดับสูงที่สุด

12.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่าเครื่องจักรที่ต้องการจะซื้อไปนั้น ถ้าใช้ความรู้สึกวัดแล้วต้องการเครื่องที่มีสเป็คความเร็วในระดับใด

13) ระดับเสียงรบกวนในการทำงาน

13.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ระดับเสียงรบกวนแบบใดก็ได้
- เสียงรบกวนต่ำ
- ไม่มีเสียงรบกวน

13.2) คำอธิบาย

- ระดับเสียงรบกวนในการทำงานแบบใดก็ได้ หมายถึงยอมรับที่จะใช้เครื่องจักรชนิดที่ใช้แรงในการทำงาน หรือไม่ใช้แรงก็ได้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งถ้าผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรเป็นชนิดที่ใช้แรงในการทำงาน ก็ไม่ได้มีข้อจำกัดลงไปว่าต้องการเครื่องที่มีเสียงรบกวนในการทำงานน้อยที่สุด
- ระดับเสียงรบกวนในการทำงานต่ำ หมายถึงยอมรับที่จะใช้เครื่องจักรชนิดที่ใช้แรงในการทำงาน หรือไม่ใช้แรงก็ได้ แต่ถ้าผลลัพธ์ออกมาเป็นเครื่องจักรชนิดที่ใช้แรงในการทำงานแล้ว เครื่องจักรรุ่นที่เลือกนั้นจะต้องมีระดับเสียงรบกวนในการทำงานต่ำหรือน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- ไม่มีระดับเสียงรบกวนในการทำงาน หมายถึงต้องการเครื่องจักรชนิดที่ไม่ได้ใช้แรงในการทำงาน ซึ่งไม่เกิดเสียงรบกวนเลยหรือเกิดเสียงรบกวนน้อยมาก

13.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่าเครื่องจักรที่ต้องการนั้นยอมรับที่จะให้มีระดับเสียงรบกวนในระดับใด

14) การทำโปรแกรมหรือระบบควบคุมเครื่องจักร

14.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ทำงานแบบ CAD/CAM และระบบควบคุมเครื่องจักรชนิด CNC
- ป้อนโปรแกรมแบบ Manual และระบบควบคุมชนิด NC
- ทำการปรับตั้งแบบ Manual

14.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่าต้องการให้มีการทำโปรแกรมหรือใช้ระบบควบคุมเครื่องจักรแบบใด

15) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ

15.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่มีความเห็นเพิ่มเติม
- ต้องการให้รอยตัดของชิ้นงานไม่มีครีบและรอยต่อของแม่พิมพ์
- ต้องการเครื่องตัดเลเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด
- ต้องการเครื่องเจาะ CNC ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด
- ต้องการทางเลือกที่เป็นการลงทุนต่ำ

15.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่ามีความต้องการอะไรพิเศษเพิ่มเติมหรือไม่

16) งบประมาณ

16.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุ
- ค่าประมาณการของงบประมาณ = ...

16.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่าต้องการระบุงบประมาณในการซื้อหรือไม่ และมีค่าเท่ากับอะไร

17) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ

17.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เหล็กชนิดต่าง ๆ
- เหล็กสเตนเลส
- อลูมิเนียมหรือทองแดง
- วัสดุอื่น ๆ

17.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่าเป็นวัสดุชนิดใด

18) ความหนาปกติ

18.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ความหนาตั้งแต่ 0.4 ถึง 30.0 มิลลิเมตร

18.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่ามีความหนาเท่ากับค่าใด

19) ขนาดของแผ่นวัสดุ

19.1) ทางเลือกของคำตอบ

- แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
- แผ่นวัสดุที่ตัดให้ได้ขนาดเฉพาะมาก่อน

19.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุชนิดใด

20) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน (เมื่อเลือกคำตอบแรกในข้อที่ 19)

20.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ขนาดมาตรฐาน 3’ x 6’
- ขนาดมาตรฐาน 4’ x 4’
- ขนาดมาตรฐาน 4’ x 8’
- ขนาดมาตรฐาน 5’ x 10’

20.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุมาตรฐานขนาดใด

21) ความยาวสูงสุดของขนาดแผ่นตัด (เมื่อเลือกคำตอบที่สองในข้อที่ 19)

21.1) ทางเลือกของคำตอบ

- น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1000 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1001 ถึง 1250 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1251 ถึง 1500 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1501 ถึง 2500 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 2501 ถึง 3000 มิลลิเมตร
- มากกว่า 3000 มิลลิเมตร

21.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุที่ตัดให้ได้ขนาดเฉพาะด้วยความยาวสูงสุดของขนาดแผ่นตัดเท่าใด

22) ความกว้างสูงสุดของขนาดแผ่นตัด (เมื่อเลือกคำตอบที่สองในข้อที่ 19)

22.1) ทางเลือกของคำตอบ

- น้อยกว่าหรือเท่ากับ 800 มิลลิเมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- มีค่าระหว่าง 801 ถึง 1000 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1001 ถึง 1250 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1251 ถึง 1500 มิลลิเมตร

22.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุที่ตัดให้ได้ขนาดเฉพาะด้วยความกว้างสูงสุดของขนาดแผ่นตัดเท่าใด

23) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด

23.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เหล็กชนิดต่าง ๆ
- เหล็กสเตนเลส
- อลูมิเนียมหรือทองแดง
- วัสดุอื่น ๆ

23.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุดว่าเป็นวัสดุชนิดใด

24) ความหนาสูงสุด

24.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ความหนาตั้งแต่ 0.4 ถึง 30.0 มิลลิเมตร

24.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่ามีความหนาเท่ากับค่าใด

25) ขนาดของแผ่นวัสดุ

25.1) ทางเลือกของคำตอบ

- แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
- แผ่นวัสดุที่ตัดให้ได้ขนาดเฉพาะมาก่อน

25.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุชนิดใด

26) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน (เมื่อเลือกคำตอบแรกในข้อที่ 25)

26.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ขนาดมาตรฐาน 3’ x 6’
- ขนาดมาตรฐาน 4’ x 4’
- ขนาดมาตรฐาน 4’ x 8’

- ขนาดมาตรฐาน 5’ x 10’

26.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุมาตรฐานขนาดใด

27) ความยาวสูงสุดของขนาดแผ่นตัด (เมื่อเลือกคำตอบที่สองในข้อที่ 25)

27.1) ทางเลือกของคำตอบ

- น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1000 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1001 ถึง 1250 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1251 ถึง 1500 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1501 ถึง 2500 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 2501 ถึง 3000 มิลลิเมตร
- มากกว่า 3000 มิลลิเมตร

27.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุที่ตัดให้ได้ขนาดเฉพาะด้วยความยาวสูงสุดของขนาดแผ่นตัดเท่าใด

28) ความกว้างสูงสุดของขนาดแผ่นตัด (เมื่อเลือกคำตอบที่สองในข้อที่ 25)

28.1) ทางเลือกของคำตอบ

- น้อยกว่าหรือเท่ากับ 800 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 801 ถึง 1000 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1001 ถึง 1250 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 1251 ถึง 1500 มิลลิเมตร

28.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่าใช้ขนาดแผ่นวัสดุที่ตัดให้ได้ขนาดเฉพาะด้วยความกว้างสูงสุดของขนาดแผ่นตัดเท่าใด

5.2.2 แอททริบิวต์สำหรับการเลือกเครื่องจักรกระบวนการพับ

1) ความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงาน

1.1) ทางเลือกของคำตอบ

- สูง
- ปานกลาง

1.2) คำอธิบาย

- สำหรับความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงานสูง หมายถึงชิ้นงานที่ได้รับจะมีความแม่นยำตลอดแนวยาวการพับสูง อยู่ในระดับประมาณ ± 15 ถึง 30 ลิปดา
- สำหรับความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงานปานกลาง หมายถึงชิ้นงานที่ได้รับจะมีความแม่นยำตลอดแนวยาวการพับปานกลางอยู่ในระดับ ± 30 ลิปดา ถึง 1 องศา

1.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลัก ว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้นยอมรับค่าความคลาดเคลื่อนระดับใด

2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร

2.1) ทางเลือกของคำตอบ

- สูง
- ปานกลาง

2.2) คำอธิบาย

- สำหรับความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักรสูง หมายถึงความแม่นยำของชิ้นงานแต่ละชิ้นจะมีความสม่ำเสมอเท่ากันสูง อยู่ในระดับประมาณ ± 15 ถึง 30 ลิปดา
- สำหรับความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักรปานกลาง หมายถึงความแม่นยำของชิ้นงานแต่ละชิ้นจะมีความสม่ำเสมอเท่ากันปานกลาง อยู่ในระดับประมาณ ± 30 ลิปดา ถึง 1 องศา

2.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลักว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้นต้องการความแม่นยำและความสม่ำเสมอระดับใด

3) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร

3.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ระดับใดก็ได้
- ระดับปานกลาง
- ระดับสูง

3.2) คำอธิบาย

- สำหรับความเร็วในการทำงานของเครื่องจักรระดับใดก็ได้ หมายถึง สเป็คความเร็วของเครื่องจักรประเภทเดียวกันซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงานอยู่ในระดับใดก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สำหรับความเร็วในการทำงานของเครื่องจักรระดับปานกลาง หมายถึง สเป็คความเร็วของเครื่องจักรประเภทเดียวกันซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงานอยู่ในระดับพอใช้ แต่ถ้าให้ทำงานพร้อมกันกับรุ่นที่สเป็คความเร็วสูงกว่าอาจจะสามารถรับรู้ด้วยความรู้สึกได้ว่าความเร็วช้ากว่า ทั้ง ๆ ปริมาณการผลิตที่ได้อาจจะไม่แตกต่างกันมากนัก
- สำหรับความเร็วในการทำงานของเครื่องจักรระดับสูง หมายถึง สเป็คความเร็วของเครื่องจักรประเภทเดียวกันซึ่งมีความเร็วในการเคลื่อนที่และทำงานอยู่ในระดับสูงกว่าระดับพอใช้

3.3) แหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่าเครื่องจักรที่ต้องการจะซื้อไปนั้น ถ้าใช้ความรู้สึกวัดแล้วต้องการเครื่องที่มีสเป็คความเร็วในระดับใด

4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบไฮดรอลิก

4.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่มีการกำหนด
- แบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากล่างขึ้นบน
- แบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากบนลงล่าง

4.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่าต้องการเครื่องจักรที่มีการขับเคลื่อนของระบบไฮดรอลิกเป็นแบบใด

5) ความสูงของงานพับกล่องลึก

5.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่มีระบุ
- น้อยกว่า 175 มิลลิเมตร
- มีค่าระหว่าง 175 ถึง 210 มิลลิเมตร
- มากกว่า 210 มิลลิเมตร = ...

5.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลักว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้น สำหรับงานพับกล่องมีรายละเอียดของความสูงเป็นอย่างไร

6) ลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงาน

6.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เป็นมุมค่าเดียวกัน
- เป็นมุมหลากหลายมุมแตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลักว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้น มีลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงานเหมือนหรือแตกต่างกัน

7) ทิศทางการพับบนชิ้นงาน

7.1) ทางเลือกของคำตอบ

- พับบนพื้นผิวด้านเดียวของแผ่นโลหะ
- พับทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นโลหะ

7.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการของชิ้นงานเป็นหลักว่าชิ้นงานที่ผลิตนั้น มีรายละเอียดของทิศทางการพับบนแผ่นชิ้นงานเป็นอย่างไร

8) ระบบที่กั้นหลัง

8.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุ
- เป็นแบบที่เคลื่อนที่เดินหน้าถอยหลังเพียงอย่างเดียว
- เป็นแบบที่เคลื่อนที่ได้หลายแกนการเคลื่อนที่

8.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลักว่าต้องการเครื่องจักรที่ใช้ระบบที่กั้นหลังแบบใด

9) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน

9.1) ทางเลือกของคำตอบ

- แบบ Manual
- แบบที่ค่าควบคุมองศาการพับให้อัตโนมัติ
- ป้อนรูปร่าง 2 มิติ คำนวณลำดับการพับให้อัตโนมัติ
- ดึงข้อมูลชิ้นงานรูปร่าง 3 มิติทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

9.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลักว่าต้องการเครื่องจักรที่มีการทำโปรแกรมชิ้นงานในรูปแบบใด

10) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ

10.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่มีความเห็นเพิ่มเติม
- ต้องการเครื่องพับรุ่นที่มีความสามารถธรรมดาพื้นฐานที่สุด
- ต้องการเครื่องพับที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

10.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลัก ว่ามีความต้องการอะไรพิเศษเพิ่มเติมหรือไม่

11) งบประมาณ

11.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุ
- ค่าประมาณการของงบประมาณ = ...

11.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- สำหรับข้อมูลในข้อนี้จะมาจากความต้องการส่วนบุคคลเป็นหลักว่าต้องการระบุงบประมาณในการซื้อหรือไม่ และมีค่าเท่ากับอะไร

12) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ

12.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เหล็กชนิดต่าง ๆ
- เหล็กสเตนเลส
- อลูมิเนียมหรือทองแดง
- วัสดุอื่น ๆ

12.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่าเป็นวัสดุชนิดใด

13) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ

13.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ใช้ค่ามาตรฐานหรือไม่ทราบค่า
- ระบุค่าต้านทานแรงดึง = ...

13.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่ามีค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุเป็นอย่างไร

14) ความหนาปกติ

14.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ความหนาตั้งแต่ 0.4 ถึง 30.0 มิลลิเมตร

14.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาปกติ ว่ามีความหนาเท่ากับค่าใด

15) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ

15.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุค่าหรือขนาดเล็กสุดเท่าที่เป็นไปได้
- ระบุค่ารัศมีความโค้ง = ...

15.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานความหนาปกติ ว่าต้องการค่ารัศมีความโค้งของการพับเป็นอย่างไร

16) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด

16.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุค่า
- ระบุค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ...

16.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานความหนาปกติ ว่ามีค่าระยะปีกการพับน้อยสุดเป็นอย่างไร

17) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน

17.1) ทางเลือกของคำตอบ

- หน้ากว้างการพับมากสุด = ...

17.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานความหนาปกติ ว่ามีค่าหน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงานเท่าใด

18) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด

18.1) ทางเลือกของคำตอบ

- เหล็กชนิดต่าง ๆ
- เหล็กสเตนเลส
- อลูมิเนียมหรือทองแดง
- วัสดุอื่น ๆ

18.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่าเป็นวัสดุชนิดใด

19) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ

19.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ใช้ค่ามาตรฐานหรือไม่ทราบค่า
- ระบุค่าต้านทานแรงดึง = ...

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

19.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่ามีค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุเป็นอย่างไร

20) ความหนาปกติ

20.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ความหนาตั้งแต่ 0.4 ถึง 30.0 มิลลิเมตร

20.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุของชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่ามีความหนาเท่ากับค่าใด

21) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ

21.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุค่าหรือขนาดเล็กสุดเท่าที่เป็นไปได้
- ระบุค่ารัศมีความโค้ง = ...

21.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่าต้องการค่ารัศมีความโค้งของการพับเป็นอย่างไร

22) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด

22.1) ทางเลือกของคำตอบ

- ไม่ระบุค่า
- ระบุค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ...

22.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่ามีค่าระยะปีกการพับน้อยสุดเป็นอย่างไร

23) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน

23.1) ทางเลือกของคำตอบ

- หน้ากว้างการพับมากสุด = ...

23.2) คำอธิบายและแหล่งที่มาของข้อมูล

- ลักษณะข้อมูลเกี่ยวกับชิ้นงานความหนาสูงสุด ว่ามีค่าหน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงานเท่าใด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ตัวอย่างที่ 1 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

5.3.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ก. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตแอร์บ้านทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ซึ่งชิ้นงานมีรูปร่างภายนอกที่ค่อนข้างจะเป็นแบบที่ซับซ้อนซึ่งมีแนวเส้นขอบเกือบจะทั้งหมดเป็นแนวเส้นตรง มีจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานในระดับปานกลางจนถึงมาก ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรูภายในชิ้นงานค่อนข้างซับซ้อน และมีการขึ้นรูปรูระบายความร้อนภายในชิ้นงานด้วย โดยที่คุณภาพการขึ้นรูปรูระบายความร้อนจะต้องมีคุณภาพสูง ดูสวยงาม สำหรับลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิตนั้นจะมีแบบงานจำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว โดยที่ปริมาณการผลิตของชิ้นงานก็อยู่ในระดับหมื่นชิ้นต่อเดือน นอกจากนั้นผู้ใช้ก็ไม่มีความเห็นเพิ่มเติมพิเศษอะไร

5.3.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) รูปร่างภายนอกของชิ้นงาน = รูปร่างซับซ้อน เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นตรง
4) รูภายในของชิ้นงาน = มีรูภายใน
5) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน = เป็นรูรูปร่างมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยม)
6) ปริมาณรูภายในของชิ้นงาน = มีจำนวนรูมากกว่า 50 รู
7) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน = มีชนิดของรูระหว่าง 6 ถึง 25 ชนิด
8) ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรู = เป็นรูปแบบซับซ้อน
9) บนชิ้นงานมีการขึ้นรูปหรือไม่ = มีขึ้นรูป คุณภาพสูง
10) ลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิต = จำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว
11) ปริมาณการผลิต = หลักหมื่นต่อเดือน
12) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
13) ระดับเสียงรบกวนในการทำงาน = เสียงรบกวนต่ำ
14) การทำโปรแกรมหรือระบบควบคุมเครื่องจักร = ทำงานแบบ CAD/CAM และระบบควบคุมเครื่องจักรชนิด CNC
15) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่มี
16) งบประมาณ = ไม่ระบุ
17) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กธรรมดา
18) ความหนาปกติ = 1 มิลลิเมตร
19) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
20) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต

21) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กธรรมดา

22) ความหนาสูงสุด = 2.3 มิลลิเมตร

23) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน

24) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต

5.3.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

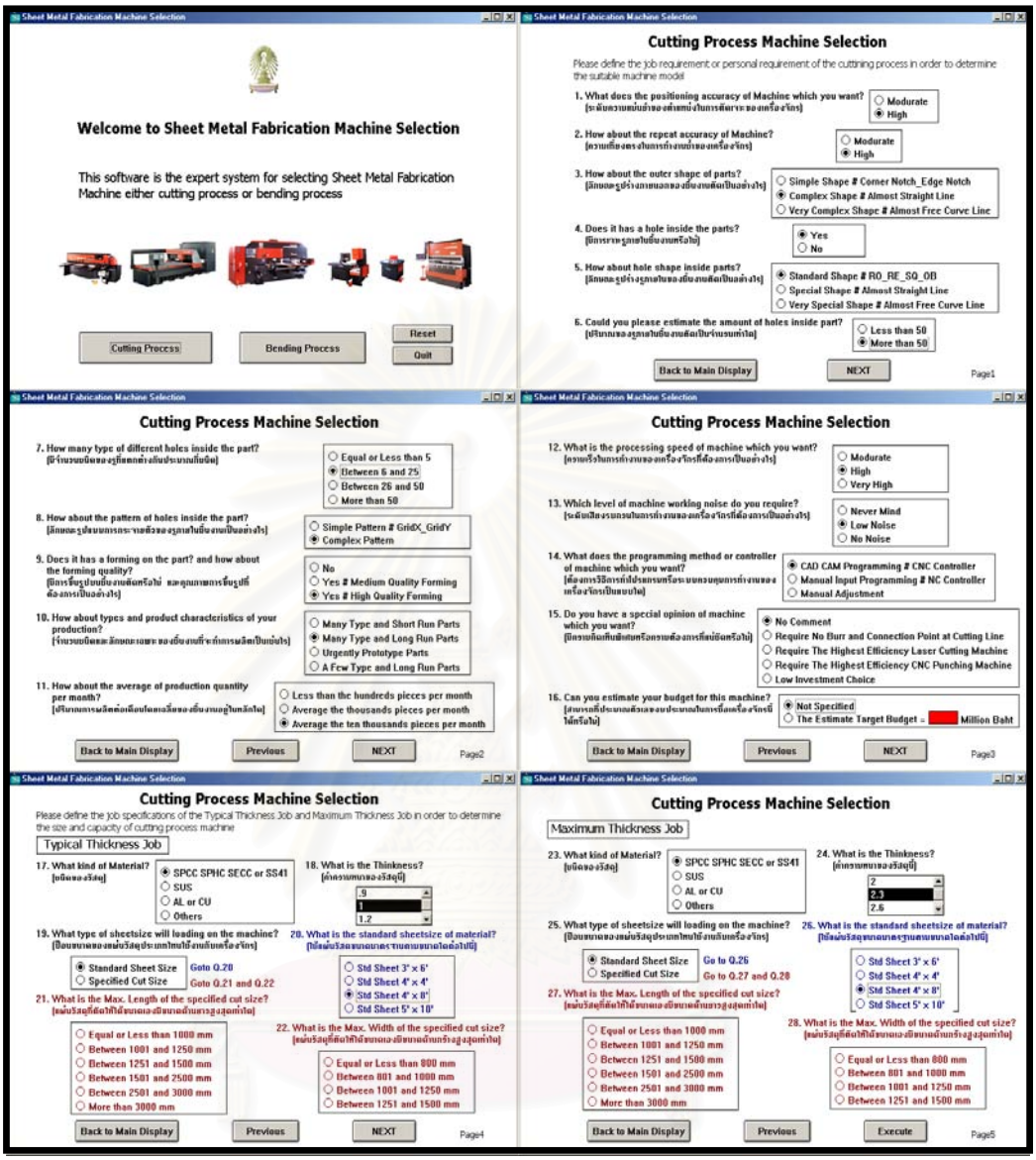
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างภายนอกค่อนข้างจะเป็นแบบที่ซับซ้อนซึ่งมีแนวเส้นขอบเกือบจะทั้งหมดเป็นแนวเส้นตรง มีปริมาณรูค่อนข้างมาก และจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานจำนวนมากมายหลายชนิดอยู่ในช่วง 6 ถึง 25 ชนิด รวมทั้งมีรายละเอียดการขึ้นรูปที่ต้องการคุณภาพในการขึ้นรูปสูงปะปนอยู่ด้วย ความแม่นยำที่ต้องการของชิ้นงานก็อยู่ในระดับสูง อีกทั้งความเร็วการทำงานของเครื่องจักรก็ต้องการระดับสูงด้วย ลักษณะการผลิตมีแบบจำนวนมากแต่ก็ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแบบบ่อย ๆ และปริมาณผลิตต่อเดือนก็สูงในระดับหลักหมื่น สำหรับขนาดแผ่นวัสดุเบื้องต้นของชิ้นงานก็ใช้แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน 4 x 8 ฟุต และช่วงของความหนาก็ค่อนข้างน้อยคือความหนาไม่เกิน 2.3 มิลลิเมตร

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องเจาะ CNC รุ่นที่มีระบบการทำงานเจาะเป็นระบบไฮดรอลิก เพราะให้คุณภาพในการขึ้นรูปสูง มีความเร็วในการทำงานค่อนข้างสูงเพราะสามารถปรับระยะสโตรคการเจาะได้อัตโนมัติ และจากข้อมูลทางด้านขนาดและความหนาของชิ้นงานทำให้ได้ผลสรุปว่า

- เครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกควรจะเป็นรุ่น VIPROS255 ซึ่งเป็นเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกขนาดเล็กสุด แต่สามารถขึ้นงาน 4 x 8 ฟุตได้ มีจำนวนช่องใส่แม่พิมพ์ถึง 31 ช่อง ให้คุณภาพการขึ้นรูปของชิ้นงานสูง และมีความเร็วในการเจาะสูงมากรุ่นหนึ่ง

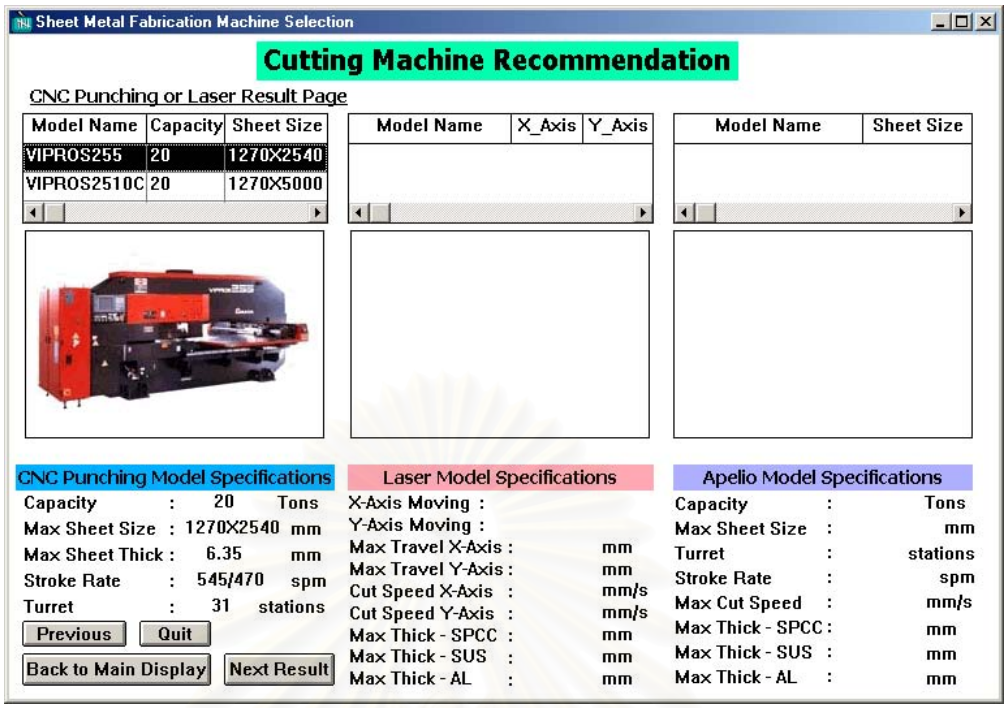
5.3.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ 5.1 ทำให้ได้คำตอบออกมา 2 คำตอบดังรูปที่ 5.2 คือ เลือกเครื่องเจาะ CNC ระบบไฮดรอลิกรุ่น VIPROS255 และในรูปที่ 5.3 คือ เลือกเครื่องเจาะ CNC รุ่น VIPROS2510C ซึ่งมีขนาดโต๊ะใหญ่ขึ้น สามารถเจาะเหล็ก 4 x 8 ฟุตได้เหมือนกันแต่ไม่จำเป็นต้องใช้ฟังก์ชันการทำงานรีโพสิชั่น (Reposition) ซึ่งเป็นฟังก์ชันการทำงานเปลี่ยนตำแหน่งอัตโนมัติของตัวจับยึดและลากชิ้นงานให้เคลื่อนที่ในแนวแกน X

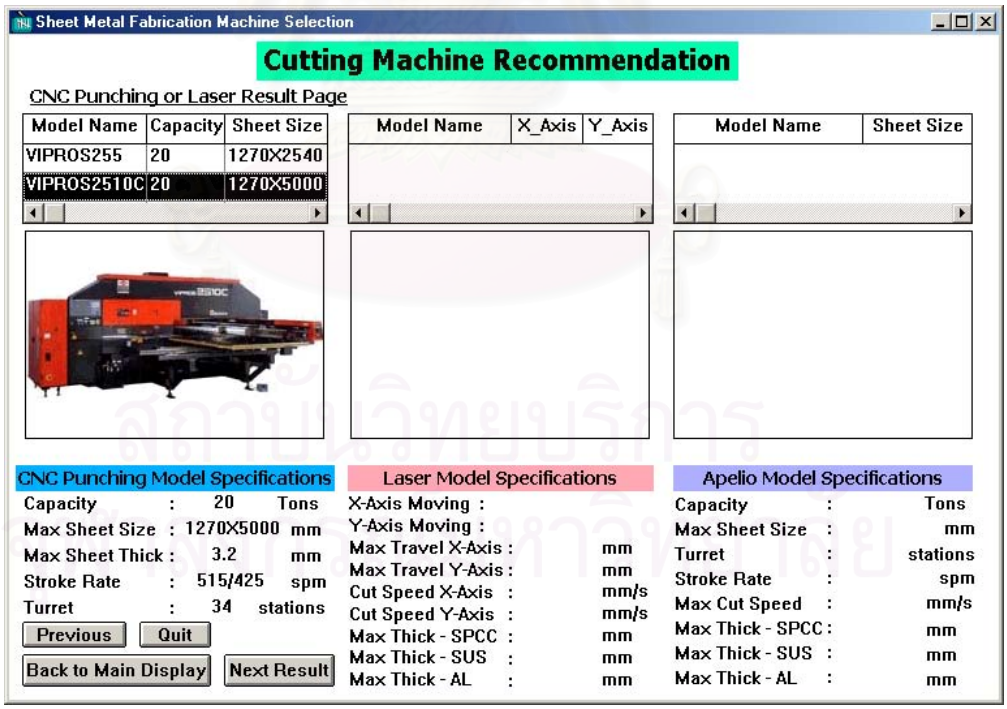


รูปที่ 5.1 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 1



รูปที่ 5.3 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 1

จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้คำตอบหนึ่งตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

5.4 ตัวอย่างที่ 2 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

5.4.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ข. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตตู้สวิตช์บอร์ดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งชิ้นงานมีรูปร่างภายนอกที่ค่อนข้างจะเป็นแบบที่ธรรมดาง่าย ๆ มีจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานที่ไม่มาก ถึงแม้ว่าจำนวนรูทั้งหมดจะมีอยู่ด้วยกันหลายรูก็ตามที โดยที่ปริมาณการผลิตของชิ้นงานก็อยู่ในระดับ 100 ชิ้นต่อวัน นอกจากนั้นผู้ใช้ก็ไม่มีความเห็นเพิ่มเติมพิเศษอะไร เพียงแค่ต้องการเครื่องจักรที่ทำงานได้เท่านั้น

5.4.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงาน = ระดับปานกลาง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับปานกลาง
3) รูปร่างภายนอกของชิ้นงาน = รูปร่างง่าย ๆ มีการบากมุม และบากขอบเล็กน้อย
4) รูภายในของชิ้นงาน = มีรูภายใน
5) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน = เป็นรูรูปร่างมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยม)
6) ปริมาณรูภายในของชิ้นงาน = มีจำนวนรูน้อยกว่า 50 รู
7) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน = มีชนิดของรูน้อยกว่า 5 ชนิด
8) ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรู = เป็นรูปแบบง่าย ๆ ระยะห่าง X และ Y เท่ากัน
9) บนชิ้นงานมีการขึ้นรูปหรือไม่ = ไม่มีการขึ้นรูป
10) ลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิต = จำนวนชนิดน้อยและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว
11) ปริมาณการผลิต = หลักพันต่อเดือน
12) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับปานกลาง
13) ระดับเสียงรบกวนในการทำงาน = เสียงรบกวนต่ำ
14) การทำโปรแกรมหรือระบบควบคุมเครื่องจักร = ปรับตั้งเองด้วยมือ
15) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่มี
16) งบประมาณ = ไม่ระบุ
17) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กธรรมดา
18) ความหนาปกติ = 1 มิลลิเมตร
19) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นที่ตัดให้ได้ขนาดมาก่อน
20) ความยาวสูงสุดของขนาดแผ่นตัด = ไม่เกิน 1 เมตร
21) ความกว้างสูงสุดของขนาดแผ่นตัด = ไม่เกิน 800 มิลลิเมตร
22) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กธรรมดา
23) ความหนาสูงสุด = 2 มิลลิเมตร

24) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นที่ตัดให้ได้ขนาดมาก่อน

25) ความยาวสูงสุดของขนาดแผ่นตัด = ไม่เกิน 1 เมตร

26) ความกว้างสูงสุดของขนาดแผ่นตัด = ไม่เกิน 800 มิลลิเมตร

5.4.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

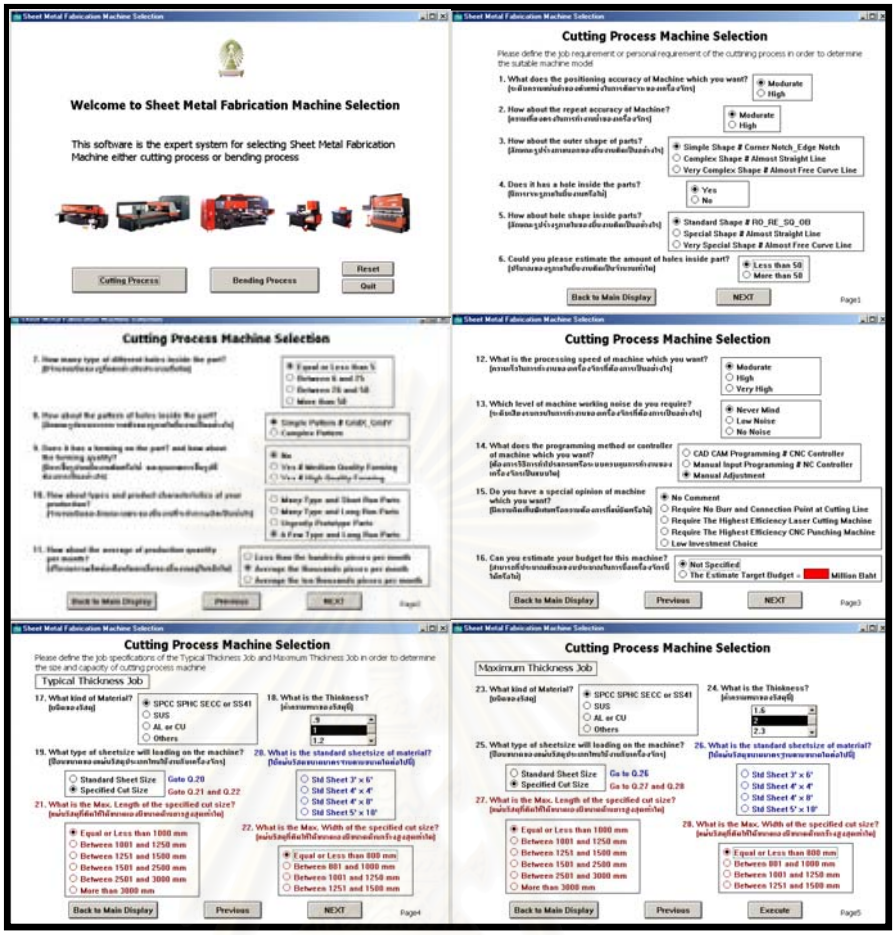
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างภายนอกไม่ยาก มีรูภายในชิ้นงานจำนวนน้อยชนิด และปริมาณรูไม่มากจนเกินไป ความแม่นยำที่ต้องการของชิ้นงานก็อยู่ในระดับปานกลาง ลักษณะการผลิตก็ไม่ได้มีการเปลี่ยนแบบบ่อย ๆ อีกทั้งปริมาณต่อเดือนก็ไม่ได้มีค่ามากจนเกินไป รวมไปถึงขนาดแผ่นวัสดุเบื้องต้นของชิ้นงานก็มีขนาดไม่ใหญ่ และช่วงของความหนาต่ำคือความหนาไม่เกิน 2 มิลลิเมตร

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องตัด บวกด้วยเครื่องบากมุม และเครื่องเจาะกึ่ง Manual เนื่องจากชิ้นงานมีความง่าย ซึ่งไม่จำเป็นต้องเลือกเครื่องจักรที่มีความสามารถสูงเกินความจำเป็น และจากข้อมูลทางด้านขนาดของชิ้นงานทำให้ได้ผลสรุปว่า

- เครื่องตัดควรจะเป็นรุ่น NS1235 ซึ่งตัดชิ้นงานได้ยาวสุด 1.2 เมตร และเหล็กหนาสุด 3.5 มิลลิเมตร ครอบคลุมความต้องการของชิ้นงาน
- เครื่องบากมุมควรจะเป็นรุ่น CSW250 ซึ่งบากมุมชิ้นงานได้ระยะบาก 250x250 มิลลิเมตร และทำงานกับเหล็กหนาสุดถึง 3.2 มิลลิเมตร
- เครื่องเจาะกึ่ง Manual ควรจะเป็นรุ่น SP30II-MS1000 ซึ่งมีตัวหยุดตำแหน่งชิ้นงานในแกน X หลาย ๆ ตัว ส่วนตำแหน่งในแกน Y ก็ปรับหมุนด้วยมือ และรองรับระยะการทำงานของชิ้นงานที่มีความยาวไม่เกิน 1 เมตร และมีความกว้างไม่เกิน 800 มิลลิเมตร

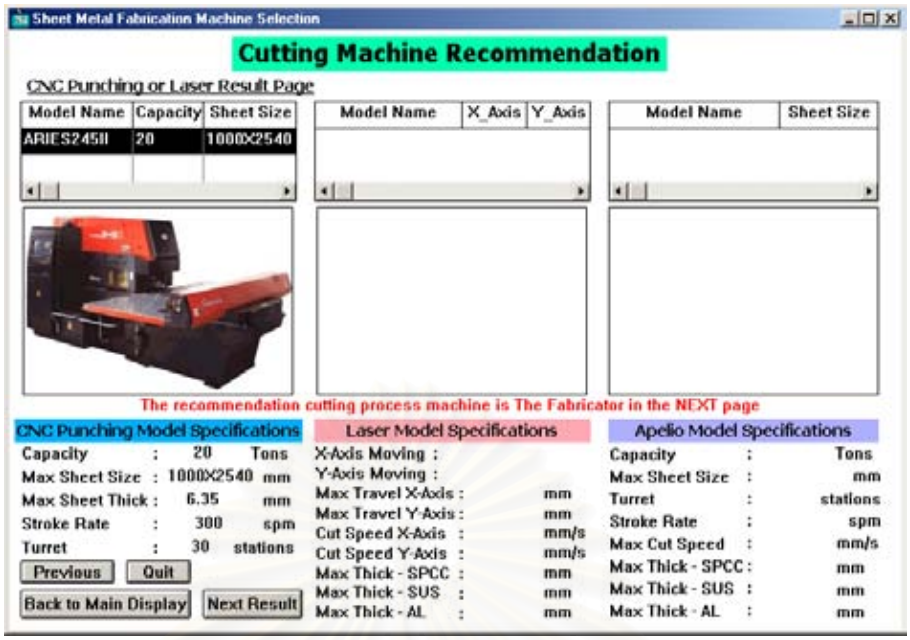
5.4.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ 5.4 จะทำให้ได้คำตอบออกมา 2 คำตอบดังรูปที่ 5.5 คือ เลือกเครื่องจักร 3 ตัวรวมกัน คือ เครื่องตัด NS1235 เครื่องบากมุม CSW250 และเครื่องเจาะกึ่ง Manual รุ่น SP30II+MS1000 และในรูปที่ 5.6 คือ เลือกเครื่องเจาะ CNC รุ่น ARIES245II ซึ่งเป็นเครื่องเจาะอัตโนมัติรุ่นที่มีขนาดเล็กและราคาถูกที่สุด



รูปที่ 5.4 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 2

รูปที่ 5.5 ผลลัพธ์ของการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 5.6 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 2

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้คำตอบหนึ่งตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

5.5 ตัวอย่างที่ 3 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

5.5.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ค. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนของอุปกรณ์ในลิฟท์และงานรับจ้างทั่วไป ซึ่งชิ้นงานมีรูปร่างภายนอกที่ค่อนข้างจะเป็นแบบที่ซับซ้อนมาก โดยที่แนวเส้นส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแนวเส้นโค้ง มีจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานในระดับปานกลาง ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรูภายในชิ้นงานค่อนข้างซับซ้อน สำหรับลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิตนั้นจะเป็นงานต้นแบบที่ต้องการผลิตอย่างเร่งด่วน โดยที่ปริมาณการผลิตของชิ้นงานก็อยู่ในระดับสองถึงสามร้อยชิ้นต่อวัน นอกจากนั้นผู้ใช้ยังต้องการเครื่องจักรที่สามารถตัดงานได้อย่างสวยงามโดยไม่มีครีบและรอยต่อของแม่พิมพ์ในแนวเส้นการตัด

5.5.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) รูปร่างภายนอกของชิ้นงาน = รูปร่างซับซ้อน เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นโค้ง
4) รูภายในของชิ้นงาน = มีรูภายใน

5) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน = เป็นรูรูปร่างมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยม)
6) ปริมาณรูภายในของชิ้นงาน = มีจำนวนรูน้อยกว่า 50 รู
7) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน = มีชนิดของรูระหว่าง 6 ถึง 25 ชนิด
8) ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรู = เป็นรูปแบบซับซ้อน
9) บนชิ้นงานมีการขึ้นรูปหรือไม่ = ไม่มีการขึ้นรูป
10) ลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิต = เป็นงานต้นแบบ และต้องการผลิตอย่างเร่งด่วน
11) ปริมาณการผลิต = หลักพันต่อเดือน
12) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
13) ระดับเสียงรบกวนในการทำงาน = ไม่มีเสียงรบกวน
14) การทำโปรแกรมหรือระบบควบคุมเครื่องจักร = ทำงานแบบ CAD/CAM และระบบควบคุมเครื่องจักรชนิด CNC
15) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = รอยตัดไม่มีครีบและไม่มีรอยต่อของแม่พิมพ์
16) งบประมาณ = ไม่ระบุ
17) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กสเตนเลส
18) ความหนาปกติ = 1.5 มิลลิเมตร
19) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
20) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 5 x 10 ฟุต
21) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กโครงสร้าง
22) ความหนาสูงสุด = 16 มิลลิเมตร
23) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
24) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต

5.5.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างภายนอกค่อนข้างจะเป็นแบบที่ซับซ้อนซึ่งมีแนวเส้นขอบส่วนใหญ่เป็นแนวเส้นโค้ง มีปริมาณรูในระดับปานกลาง และจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานจำนวนมากมายหลายชนิดอยู่ในช่วง 6 ถึง 25 ชนิด ความแม่นยำที่ต้องการของชิ้นงานก็อยู่ในระดับสูง ต้องการเครื่องจักรที่มีความเร็วการทำงานสูงด้วย ลักษณะการผลิตเป็นชิ้นงานต้นแบบซึ่งต้องการผลิตอย่างเร่งด่วน และปริมาณผลิตต่อเดือนก็ค่อนข้างสูงในระดับหลักพัน สำหรับงานความหนาปกติก็เป็นเหล็กสเตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร ซึ่งใช้แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน 5 x 10 ฟุต ในการขึ้นงาน ส่วนงานความหนาสูงสุดก็เป็นเหล็กโครงสร้างหนา 16 มิลลิเมตร และใช้แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน 4 x 8 ฟุต

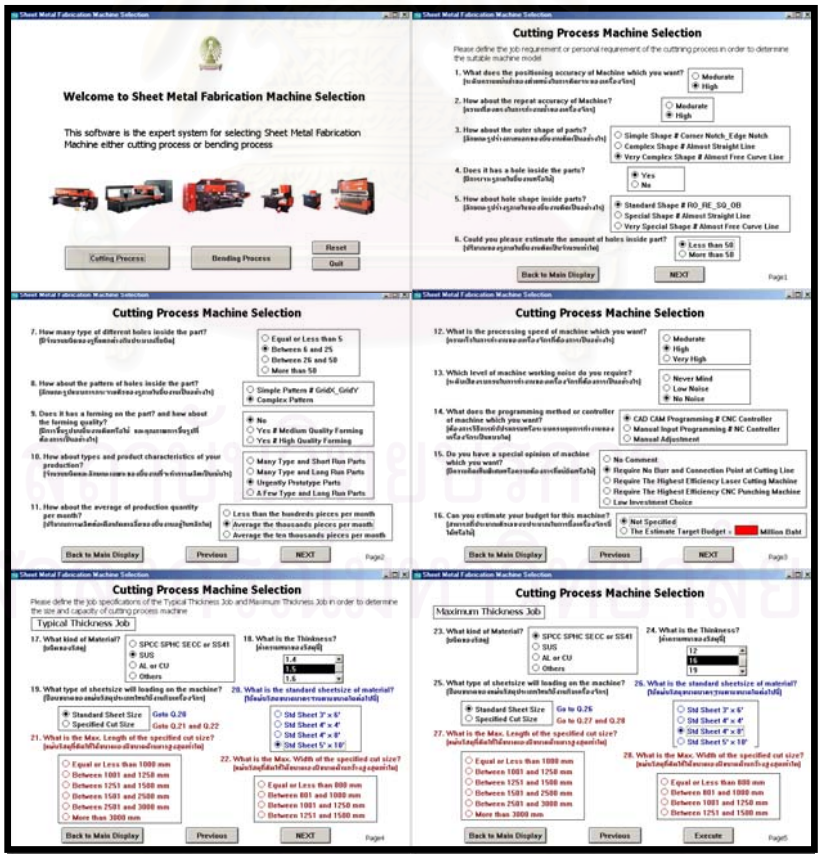
จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องตัดเลเซอร์ เพราะหัวตัดเลเซอร์สามารถวิ่งตัดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งหรืองานที่มีรูปร่างแปลก ๆ ได้

อย่างต่อเนื่องสวยงาม ผิวตัดไม่มีครีบและรอยต่อของแม่พิมพ์ มีความแม่นยำในการทำงานสูง รองรับการผลิตชิ้นงานที่เป็นชิ้นงานต้นแบบซึ่งต้องการผลิตอย่างเร่งด่วน หรือการผลิตที่ชิ้นงานมีช่วงความหนาแตกต่างกันมาก ๆ เพราะสามารถทำงานได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องซื้อแม่พิมพ์เพิ่ม รวมทั้งสามารถตัดชิ้นงานที่มีค่าความหนาสูง ๆ ได้ เพราะการตัดไม่ได้ใช้แรงในการทำงาน จึงไม่ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของวัสดุ จากข้อมูลทางด้านขนาดและความหนาของชิ้นงานทำให้ได้ผลสรุปว่า

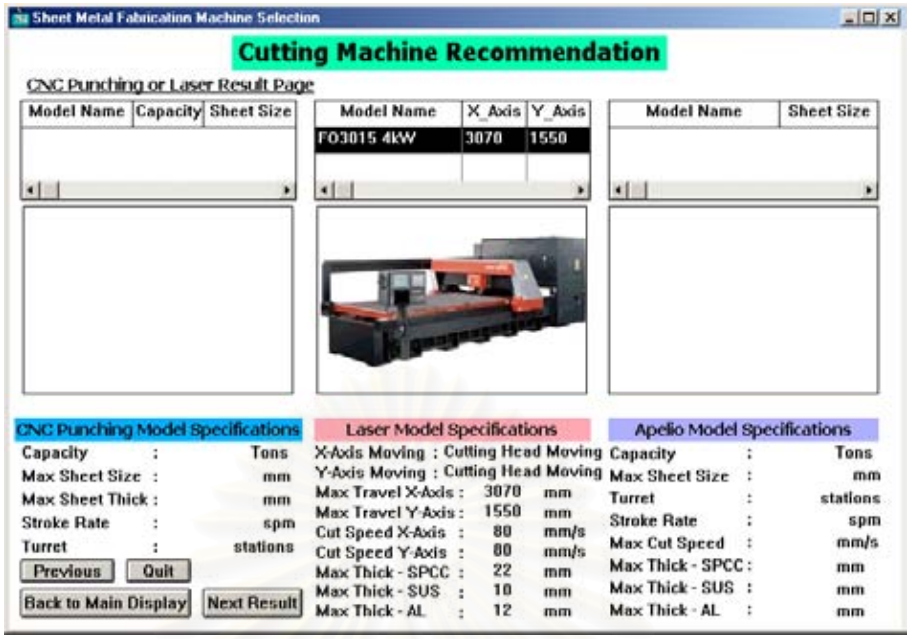
- เครื่องตัดเลเซอร์ควรจะเป็นรุ่น FO-3015 4kW ซึ่งเป็นเครื่องตัดเลเซอร์ที่มีกำลังของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ขนาด 4 กิโลวัตต์ สามารถตัดงานเหล็กได้หนาสูงสุดถึง 22 มิลลิเมตร สามารถขึ้นงานขนาด 5 x 10 ฟุตได้ และมีความเร็วในการทำงานตัดสูง

5.5.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ 5.7 ทำให้ได้คำตอบออกมาดังรูปที่ 5.8 คือ เลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น FO-3015 4kW ซึ่งสามารถตัดงานเหล็กได้หนาสูงสุด 22 มิลลิเมตร และขึ้นงานขนาด 5 x 10 ฟุตได้



รูปที่ 5.7 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 3



รูปที่ 5.8 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 3

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

5.6 ตัวอย่างที่ 4 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

5.6.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ง. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตโคมไฟและรับจ้างทั่วไป ซึ่งชิ้นงานปกติจะมีรูปร่างการพับค่อนข้างซับซ้อน ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง ชิ้นงานมีมุมการพับหลากหลายองศา และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีระบบควบคุมเป็นชนิดที่สามารถหาลำดับการพับของชิ้นงานให้อย่างอัตโนมัติ

5.6.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบไฮดรอลิก = ไม่มีการกำหนด
5) ความสูงของงานพับกล่องลึก = น้อยกว่า 175 มิลลิเมตร
6) ลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงาน = เป็นมุมหลากหลายมุมแตกต่างกัน

7) ทิศทางการพับบนชิ้นงาน = พับทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นโลหะ
8) ระบบที่กั้นหลัง = ไม่ระบุ
9) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน = ป้อนรูปร่าง 2 มิติ คำนวณลำดับการพับให้อัตโนมัติ
10) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่ระบุ
11) งบประมาณ = ไม่ระบุ
12) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = อลูมิเนียม
13) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
14) ความหนาปกติ = 0.8 มิลลิเมตร
15) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
16) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
17) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 2250 มิลลิเมตร
18) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กธรรมดา
19) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
20) ความหนาสูงสุด = 2 มิลลิเมตร
21) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
22) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
23) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 1800 มิลลิเมตร

5.6.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

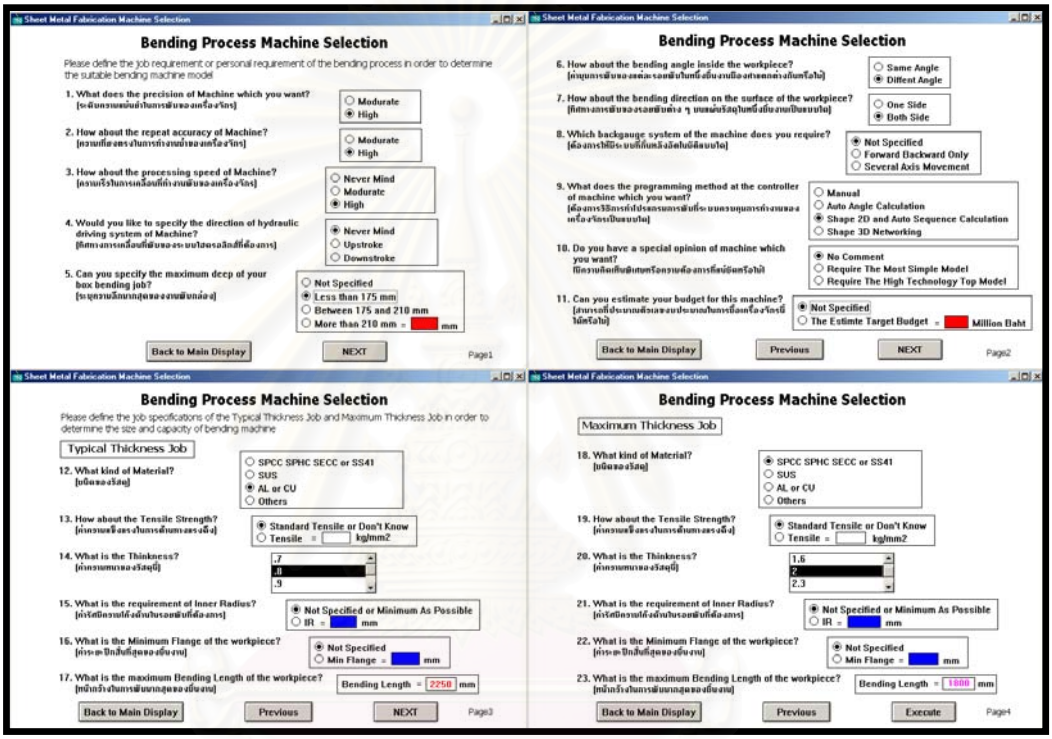
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นงานพับโคมไฟ ซึ่งต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง มีค่าองศาการพับหลากหลาย และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีระบบควบคุมเป็นชนิดที่สามารถหาลำดับการพับของชิ้นงานให้อย่างอัตโนมัติ

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องพับรุ่นที่มีความแม่นยำสูง มีระบบควบคุมและการทำโปรแกรมที่สามารถป้อนรูปร่างหน้าตัดชิ้นงาน 2 มิติ โดยที่เครื่องสามารถคำนวณเลือกแม่พิมพ์และขั้นตอนการพับให้อย่างอัตโนมัติ และจากข้อมูลทางด้านวัสดุ ความหนา และความยาวการพับ ของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด เมื่อนำไปคำนวณแรงอัดเปรียบเทียบกันจะทำให้ได้ผลสรุปว่า

- เครื่องพับควรจะเป็นรุ่น FBDIII-8025 NC9FSI ซึ่งเป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นบน ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 80 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 2.5 เมตร มีความแม่นยำขององศาการพับและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง

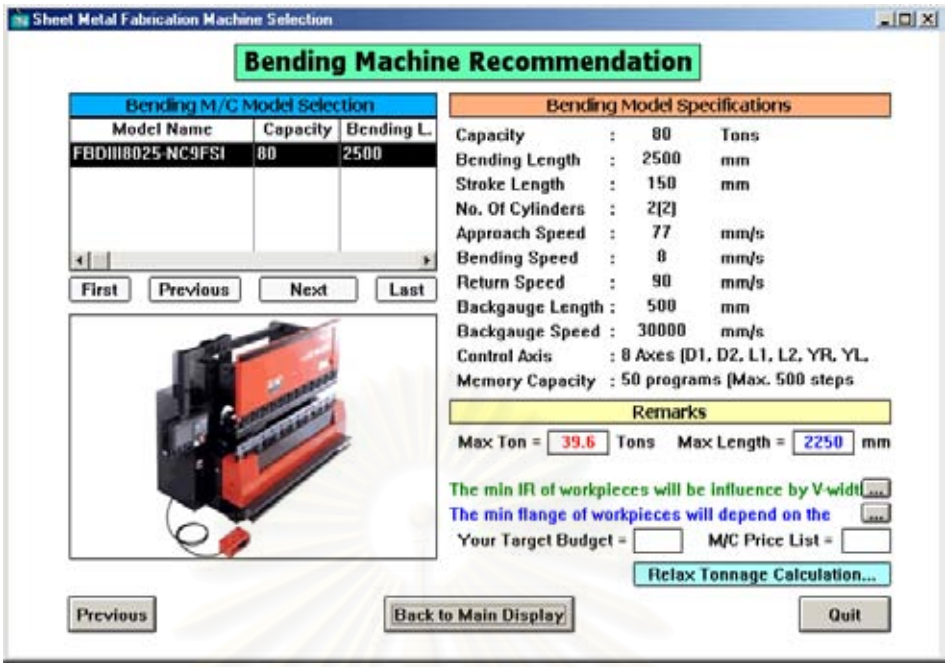
5.6.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ 5.9 ทำให้ได้คำตอบออกมาดังรูปที่ 5.10 คือ เลือกเครื่องพับรุ่น FBDIII-8025 NC9FSI ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 80 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 2.5 เมตร รองรับการทำงานของชิ้นงานทั้งความหนาปกติและความหนาสูงสุด ซึ่งมีผลการคำนวณของชิ้นงานว่าต้องการแรงอัดสูงสุด 39.6 ตัน และความยาวการพับสูงสุด 2.25 เมตร



รูปที่ 5.9 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.10 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 4

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

5.7 ตัวอย่างที่ 5 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

5.7.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน จ. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตอุปกรณ์เครื่องครัว เป็นชิ้นงานเสาของตู้กับข้าว ซึ่งชิ้นงานปกติจะมีรูปร่างการพับธรรมดา ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำปานกลาง ชิ้นงานมีมุมการพับเป็นองศาเดียวกันคือ 90 องศา และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีการใช้งานง่าย ราคาต่ำ ทำการปรับตั้งและควบคุมการทำงานพับของเครื่องโดยตัวของพนักงานพับเอง

5.7.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงาน = ระดับปานกลาง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับปานกลาง
3) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ปานกลาง
4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบไฮดรอลิก = ไม่มีการกำหนด

5) ความสูงของงานพับกล่องลึก = ไม่ระบุ
6) ลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงาน = มุมการพับเป็นองศาเดียวกันคือ 90 องศา
7) ทิศทางการพับบนชิ้นงาน = พับด้านเดียวของแผ่นโลหะ
8) ระบบที่กั้นหลัง = ไม่ระบุ
9) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน = ใช้การปรับตั้งควบคุมแบบ Manual
10) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่ระบุ
11) งบประมาณ = ไม่ระบุ
12) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กธรรมดา
13) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
14) ความหนาปกติ = 1.6 มิลลิเมตร
15) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
16) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
17) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 1050 มิลลิเมตร
18) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กธรรมดา
19) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
20) ความหนาสูงสุด = 2.3 มิลลิเมตร
21) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
22) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
23) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 750 มิลลิเมตร

5.7.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

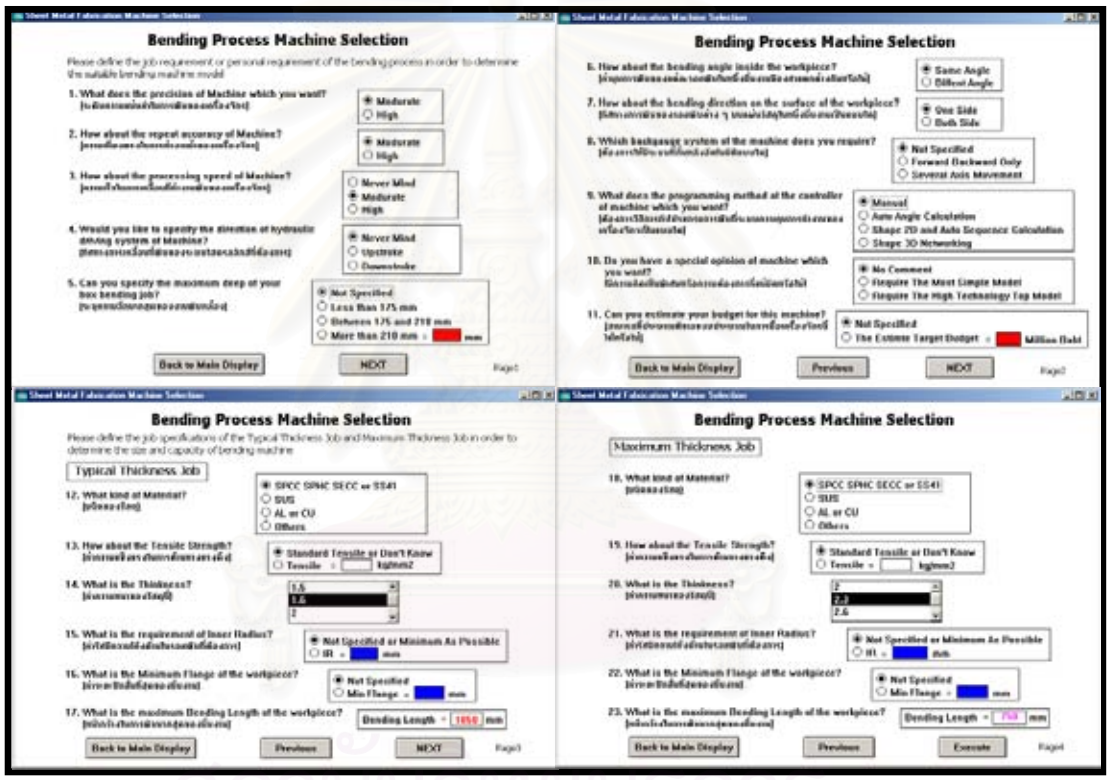
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นเสารางแบบธรรมดา ซึ่งต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำปานกลาง มีค่ามุมการพับเป็นองศาเดียวกันคือ 90 องศา และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรแบบง่าย ๆ ซึ่งจะทำการปรับตั้งและควบคุมการทำงานพับของเครื่องโดยตัวของพนักงานพับเอง

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องพับรุ่นที่มีความแม่นยำระดับปานกลาง สามารถป้อนข้อมูลควบคุมระยะของที่กั้นหลังได้อย่างอัตโนมัติ แต่ค่าองศาการพับต้องปรับตั้งเองที่ตัวกงล้อควบคุมองศาการพับ และจากข้อมูลทางด้านวัสดุ ความหนา และความยาวการพับ ของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด เมื่อนำไปคำนวณแรงอัดเปรียบเทียบกันจะทำให้ได้ผลสรุปว่า

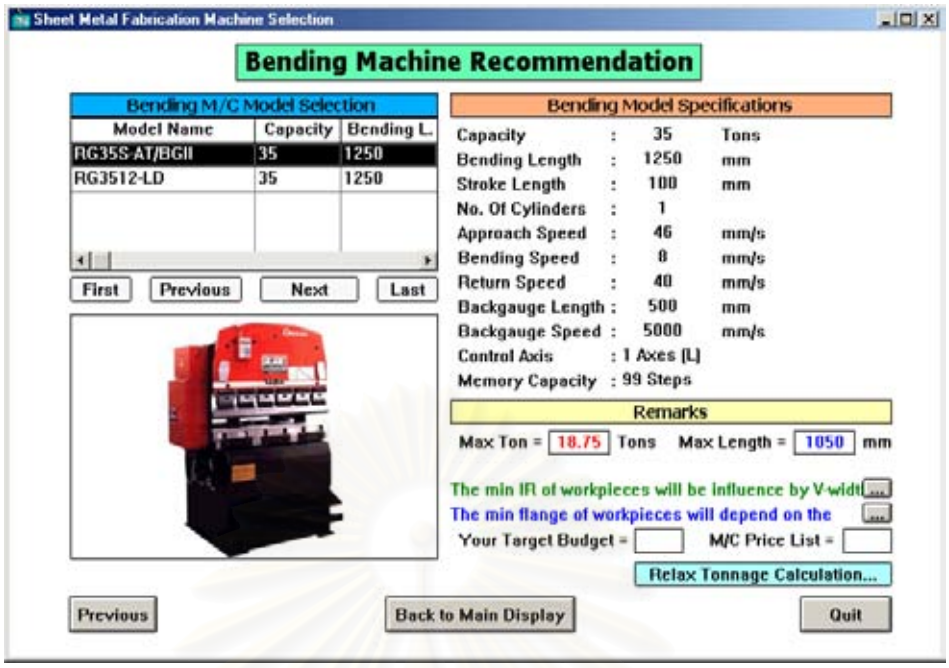
- เครื่องพับควรจะเป็นรุ่น RG35S AT/BGII ซึ่งเป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นบน ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 35 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 1.2 เมตร มีความแม่นยำขององศาการพับและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำปานกลาง

5.7.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

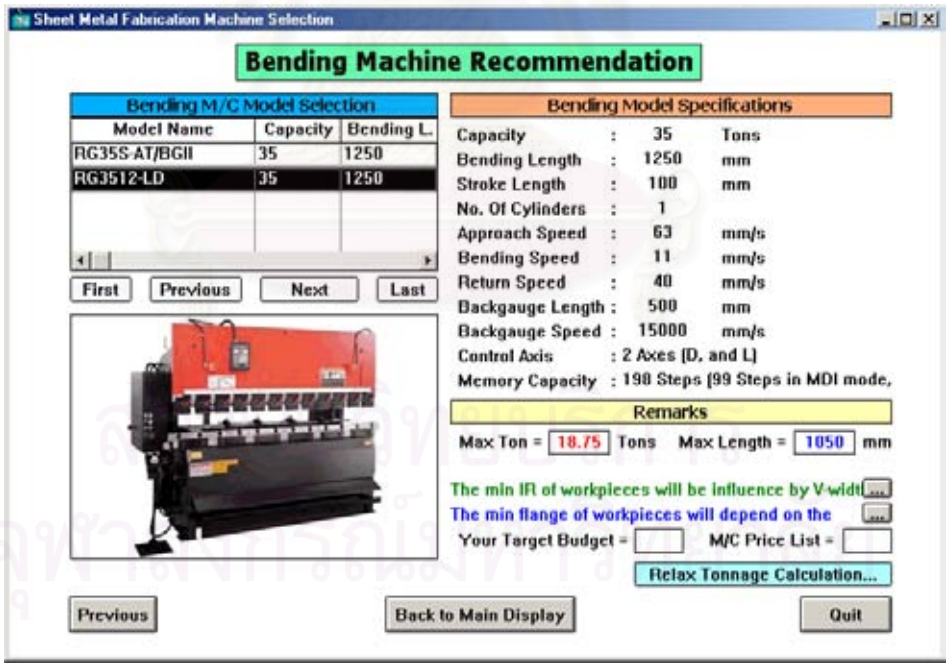
ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ 5.11 ทำให้ได้คำตอบออกมา 2 คำตอบ ดังรูปที่ 5.12 คือ เลือกเครื่องพับรุ่น RG35S AT/BGII และในรูปที่ 5.13 คือ เลือกเครื่องพับรุ่น RG3512-LD ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 35 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 1.2 เมตร เหมือนกัน แต่เครื่องรุ่น RG3512-LD มีฟังก์ชันการทำงานเหนือกว่าเล็กน้อย สามารถที่จะทำโปรแกรมจดจำค่าองศาการพับที่แตกต่างกันได้ รองรับการทำงานของชิ้นงานทั้งความหนาปกติและความหนาสูงสุด ซึ่งมีผลการคำนวณของชิ้นงานว่าต้องการแรงอัดสูงสุด 18.75 ตัน และความยาวการพับสูงสุด 1.05 เมตร



รูปที่ 5.11 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างที่ 5



รูปที่ 5.12 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 5



รูปที่ 5.13 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างที่ 5

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้คำตอบหนึ่งตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

5.8 การประเมินผลระบบผู้เชี่ยวชาญ

การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ (Validation) ทำโดยการนำระบบผู้เชี่ยวชาญไปทดลองรันให้ผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ภายในบริษัทจำนวน 3 ท่าน เป็นผู้ตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากระบบผู้เชี่ยวชาญจากกรณีตัวอย่างหลาย ๆ กรณี

หลังจากนั้นก็ได้จัดทำแบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ซึ่งเป็นแหล่งความรู้หรือต้นแบบของระบบ และจากวิศวกรฝ่ายขายซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบต้นแบบ ว่าระบบมีความถูกต้องในการประมวลผลระดับใด ความคิดเห็นที่มีต่อต้นแบบระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นเป็นอย่างไร รวมทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบต่อไป สำหรับตัวอย่างของแบบสอบถามดังกล่าวแสดงไว้ในหัวข้อต่อไปนี้

5.8.1 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

<u>แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น</u>

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยวิศวกรความรู้ (Knowledge Engineering) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องที่เป็นผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ที่เป็นแหล่งความรู้หรือต้นแบบของระบบ

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อประเมินความถูกต้องในการประมวลผลของระบบ
2. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่มีต่อระบบ
3. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย ✓ ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ ....ผู้จัดการแผนกวิศวกรที่ปรึกษา.....

2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ
   ให้คำปรึกษาแนะนำในการเลือกใช้เครื่องจักร หรือวิธีการผลิต.....
   อธิบายและฝึกอบรมการใช้งานเครื่องจักร.....

3. ท่านมีประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นของบริษัทตัวอย่างมาทั้งสิ้น ...6...ปี ในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☑ การใช้งาน ☑ การสอน ☐ การซ่อมบำรุง ☑ การให้คำปรึกษาด้านเทคนิค

☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

4. ท่านรู้จักระบบเชี่ยวชาญ (Expert System) มาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☑ ไม่รู้จัก

ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาขีดเครื่องหมาย ✔ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	ข้อคิดเห็น	
1. ในบางกรณี วิศวกรฝ่ายขายยังขาดความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมกับลักษณะงานและความต้องการของลูกค้า	☑ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วย	☑ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... หมายเหตุ 1 .....
2. ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับวิศวกรฝ่ายขาย	☑ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วย	☑ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... หมายเหตุ 2 .....
3. การทำงานของพนักงานฝ่ายขายไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอ เพราะไม่สามารถให้คำตอบเบื้องต้นกับลูกค้าได้ ในกรณีที่เครื่องจักรประเภทนั้นไม่ใช่เครื่องในหน้าที่รับผิดชอบของตน	☐ เห็นด้วย ☑ ไม่เห็นด้วย	☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
4. ผู้ที่พอจะมีความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นภายในองค์กร ซึ่งทำงานสนับสนุนอยู่เบื้องหลังมีอยู่จำกัด	☑ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วย	☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
5. ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีความเชี่ยวชาญเฉพาะในเครื่องจักรบางประเภท ยังไม่มีบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญครบถ้วนภายในบุคคลเดียว	☑ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วย	☑ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... หมายเหตุ 3 .....
6. ในบางครั้งผู้เชี่ยวชาญมีโอกาสที่จะพลั้งเผลอหรือมองข้ามจุดสำคัญบางจุดในการพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมได้	☑ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วย	☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....

หมายเหตุ 1 : บางครั้งรายละเอียดที่ได้รับไม่เพียงพอ หรือเป็นการประมาณคร่าว ๆ จึงต้องมีการเผื่อด้วย

หมายเหตุ 2 : เพราะรายละเอียดจริงมีหลายส่วน บางครั้งหัวข้อในการตัดสินใจอาจจะไม่ได้อยู่ที่รายละเอียดทางเทคนิคเพียงอย่างเดียว

หมายเหตุ 3 : แต่ถ้าในระดับการให้คำปรึกษางานทั่วไป สามารถหาบุคคลที่มีความรู้ครอบคลุมเพียงพอได้

ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย ✓ ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีคำตอบของการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรที่เหมือนหรือใกล้เคียงกับการตัดสินใจให้คำปรึกษาจากท่านมากน้อยเพียงใด

   ❒ เหมือนกันทุกประการ

   ☑ ใกล้เคียงมาก

   ❒ ใกล้เคียงน้อย

   ☑ อื่นๆ (โปรดระบุ)...ในกรณีที่เป็นการเลือกเครื่องจักรในขั้นต้น จากการสอบถามข้อมูลเบื้องต้นที่มักจะต้องได้เพื่อเป็นรายละเอียดในการเลือก และเครื่องจักรที่อยู่ในขอบข่ายการพิจารณาก็มักจะมีลักษณะพื้นฐานใกล้เคียงกัน ต่างแต่ขนาดหรือ Capacity ในการทำงานที่เล็กใหญ่ต่างกันเท่านั้น.....

2. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานช่วยเหลือวิศวกรฝ่ายขายหรือไม่

   ❒ มีประโยชน์มาก

   ☑ มีประโยชน์ปานกลาง

   ❒ มีประโยชน์น้อย

   ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).ช่วยร่นระยะเวลาในการตัดตัวเลือกที่ห่างไกลจากความต้องการออกไปก่อน แต่ทั้งนี้ก็ต้องขึ้นอยู่กับประสบการณ์และความเข้าใจพื้นฐานของวิศวกรฝ่ายขายในการป้อนข้อมูลให้ถูกต้องด้วย.....

3. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถจะช่วยลดความผิดพลาดในการเลือกเครื่องจักรผิดหรือเลือกเครื่องจักรที่มีความสามารถไม่เพียงพอได้หรือไม่

   ❒ ลดความผิดพลาดได้ทั้งหมด

   ❒ ลดความผิดพลาดได้มาก

   ☑ ลดความผิดพลาดได้น้อย

   ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).ถ้าในส่วนของเครื่องตัด ค่อนข้างจะลดความผิดพลาดได้น้าง (ค่อนข้างมาก) แต่ในแง่ของเครื่องพับอาจจะต้องมีรายละเอียดในตัวงานอีกมาก เพราะเกี่ยวเนื่องกับการเลือกใช้แม่พิมพ์ด้วย.....

4. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถช่วยให้กระบวนการขายมีความต่อเนื่องและมีความยืดหยุ่นมากขึ้นหรือไม่

   ❒ มากขึ้น

☑ เท่าเดิม

❒ ลดลง

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).ในขั้นนี้ การใช้โปรแกรมช่วยให้การเลือกเครื่องในขั้นต้นง่ายขึ้น แต่ว่าไม่น่าจะช่วยให้เกิดความต่อเนื่องหรือยืดหยุ่น เพราะยังต้องอาศัยพนักงานขายและประสบการณ์ในการพิจารณาร่วมด้วยเช่นเดิม.....

5. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถนำไปพัฒนาต่อหรือปรับปรุงให้เกิดประโยชน์มากกว่านี้ได้หรือไม่

☑ ได้

❒ ไม่ได้

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

6. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

ระบบนี้ช่วยให้การเลือกเครื่องจักรในขั้นต้นง่ายขึ้น โดยอาศัยพื้นฐานจากการถามคำถามเบื้องต้นที่มักจะถามเป็นประจำหรือเป็นข้อมูลขั้นต้นที่จะต้องรู้ แต่ยังไม่สามารถรับประกันได้ว่าเครื่องที่เลือกจะใช้กับงานที่ต้องการจริงทั้งหมดได้หรือไม่ เพราะเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นทั่วไปเท่านั้น ไม่ใช่รายละเอียดชิ้นงานในเชิงลึกจริง ๆ

ผู้ใช้โปรแกรมนี้ จะต้องมีความรู้พื้นฐานก่อน ถึงจะสามารถใช้งานโปรแกรมนี้ได้

หลังจากมีการประมวลผลแล้ว น่าจะมีการสรุปผลด้วยว่า มีข้อมูลอะไรที่เราป้อนเข้าไปแล้วเป็นเกณฑ์สำคัญที่ทำให้โปรแกรมเลือกเครื่องรุ่นนั้น ๆ มา รวมถึงบอกรายละเอียดข้อมูลอื่น ๆ ที่ขัดแย้งหรือไม่ได้เป็นส่วนสำคัญในการพิจารณาเลือกเครื่องจักร เพื่อผู้ใช้งานจะได้รู้ว่าเครื่องจักรที่โปรแกรมเลือกให้ตอบสนองตามความต้องการหรือข้อมูลข้อไหนที่ป้อนเข้าไปบ้าง

5.8.2 ตัวอย่างแบบสอบถามสำหรับผู้ใช้งาน

5.8.2.1 ตัวอย่างที่ 1

<u>แบบสอบถามสำหรับผู้ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ</u>

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยวิศวกรความรู้ (Knowledge Engineering) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องที่เป็นผู้ใช้งานระบบ

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น
2. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย ✓ ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ รองผู้จัดการแผนกวิศวกรฝ่าย.....
2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ
   ขายเครื่องจักร.....
   .....
3. ท่านมีประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นของบริษัทตัวอย่างมาทั้งสิ้น ...6...ปี ในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
   ☑ การขาย ❒ การใช้งาน ❒ การซ่อมบำรุง ☑ การให้คำปรึกษาด้านเทคนิค
   ❒ อื่นๆ(โปรดระบุ).....
4. ท่านรู้จักระบบเชี่ยวชาญ (Expert System) มาก่อนหรือไม่ ❒ รู้จัก ☑ ไม่รู้จัก

ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาขีดเครื่องหมาย ✓ ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	ข้อคิดเห็น	
1. ในบางกรณี วิศวกรฝ่ายขายยังขาดความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมกับลักษณะงานและความต้องการของลูกค้า	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
2. ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับวิศวกรฝ่ายขาย	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
3. การทำงานของพนักงานฝ่ายขายไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอ เพราะไม่สามารถให้คำตอบเบื้องต้นกับลูกค้าได้ ในกรณีที่เครื่องจักรประเภทนั้นไม่ใช่เครื่องในหน้าที่รับผิดชอบของตน	❒ เห็นด้วย ☑ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
4. ผู้ที่พอจะมีความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นภายในองค์กร ซึ่งทำงานสนับสนุนอยู่เบื้องหลังมีอยู่จำกัด	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	ข้อคิดเห็น	
5. ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีความเชี่ยวชาญเฉพาะในเครื่องจักรบางประเภท ยังไม่มีบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญครบถ้วนภายในบุคคลเดียว	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
6. ในบางครั้งผู้เชี่ยวชาญมีโอกาสที่จะพลั้งเผลอหรือมองข้ามจุดสำคัญบางจุดในการพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมได้	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....

ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย ✓ ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ก่อนอบรมการใช้งาน ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความยากง่ายในการใช้งานอย่างไร
   - ❒ ใช้งานง่าย
   - ☑ ใช้งานค่อนข้างง่าย
   - ❒ ใช้งานยาก (เพราะ).....

2. หลังอบรมการใช้งาน ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความยากง่ายในการใช้งานอย่างไร
   - ❒ ใช้งานง่าย
   - ☑ ใช้งานค่อนข้างง่าย
   - ❒ ใช้งานยาก (เพราะ).....

3. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานช่วยเหลือวิศวกรฝ่ายขายหรือไม่
   - ☑ มีประโยชน์มาก
   - ❒ มีประโยชน์ปานกลาง
   - ❒ มีประโยชน์น้อย
   - ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้สำหรับวิศวกรฝ่ายขายที่เป็นพนักงานใหม่หรือไม่
   - ☑ มีประโยชน์มาก
   - ❒ มีประโยชน์ปานกลาง
   - ❒ มีประโยชน์น้อย
   - ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถจะช่วยลดความผิดพลาดในการเลือกเครื่องจักรผิดหรือเลือกเครื่องจักรที่มีความสามารถไม่เพียงพอได้หรือไม่

❒ ลดความผิดพลาดได้ทั้งหมด

❒ ลดความผิดพลาดได้มาก

❒ ลดความผิดพลาดได้น้อย

☑ อื่นๆ (โปรดระบุ) ในบางกรณี เพราะในความเป็นจริงสิ่งที่ลูกค้าต้องการอาจไม่เป็นไปตามที่ระบบคิดให้

6. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถช่วยให้กระบวนการขายมีความต่อเนื่องและมีความยืดหยุ่นมากขึ้นหรือไม่

☑ มากขึ้น

❒ เท่าเดิม

❒ ลดลง

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

7. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

ระบบควรจะมีตัวเลือกของคำตอบสำหรับคำถามในแต่ละข้อเป็นภาษาไทยด้วย เพื่อความง่ายในการเข้าใจ

คำถามบางข้อยังมีความไม่ชัดเจน ถ้ายังไม่ผ่านการเรียนเพื่อใช้งานระบบมาก่อน ถ้าเป็นไปได้อยากจะให้มีรูปภาพประกอบด้วย

ในกรณีของเครื่องตัด การแสดงผลควรจะให้ชัดกว่านี้

น่าจะมีการเพิ่มเครื่องจักรชนิดอื่น ๆ ที่เป็นเทคโนโลยีล่าสุดระบบอัตโนมัติของบริษัทลงไปเพิ่มเติมด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.8.2.2 ตัวอย่างที่ 2

<u>แบบสอบถามสำหรับผู้ใช้งานระบบผู้เชี่ยวชาญ</u>

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยวิศวกรความรู้ (Knowledge Engineering) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้องที่เป็นผู้ใช้งานระบบ

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น
2. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญ

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย ✓ ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ วิศวกรฝ่ายขาย

2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ
   ขายเครื่องจักรประเภทเครื่องตัด (Shearing) เครื่องพับ และเครื่องกึ่งอัตโนมัติต่าง ๆ (Fabricator) แนะนำ อธิบาย รวมทั้งให้ความรู้เพื่อการตัดสินใจของลูกค้า

3. ท่านมีประสบการณ์เกี่ยวกับเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นของบริษัทตัวอย่างมาทั้งสิ้น ..2..ปี ในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)
   ☑ การขาย ☑ การใช้งาน ☐ การซ่อมบำรุง ☐ การให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิค
   ☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

4. ท่านรู้จักระบบเชี่ยวชาญ (Expert System) มาก่อนหรือไม่ ☐ รู้จัก ☑ ไม่รู้จัก

ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญ

กรุณาขีดเครื่องหมาย ✓ ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	**ข้อคิดเห็น**	
1. ในบางกรณี วิศวกรฝ่ายขายยังขาดความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมกับลักษณะงานและความต้องการของลูกค้า	☑ เห็นด้วย ☐ ไม่เห็นด้วย	☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	ข้อคิดเห็น	
2. ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยตัดสินใจเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับวิศวกรฝ่ายขาย	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
3. การทำงานของพนักงานฝ่ายขายไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอ เพราะไม่สามารถให้คำตอบเบื้องต้นกับลูกค้าได้ ในกรณีที่เครื่องจักรประเภทนั้นไม่ใช่เครื่องในหน้าที่รับผิดชอบของตน	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
4. ผู้ที่พอจะมีความเชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นภายในองค์กร ซึ่งทำงานสนับสนุนอยู่เบื้องหลังมีอยู่จำกัด	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
5. ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมีความเชี่ยวชาญเฉพาะในเครื่องจักรบางประเภท ยังไม่มีบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญครบถ้วนภายในบุคคลเดียว	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....
6. ในบางครั้งผู้เชี่ยวชาญมีโอกาสที่จะพลั้งเผลอหรือมองข้ามจุดสำคัญบางจุดในการพิจารณาเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมได้	☑ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)..... .....

ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย ✓ ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ก่อนอบรมการใช้งาน ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความยากง่ายในการใช้งานอย่างไร
   - ❒ ใช้งานง่าย
   - ☑ ใช้งานค่อนข้างง่าย
   - ❒ ใช้งานยาก (เพราะ).....

2. หลังอบรมการใช้งาน ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความยากง่ายในการใช้งานอย่างไร
   - ❒ ใช้งานง่าย
   - ☑ ใช้งานค่อนข้างง่าย
   - ❒ ใช้งานยาก (เพราะ).....

3. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานช่วยเหลือวิศวกรฝ่ายขายหรือไม่
   - ☑ มีประโยชน์มาก
   - ❒ มีประโยชน์ปานกลาง
   - ❒ มีประโยชน์น้อย
   - ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีประโยชน์ต่อการเรียนรู้สำหรับวิศวกรฝ่ายขายที่เป็นพนักงานใหม่หรือไม่

❒ มีประโยชน์มาก

☑ มีประโยชน์ปานกลาง

❒ มีประโยชน์น้อย

☑ อื่นๆ (โปรดระบุ) เพราะการประมวลผลที่ได้อาจจะยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดสำหรับลูกค้า

5. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถจะช่วยลดความผิดพลาดในการเลือกเครื่องจักรผิดหรือเลือกเครื่องจักรที่มีความสามารถไม่เพียงพอได้หรือไม่

❒ ลดความผิดพลาดได้ทั้งหมด

☑ ลดความผิดพลาดได้มาก

❒ ลดความผิดพลาดได้น้อย

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

6. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นสามารถช่วยให้กระบวนการขายมีความต่อเนื่องและมีความยืดหยุ่นมากขึ้นหรือไม่

☑ มากขึ้น

❒ เท่าเดิม

❒ ลดลง

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

7. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

ระบบควรจะมีตัวเลือกของคำตอบสำหรับคำถามในแต่ละข้อให้มากขึ้น.....
สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือให้ลูกค้าดู เพื่อเพิ่มความมั่นใจได้.....
บาง Application ในระบบยังไม่ครอบคลุมข้อมูลและปัญหาทั้งหมดที่ลูกค้ามี.....
.....
.....
.....
.....

5.9 สรุป

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงตัวอย่างการใช้งานของระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นซึ่งเป็นเป็นการเปรียบเทียบกับการตัดสินใจเลือกจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ สำหรับตัวอย่างที่นำมาเป็นกรณีศึกษานี้มีด้วยกันทั้งหมด 5 ตัวอย่าง ประกอบไปด้วย ตัวอย่างในการเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัดจำนวน 3 ตัวอย่าง และตัวอย่างในกระบวนการทำงานพับอีก 2 ตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมสามารถอ้างอิงได้ในภาคผนวก ข. นอกเหนือไปจากตัวอย่างแล้วก็จะเป็นส่วนของแบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานระบบเพื่อที่จะได้ประเมินความถูกต้องในการประมวลผลของระบบ ทราบความคิดเห็นของบุคคลที่เกี่ยวข้อง ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบต่อไปในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลและเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นซึ่งเป็นแขนงหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) จะทำให้เกิดการตัดสินใจในการทำงานได้เร็วขึ้น และผลจากการตัดสินใจของระบบผู้เชี่ยวชาญจะเหมือนเดิมตลอด เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ (พนักงานฝ่ายที่ปรึกษา) จะมีปัจจัยของอารมณ์มาเกี่ยวข้อง และมีขอบเขตในด้านความจำ ซึ่งต่างจากคอมพิวเตอร์ที่สามารถรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนมาก เช่น ข้อมูลชนิดและรุ่นของเครื่องจักร ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่สำคัญของเครื่องจักรที่เป็นข้อจำกัดในการทำงานของแต่ละรุ่นว่ามีขอบเขตแค่ไหน ข้อมูลรหัสขนาดรุ่นของเครื่องจักรแต่ละประเภท ข้อมูลตารางแรงอัดสำหรับการคำนวณแรงในการพับ ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความต้านทางแรงดึงของวัสดุ เป็นต้น โดยผู้วิจัยหรือวิศวกรรมความรู้ได้ป้อนสิ่งที่เป็นความจริง ความรู้ และกฎต่าง ๆ ซึ่งได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ จากทฤษฎี และเอกสารทางความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับการเลือกเครื่องจักรแต่ละประเภทลงในคอมพิวเตอร์ ทำให้ระบบผู้เชี่ยวชาญมีความสามารถในการแก้ปัญหาเฉพาะเรื่องการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่น

กระบวนการออกแบบการเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นอาศัยความรู้ทางทฤษฎี และประสบการณ์ (Heuristics) ซึ่งได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญมนุษย์จำนวน 3 คนในบริษัท ซึ่งมีประสบการณ์การทำงานมาเป็นเวลานาน แต่ในบางโอกาสผู้เชี่ยวชาญมนุษย์อาจขาดความระมัดระวังหรือมองข้ามเงื่อนไขบางอย่างได้ หรือเมื่อผู้เชี่ยวชาญลาออกจากบริษัทไป ความชำนาญของเขาก็จะติดตัวไปด้วย ดังนั้นในการเก็บรวบรวมความรู้ความชำนาญเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญช่วย นอกจากนี้ถ้าหากใช้ผู้เชี่ยวชาญเพียงคนเดียว ซึ่งอาจจะเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ที่ลึกลงไปในรายละเอียดเฉพาะแต่เครื่องจักรบางประเภทเท่านั้น ก็อาจจะรับรองความถูกต้องได้ไม่แน่นอนว่าใช้ได้จริงหรือเหมาะสมหรือไม่ในกรณีที่ผู้เชี่ยวชาญท่านนั้นจำเป็นที่ต้องให้คำตอบหรือให้คำปรึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักรประเภทที่ตนเองยังไม่เชี่ยวชาญพอ แต่ถ้าใช้โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญก็จะสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เพราะฐานความรู้ (Knowledge Base) ที่รวบรวมมา สามารถเก็บมาจากผู้เชี่ยวชาญหลายคนได้ ด้วยเหตุนี้ผลลัพธ์ที่ได้ย่อมถูกต้องเหมาะสมมากขึ้น จะเห็นว่าถ้าใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องใช้ช่างที่มีความชำนาญหรือไม่จำเป็นต้องใช้พนักงานขายหลายคน และยังใช้ระบบนี้ในการฝึกพนักงานฝ่ายขายใหม่ ๆ ได้ด้วย ช่วยให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณภาพและคุ้มค่าขึ้น

โปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น มีความสามารถดังต่อไปนี้

1. สามารถเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด โดยสามารถแยกแยะได้ว่าเครื่องจักรที่เหมาะสมและตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานควรจะเป็นเครื่องจักรชนิดไหน ในบรรดาเครื่องจักรที่เป็นเครื่องต่างประเภทต่างชนิดกัน อย่างเช่น เครื่องตัดเลเซอร์ เครื่องเจาะ CNC หรือเครื่องตัดรวมด้วยเครื่องบากมุมและเครื่องเจาะกึ่ง Manual เป็นต้น นอกเหนือจากการเลือกชนิดประเภทของเครื่องแล้วก็สามารถที่จะรู้ถึงขอบเขตของขนาดชิ้นงานที่สามารถทำงานได้ รวมทั้งขอบเขตความหนาของวัสดุซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประเภทของเครื่องจักรในภายหลังได้อีกด้วย และผลสุดท้ายก็สามารถที่จะสรุปออกมาเป็นชนิดและรุ่นของเครื่องจักรที่ถูกต้องเหมาะสมได้

2. สามารถเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ โดยสามารถที่จะแยกแยะได้ว่าลักษณะงานพับแบบนั้น ๆ เหมาะสมที่จะเลือกชนิดรุ่นของเครื่องพับชนิดไหน นอกเหนือจากเลือกชนิดของรุ่นเครื่องพับแล้ว ระบบยังสามารถที่จะรู้ถึงขอบเขตในการทำงานเรื่องขนาดแรงอัดที่จำเป็นต้องใช้ในการพับ และระยะความยาวการพับสูงสุดได้ ซึ่งจากผลการคำนวณแรงอัดที่รวดเร็วและรับทราบค่าความยาวการพับสูงสุด จะทำให้ระบบสามารถที่จะสรุปคำตอบออกมาเป็นชนิดรุ่นและขนาดของเครื่องจักรที่ถูกต้องเหมาะสมได้

3. สำหรับกระบวนการพับ ผู้ใช้สามารถที่จะรู้ค่าแรงอัดสูงสุดที่จำเป็นต้องใช้ในการพับชิ้นงานได้ ซึ่งในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการลดขนาดของเครื่องพับรุ่นดังกล่าว ก็สามารถที่จะเลือกคำนวณแรงอัดการพับแบบผ่อนคลายเงื่อนไข เป็นผลให้ทราบค่าแรงอัดสูงสุดที่จำเป็นค่าใหม่ของการทำงานได้ ซึ่งจากค่าที่เปลี่ยนแปลงลดลงนี้ก็อาจจะเป็นผลให้ระบบเปลี่ยนคำตอบเลือกเครื่องพับที่มีขนาดเล็กลงได้

ผลจากการเปรียบเทียบการเลือกเครื่องจักรด้วยระบบผู้เชี่ยวชาญกับวิธีการเลือกและผลคำตอบที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมนุษย์จากตัวอย่างที่ทดลองใช้งานโปรแกรม จะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้เหมือนกัน แต่การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญจะให้ความแน่นอนและความเร็วในการเลือกมากกว่าผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ รวมทั้งยังสามารถแตกตัวเป็นจำนวนหลาย ๆ หน่วยได้ตามความต้องการ และมีการคงอยู่ที่ถาวรกว่าผู้เชี่ยวชาญมนุษย์อีกด้วย

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. คำตอบที่ได้จากการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเครื่องจักรแปรรูปโลหะแผ่นในงานวิจัยชุดนี้อาจจะยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากกระบวนการเลือกได้มาจากวิธีฮิวริสติก (Heuristic) และงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาต่อไป ดังนั้นหากต้องการจะได้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) จะต้องศึกษาเพิ่มเติมให้ระบบสามารถพลิกแพลงสถานการณ์ได้อย่างเช่นมนุษย์

2. คำตอบที่ได้น่าจะมีการเสนอเป็นทางเลือกถ้าลูกค้าต้องการปรับสเป็คหรือราคา เนื่องจากการตัดสินใจเป็นแบบที่ประเมินผลมาจากคำถามที่ต้องตอบโดยใช้การคิดนึกเอาเองในใจหรือเป็นการตัดสินใจแบบ Subjective ดังนั้นน่าจะมีทางเลือกเป็นลำดับให้ผู้ใช้งานมากกว่า 1 คำตอบ

3. เมื่อมีความรู้ใหม่เพิ่มขึ้นมา ฐานความรู้ควรมีการแก้ไขให้ทันสมัยตาม นอกจากนั้นกระบวนการเพิ่มความรู้ใหม่หรือแก้ไขความรู้ที่มีอยู่ วิศวกรความรู้ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุกครั้ง

4. การปรับปรุงโปรแกรมให้ทันสมัยต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง

5. ในอนาคตตัวโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญนี้ อาจจะนำไปเป็นระบบที่ปรึกษาสำหรับลูกค้าหรือผู้ที่สนใจผ่านทางระบบอินเตอร์เน็ท หรือทาง Homepage ของบริษัทเพื่อความเข้าใจที่มากขึ้นของผู้ที่ต้องการรับคำปรึกษาเบื้องต้น และจะได้ดำเนินการติดต่อกับพนักงานขายของบริษัท เพื่อทราบรายละเอียดที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นในโอกาสหลังจากนั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

1. ก่อเกียรติ เก่งสกุล, บุญเจริญ ศิริเนาวกุล, ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานปัญญาประดิษฐ์และระบบผู้เชี่ยวชาญ, กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2534.
2. เจษฎา เกิดบ้านชัน, คอมพิวเตอร์ช่วยในการเลือกและกำหนดขนาดใบพัดกวน, กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
3. ประยุทธ ดวงคล้าย, ระบบผู้เชี่ยวชาญการวินิจฉัยหาสาเหตุข้อขัดข้องของรถยนต์นั่ง, กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
4. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, รายงานผลการประดิษฐ์เปลือกระบบผู้เชี่ยวชาญ, กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.
5. วิลาส วูวงศ์, บุญเจริญ ศิริเนาวกุล, ระบบผู้เชี่ยวชาญ, กรุงเทพมหานคร : ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, 2535.
6. ศุภชัย นาทะพันธ์, การใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญเลือกเส้นทางงาน : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตแปรง, กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.
7. สมเดช แซ่ซือ, ระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับการเลือกกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก, กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

ภาษาอังกฤษ

8. Amada Sheet Metal Working Research Association, The ABC of Bending Tools, First Edition, Japan : Machinist Publishing Company, 1986.
9. B.Miko, Z.Zoller, Expert System Developing in Kappa PC and Level5 Object Shells, Romania : Department of Manufacturing, Budapest University of Technology and Economics, 2000.
10. D.V.Pigford, Greg Baur, Expert Systems For Business Concepts and Applications, Second Edition, United States of America : Boyd & Fraser Publishing Company, 1995.

11. Efraim Turban, Jay E. Aronson, Decision Support Systems and Intelligent Systems, Sixth Edition, United States of America : Prentice-Hall, 2001.

12. Information Builders, Level5 Object for Microsoft Windows Getting Started Guide Release 3.6, New York : Information Builders, 1995.

13. Information Builders, Level5 Object for Microsoft Windows Reference Guide Release 3.6, New York : Information Builders, 1995.

14. Japanese Standards Association, JIS HANDBOOK : Ferrous Materials & Metallurgy I, Japan : Japanese Standards Association, 1998.

15. Japanese Standards Association, JIS HANDBOOK : Ferrous Materials & Metallurgy II, Japan : Japanese Standards Association, 1998.

16. Japanese Standards Association, JIS HANDBOOK : Non-Ferrous Metals & Metallurgy, Japan : Japanese Standards Association, 1998.

17. Yuzana Khin, An Expert System For Selection And Processing Of Films And Foils For Flexible Packaging, Thailand, Bangkok : Master of Engineering, Asian Institute Of Technology, 2000.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

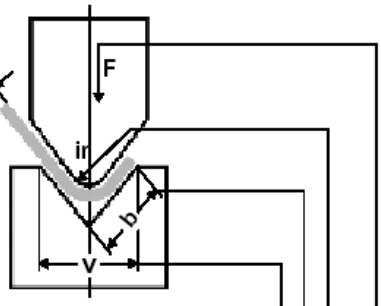
การใช้ตารางแรงอัดอ้างอิงคำนวณแรงที่ใช้ในการพับ

ก.1 การใช้ตารางแรงอัดอ้างอิง

ตารางแรงอัด เป็นเครื่องมือที่จำเป็นอย่างยิ่งในการทำงานพับ โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรจะสร้างตารางนี้เป็นแผ่นป้ายติดไว้ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ง่ายบนเครื่องพับ หรืออาจจะสามารถหาอ่านได้จากในหนังสือคู่มือ หรือในแค็ตตาล็อกของแม่พิมพ์ที่ได้จัดทำขึ้น ตารางแรงอัดของบริษัทตัวอย่างแสดงได้ดังรูปที่ ก.1

ความสัมพันธ์ของความหนาวัสดุ (t) และความกว้างร่อง V

ความหนาวัสดุ (**t** mm)	0.5 – 2.5	3.0 - 8	9 – 10	≥ 12
ความกว้างร่อง V	6**t**	8**t**	10**t**	12**t**



t / V	4	6	7	8	10	12	14	16	18	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
	2.8	4	5.0	5.5	7	8.5	10	11	13.5	14	17.5	22	28	35	45	55	71	89	113	140	175
	0.7	1	1.1	1.3	1.6	2	2.3	2.6	3	3.3	4	5	6.5	8	10	13	16	20	26	33	41
0.5	4	3																			
0.6	6	4	4	4																	
0.8		7	7	5	4																
1.0		11	10	8	7	6															
1.2			14	12	10	8	7	6													
1.4				15	13	11	10	9	8												
1.6					17	15	13	11	10	9											
2.0						22	19	17	15	13	11										
2.3							25	23	19	17	15	12									
2.6								28	25	22	18	14									
3.0									34	30	24	19	15								
3.2										34	27	22	17	14							
3.5											33	26	20	16	13						
4.0											43	34	27	21	17						
4.5												44	34	27	21						
5.0												52	42	33	26	21					
6													60	48	38	30	24				
7															52	41	33	26			
9																67	54	43			
10																85	67	53	42		
12																	96	78	60	55	
16																		136	107	86	
19																			150	125	88
22																				160	130
25																				210	170
30																					240

t : ความหนาแผ่นวัสดุ (mm)
(ความแข็งแรงการดึง : 45-50 kg/mm2)
F : แรงการพับต่อความยาว 1 เมตร (ton/m)
ir : รัศมีความโค้งด้านในรอยพับ (mm)
b : ความยาวระยะปีกน้อยสุด (mm)
v : ความกว้างร่อง V-die (mm)

รูปที่ ก.1 ตารางแรงอัดอ้างอิง

ก.2 วิธีอ่านตารางแรงอัด

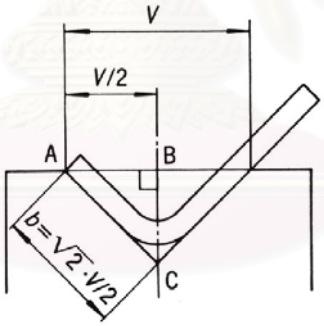
จากตารางด้านบน จะเป็นตารางแรงอัดของการพับชนิด Air Bending ซึ่งสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในตารางมีความหมายดังต่อไปนี้

1) สัญลักษณ์ t : ในแกนแนวตั้ง แสดงค่าความหนาวัสดุ มีช่วงตั้งแต่ 0.5 - 30 ม.ม.

2) สัญลักษณ์ V : ในแกนแนวนอน แถวบนสุด แสดงถึงค่าความกว้างร่อง V ของ Die ซึ่งขนาดต่าง ๆ ที่แสดงในตารางจะเป็นขนาดความกว้างร่องชนิดมาตรฐาน

3) สัญลักษณ์ b : ในแถวกลางแสดงถึงระยะปีกการพับน้อยสุด ที่สามารถพับได้สำหรับร่อง V-Die นั้น ๆ ซึ่งโดยปกติแล้ว เวลาพับชิ้นงานจะต้องมีเนื้อวัสดุรองรับที่บ่าทั้งสองข้างของร่อง V-Die ตลอดเวลาจนกว่าจะพับรอยนั้นเสร็จ มิฉะนั้นเมื่อระยะปีกสั้นเกินไปแล้ว จะทำให้ชิ้นงานลื่นไถลตกลงไปในร่อง V-Die ทำให้เส้นแนวพับเปลี่ยนไปไม่ตรงตำแหน่ง เกิดการพับที่ไม่เที่ยงตรงและอาจเกิดอันตรายได้ ในรูปที่ ก.2 จะแสดงวิธีการคำนวณระยะปีกการพับน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นว่าเราสามารถคำนวณ ได้ดังสมการ

$$b = (\sqrt{2})\frac{V}{2}$$



รูปที่ ก.2 วิธีการคำนวณระยะปีกการพับน้อยที่สุด

4) สัญลักษณ์ ir : ในแถวถัดมาแสดงถึงรัศมีความโค้งด้านในรอยพับของชิ้นงาน ซึ่งเกิดขึ้นโดยธรรมชาติตามอิทธิพลของร่อง V-Die นั้น ๆ ซึ่งจากตารางเราสามารถกล่าวได้คร่าว ๆ ว่า ir มีค่าประมาณ 1/6 ของความกว้างร่อง V-Die

5) สัญลักษณ์ F : ซึ่งอยู่บริเวณกลางตารางเกาะกลุ่มกันเป็นแนวเฉียง จะแสดงถึงค่า Tonnage ที่ต้องการใช้ในการพับชิ้นงานต่อความยาว 1 เมตร (ระหว่างการเลือกใช้ร่อง V ที่เหมาะสม เพื่อพับชิ้นงานที่ค่าความหนาต่าง ๆ และค่าแรง Tonnage ในที่นี้จะเป็นค่าแรงสำหรับวัสดุชนิดเหล็กธรรมดาซึ่งมีค่าความแข็งแรงในการดึง : 45 - 50 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร)

เมื่อมีการกำหนดความหนาของวัตถุดิบของชิ้นงานและรัศมีการพับด้านในแล้ว เราสามารถรู้สิ่งต่าง ๆ ต่อไปนี้จากตารางได้

- ความกว้าง V-Die ของแม่พิมพ์ที่ใช้พับ
- ค่าความยาวน้อยสุดของระยะปีกที่สามารถจะพับได้
- ค่าแรง tonnage ที่จำเป็นสำหรับการพับต่อความยาวของชิ้นงาน 1 เมตร

ก.3 ความสัมพันธ์ 4 อย่าง

ความสัมพันธ์ทั้ง 4 อย่างที่กำลังจะกล่าวถึงนี้ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับหรือค่า tonnage ที่เราจะทำการคำนวณกับตัวแปรที่สำคัญ ๆ 4 ตัวดังต่อไปนี้

- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความกว้างร่อง V ของแม่พิมพ์
- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความหนาของแผ่นโลหะ (t)
- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความยาวที่จะพับ (l)
- ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความต้านทางแรงดึง (δb)

เหตุผลโดยส่วนใหญ่ที่ไม่ใช้ค่าจากตารางได้โดยเต็มที่นั้น ก็เพราะว่ายังเข้าใจถึงของความสัมพันธ์ทั้ง 4 นี้ยังไม่ลึกซึ้งเพียงพอ แต่เมื่อทำความเข้าใจได้อย่างถ่องแท้แล้วก็จะนำมาใช้ได้ผลเป็นอย่างมาก ความสัมพันธ์ทั้ง 4 ถ้ากล่าวเป็นสัญลักษณ์ ก็คือ F กับ V, F กับ t, F กับ L, และ F กับ δ_b

1) ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ V

ตาราง ก.1ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ V

ถ้า t = 1	*V*(mm)	6	12
	F(ton)	11	6

ถ้า t = 2	*V*(mm)	12	25
	F(ton)	22	11

จากตาราง ก.1 นั้น เป็นปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับต่อ 1 เมตร โดยเปลี่ยนความกว้างของ V กับแผ่นโลหะที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร และ 2 มิลลิเมตร และจะสังเกตได้ว่าถ้าความกว้างของ V มากขึ้นเป็น 2 เท่า ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง ดังนั้นความสัมพันธ์ของ F กับ V จะเป็นแบบแปรผกผันกัน สามารถแทนความสัมพันธ์ด้วยสมการดังต่อไปนี้ คือ

$$F = K \times \frac{1}{V}$$

2) ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ t

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับกับความหนาของแผ่นโลหะนี้ ส่วนใหญ่จะเกิดความเข้าใจผิดได้ง่าย โดยทั่วไปเรามักจะได้ยินจากการสนทนาในที่ทำงานเสมอว่า “ถ้าความหนาของแผ่นโลหะมากขึ้นเป็น 2 เท่า ปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับก็ต้องเพิ่มเป็น 2 เท่า” ซึ่งคำพูดนี้เป็นการเข้าใจผิดอย่างแน่นอน

ตาราง ก.2 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ t

ถ้า V = 12	t(mm)	1	2
	F(ton)	6	22

ถ้า V = 16	t(mm)	1.2	2.3
	F(ton)	6	23

จากตาราง ก.2 แสดงให้เห็นถึงปริมาณตันที่จำเป็นต่อการพับในกรณีที่ความกว้างของ V คงที่ แต่ความหนาของแผ่นโลหะเปลี่ยนไป จากตารางถ้าความกว้างของ V นั้นเท่ากัน เมื่อ t เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าแล้วเราจะทราบว่าค่าของ F จะเพิ่มขึ้นโดยประมาณ 4 เท่า กล่าวคือ F จะมากขึ้นเป็นกำลัง 2 ของการเปลี่ยนแปลงของ t ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ t จึงไม่ใช่การแปรผันตรงแบบธรรมดา

ต้องแก้ไขบทสนทนาในที่ทำงานใหม่ว่า“ถ้าแผ่นโลหะหนาขึ้นเป็น 2 เท่าแล้วปริมาณตันที่จำเป็นต่อการพับก็ต้องเพิ่มเป็น 4 เท่า” จึงจะถูกต้อง

ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ t สามารถแทนด้วยสมการดังต่อไปนี้ คือ

$$F = K \times t^2$$

3) ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ L

L คือความยาวส่วนที่จะพับของชิ้นงาน F กับ L จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกัน จากตารางแสดงปริมาณแรงอัดที่จำเป็นต่อการพับนั้นจะเป็นค่าต่อความยาวส่วนที่จะพับของชิ้นงาน 1 เมตร ดังนั้นถ้าความยาวของชิ้นงานที่จะพับเป็นหน่วยความยาวอื่น ๆ ก็ต้องคำนวณเป็นเมตรก่อน แล้วนำค่าที่ได้ไปคูณกับค่าในตาราง

ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ L สามารถแทนด้วยสมการดังต่อไปนี้ คือ

$$F = K \times L$$

ตาราง ก.3 ความต้านทานแรงดึงของวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุ	ความต้านทานแรงดึง (Kg / mm^2)	
	อ่อน	แข็ง
LEAD	2.5 – 4	-
Sn	4 – 5	-
ALUMINIUM (99.0%)	9.3	171
HIGH STRENGTH SYSTEM ALUMINIUM ALLOYS	23	48
DURALUMIN	26	48
Zn	15	25
Cu	22 – 28	30 – 40
BRASS (70:30)	33	53
BRASS (60:40)	38	49
PHOSPHOR BRONZE (5%3n)	33	57
BRONZE	40 – 50	50 – 75
NICKLE SILVER	35 – 45	55 – 70
IRON SHEET	-	45
DEEP DRAWING IRON SHEET	32 – 38	-
STEEL SHEET	-	60 – 70
STEEL 0.1%C	32	40
STEEL 0.2%C	40	50
STEEL 0.3%C	45	60
STEEL 0.4%C	56	72
STEEL 0.6%C	72	90
STEEL 0.8%C	90	110
STEEL 1.0%C	100	130
SILICON STEEL SHEET	55	65
STAINLESS STEEL SHEET	65 – 70	-
NICKLE	44 – 50	57 – 63

4) ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ δb

ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับความต้านทานแรงดึง δb นั้น จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงซึ่งกันและกันคล้าย ๆ กับความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ L ถ้าใช้ความสัมพันธ์นี้ในการเปรียบเทียบโลหะอื่นนอกเหนือจาก SS41 ตัวอย่างเช่น โลหะแผ่นรีดเย็น อลูมิเนียม ทองแดง ถ้าทราบค่า δb ของวัสดุเหล่านี้ก็จะสามารถคำนวณปริมาณแรงอัดที่จำเป็นได้ดังแสดงในตารางที่ ก-3

ตาราง ก-3 เป็นตารางแสดงค่าความแข็งแรงดึงของวัสดุที่ใช้ในการพับ แต่ไม่ว่าวัสดุใดก็ตามก็จะแยกชนิดออกไปอีกมาก ในกรณีที่ใช้คำนวณนั้นจำเป็นต้องตรวจดูค่า δ_b ของวัสดุนั้น ๆ ก่อน ข้อมูลในตารางนี้จะใช้เพื่อเป็นการอ้างอิงเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ δ_b สามารถแทนด้วยสมการดังต่อไปนี้ คือ

$$F = K \times \delta_b$$

ก.4 วิธีคำนวณจำนวนตันที่ใช้ในการพับ

เมื่อเราต้องการทราบว่าเครื่องพับที่ติดตั้งอยู่สามารถทำงานได้หรือไม่ หรือในกรณีที่ต้องการเลือกชนิดของเครื่องใหม่นั้น จำนวนตันจะเป็นพื้นฐานในการตัดสินใจเลือก เมื่อถึงตอนนั้นแล้ววิธีการคำนวณจำนวนตันก็คือ การใช้ F จากตารางแสดงแรงอัดเป็นหลัก และคำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์หลาย ๆ ข้อที่กล่าวข้างต้นมาเกี่ยวข้อง

ข้างล่างนี้ เป็นตัวอย่างคำถามและคำตอบเกี่ยวกับการคำนวณปริมาณตันที่จำเป็นในการพับเมื่อใช้วิธีการอ่านจากตารางแรงอัดอ้างอิง หลังจากเมื่อทำความเข้าใจแล้วก็จะสามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์ทั้ง 4 อย่างนั้นได้อย่างดีขึ้น

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> จะต้องใช้แรงอัดเท่าใดในการพับแผ่นเหล็กสเตนเลส SUS304 (ความต้านทานแรงดึง : 60 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร) ที่มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร ความยาว 4 เมตร

<u>(คำตอบ)</u> ความกว้างร่อง V-die ที่เหมาะสมสำหรับงานนี้คือ 6 x 1.5 = 9 มิลลิเมตร (ประมาณ 6 เท่าของความหนา) แต่ขนาดความกว้างร่อง V-die 9 มิลลิเมตร ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน ดังนั้นเราจะเลือกใช้ V = 10 มิลลิเมตร แทน ในกรณีนี้ความหนาแผ่นชิ้นงาน 1.5 มิลลิเมตร ก็ไม่มีค่าให้อ่านในตารางแรงอัด ดังนั้นเราจึงควรจะอ่านค่าแรงอัดสำหรับ t = 1.6 มิลลิเมตร (ใกล้เคียงกับ 1.5) และ V = 10 มิลลิเมตร ซึ่งจะอ่านค่าได้จากตารางเท่ากับ 17 ตัน (ค่า K นั่นเอง) (ข้อมูลเหล่านี้ที่จะใช้เป็นค่าอ้างอิงหลักในการคำนวณ) คำนวณค่าแรงอัด โดยพิจารณาดูความสัมพันธ์ทั้ง 4 ข้างต้น ว่ามีความสัมพันธ์ตัวไหนที่แตกต่างกัน

ระหว่างค่าที่เราจะทำงานจริงกับค่าที่อ่านมาจากในตาราง ซึ่งได้แก่ ความหนา ความแข็งแรงการดึง และความยาวการพับ ซึ่งการคำนวณแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$F = 17 \times \left[\left(\frac{1.5}{1.6} \right)^2 \right] \times \left(\frac{60}{45} \right) \times 4 \approx 80 \text{ ตัน}$$

คำตอบที่ได้ คือ 80 ตัน (การคำนวณนี้ ปัดเศษจุดทศนิยมขึ้นเป็น 1 หน่วยจำนวนเต็ม)

ตัวอย่างที่ 2 จะต้องใช้แรงอัดเท่าใดในการพับเหล็กรีด SS41 ที่มีความหนา 15 มิลลิเมตร ความยาว 3100 มิลลิเมตร และ มีความยาวระยะปีกการพับ 120 มิลลิเมตร

(คำตอบ) ความกว้างร่อง V-die ที่เหมาะสมสำหรับงานนี้ คือ 12 x 15 = 180 มิลลิเมตร (ประมาณ12 เท่าของความหนา) ในตารางมีความกว้างร่อง V-die ขนาดมาตรฐาน คือ 160 มิลลิเมตร และ 200 มิลลิเมตร แต่ V = 200 มิลลิเมตร ไม่เหมาะสมเนื่องจากระยะ b = 140 มิลลิเมตร ของร่องมีค่ามากกว่าความยาวของระยะปีกที่เราจะพับ 120 มิลลิเมตร ดังนั้นเราจะเลือกใช้ร่อง V = 160 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ 1 คือ ค่าความหนา 15 มิลลิเมตร ไม่มีแสดงในตาราง ดังนั้นเราจึงควรจะอ่านค่าแรงอัดสำหรับ t = 16 มิลลิเมตร และ V = 160 มิลลิเมตร ซึ่งจะอ่านค่าได้จากตารางเท่ากับ 107 ตัน ด้วยเหตุนี้เราจะสามารถคำนวณค่าแรงอัด F ได้ว่า

$$F = 107 \times \left[\left(\frac{15}{16} \right)^2 \right] \times 3.1 \approx 292 \text{ ตัน}$$

คำตอบที่ได้คือ 292 ตัน

ตัวอย่างที่ 3 ให้คำนวณค่าแรงที่ต้องการ เมื่อพับเหล็กธรรมดา SPCC ความหนา t = 3.2 มิลลิเมตร และความยาว L = 2400 มิลลิเมตร ด้วยความกว้างร่อง V ขนาด 18 มิลลิเมตร ซึ่งค่า δ_b = 32 กิโลกรัมต่อตารางมิลลิเมตร

(คำตอบ) ความกว้างร่อง V-die ที่เหมาะสมสำหรับงานนี้คือ 8 x 3.2 ≈ 25 มิลลิเมตร (ประมาณ 8 เท่าของความหนา) อย่างไรก็ตามเมื่อเราลดขนาดร่อง V ลงด้วยเหตุผลบางประการ (เช่นระยะปีกการพับสั้นไป หรือ ต้องการรัศมีความโค้งด้านในของชิ้นงานน้อยๆ) เราอาจจะลดขนาดร่องลงได้ 1 ขนาด (ในตารางจะแสดงเป็นช่องว่างถัดจากค่าริมสุด) แต่เราไม่แนะนำให้ลดขนาดลงมากกว่า 1 ขนาด หรือ 1 ช่องเพราะจะทำให้ไม่ได้ความแม่นยำที่น่าพึงพอใจและอาจเกิดอันตรายได้ (ซึ่งในข้อนี้ความกว้างร่องที่จะเลือกใช้คือ18 มิลลิเมตร

แต่ค่าริมสุดที่สามารถอ่านได้จากตารางคือ 20 มิลลิเมตร) ดังนั้นเราจะอ่านค่าแรงอัดสำหรับ t = 3.2 มิลลิเมตร และ V = 20 มิลลิเมตร ได้จากตารางเท่ากับ 34 ตัน ซึ่งจะช่วยให้สามารถคำนวณค่าแรงที่ต้องการได้ดังนี้

$$F = 34 \times \left(\frac{20}{18}\right) \times \left(\frac{32}{45}\right) \times 2.4 \approx 65 \text{ ตัน}$$

คำตอบที่ได้คือ 65 ตัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างเพิ่มเติมของการทดสอบโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ

ข.1 ตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

ข.1.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ฉ. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องจักรกลการเกษตร ผลิตฝาครอบและชิ้นส่วนของเครื่องจักร ซึ่งชิ้นงานมีรูปร่างภายนอกที่ค่อนข้างจะเป็นแบบที่ซับซ้อนมากโดยที่แนวเส้นส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแนวเส้นโค้ง มีจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานในระดับปานกลาง ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรูภายในชิ้นงานค่อนข้างซับซ้อน สำหรับลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิตนั้นจะมีแบบงานจำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว โดยที่ปริมาณการผลิตของชิ้นงานก็อยู่ในระดับพันชิ้นต่อเดือน นอกจากนั้นผู้ใช้ก็ไม่มีความเห็นเพิ่มเติมพิเศษอะไร

ข.1.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) รูปร่างภายนอกของชิ้นงาน = รูปร่างซับซ้อน เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นโค้ง
4) รูภายในของชิ้นงาน = มีรูภายใน
5) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน = เป็นรูรูปร่างมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยม)
6) ปริมาณรูภายในของชิ้นงาน = มีจำนวนรูน้อยกว่า 50 รู
7) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน = มีชนิดของรูระหว่าง 6 ถึง 25 ชนิด
8) ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรู = เป็นรูปแบบซับซ้อน
9) บนชิ้นงานมีการขึ้นรูปหรือไม่ = ไม่มีการขึ้นรูป
10) ลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิต = จำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว
11) ปริมาณการผลิต = หลักพันต่อเดือน
12) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
13) ระดับเสียงรบกวนในการทำงาน = เสียงรบกวนต่ำ
14) การทำโปรแกรมหรือระบบควบคุมเครื่องจักร = ทำงานแบบ CAD/CAM และระบบควบคุมเครื่องจักรชนิด CNC

15) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่มี
16) งบประมาณ = ไม่ระบุ
17) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กธรรมดา
18) ความหนาปกติ = 2 มิลลิเมตร
19) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
20) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต
21) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กโครงสร้าง
22) ความหนาสูงสุด = 9 มิลลิเมตร
23) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
24) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต

ข.1.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

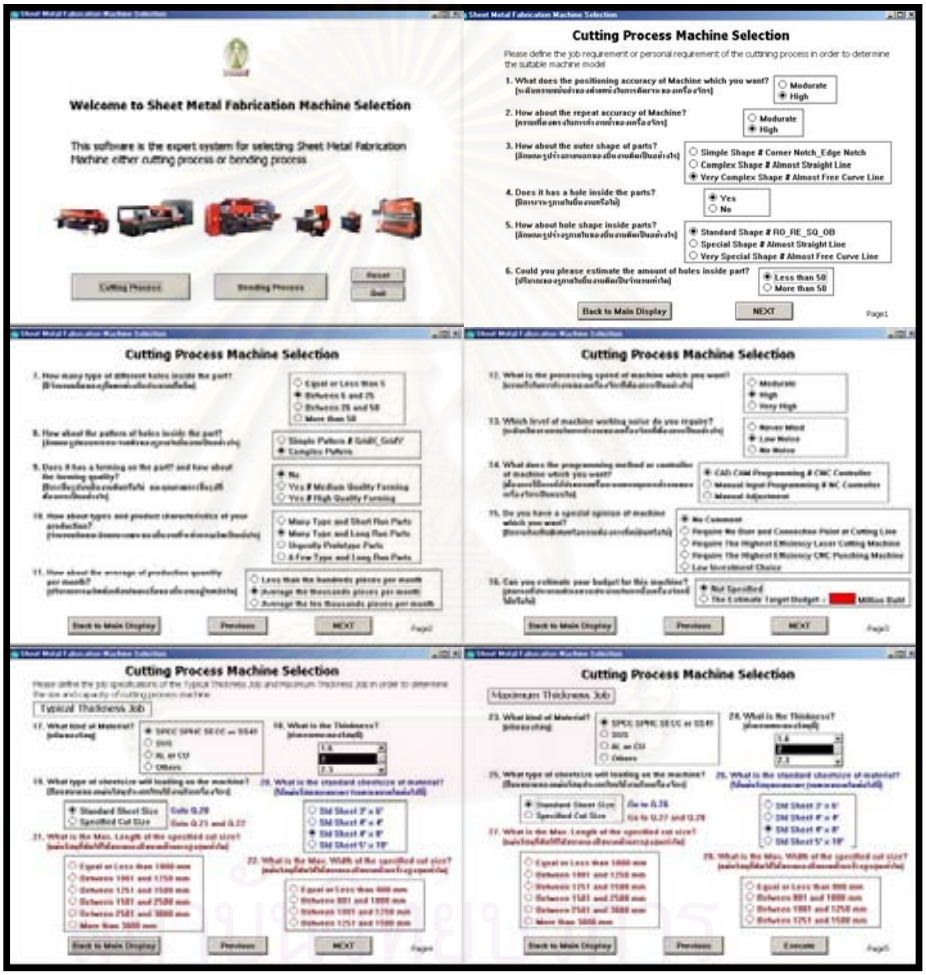
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างภายนอกค่อนข้างจะเป็นแบบที่ซับซ้อนซึ่งมีแนวเส้นขอบส่วนใหญ่เป็นแนวเส้นโค้ง มีปริมาณรูในระดับปานกลาง และจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานจำนวนมากมายหลายชนิดอยู่ในช่วง 6 ถึง 25 ชนิด ความแม่นยำที่ต้องการของชิ้นงานก็อยู่ในระดับสูง ต้องการเครื่องจักรที่มีความเร็วการทำงานสูงด้วย ลักษณะการผลิตมีแบบจำนวนมากแต่ก็ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแบบบ่อย ๆ และปริมาณผลิตต่อเดือนก็อยู่ในระดับหลักพัน สำหรับงานความหนาปกติก็เป็นเหล็กธรรมดาหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งใช้แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน 4 x 8 ฟุต ในการขึ้นงาน ส่วนงานความหนาสูงสุดก็เป็นเหล็กโครงสร้างหนา 9 มิลลิเมตร และใช้แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน 4 x 8 ฟุต

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องตัดเลเซอร์ เพราะหัวตัดเลเซอร์สามารถวิ่งตัดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งหรืองานที่มีรูปร่างแปลก ๆ ได้อย่างต่อเนื่องสวยงาม มีความแม่นยำในการทำงานสูง รองรับการผลิตชิ้นงานที่มีแบบจำนวนมากและงานที่มีช่วงความหนาแตกต่างกันมาก ๆ ได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องซื้อแม่พิมพ์ รวมทั้งสามารถตัดชิ้นงานที่มีค่าความหนาสูง ๆ ได้ เพราะการตัดไม่ได้ใช้แรงในการทำงาน จึงไม่ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของวัสดุ จากข้อมูลทางด้านขนาดและความหนาของชิ้นงานทำให้ได้ผลสรุปว่า

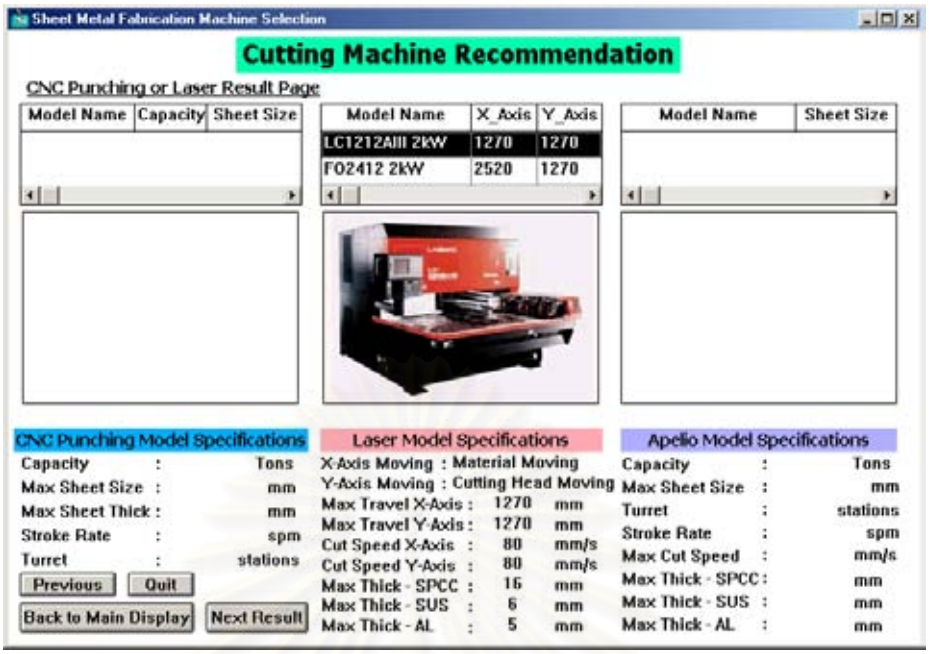
- เครื่องตัดเลเซอร์ควรจะเป็นรุ่น FO2412 2kW ซึ่งเป็นเครื่องตัดเลเซอร์ที่มีกำลังของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ขนาด 2 กิโลวัตต์ สามารถตัดงานเหล็กได้หนาสูงสุดถึง 16 มิลลิเมตร สามารถขึ้นงานขนาด 4 x 8 ฟุตได้ และมีความเร็วในการทำงานตัดสูง

ข.1.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

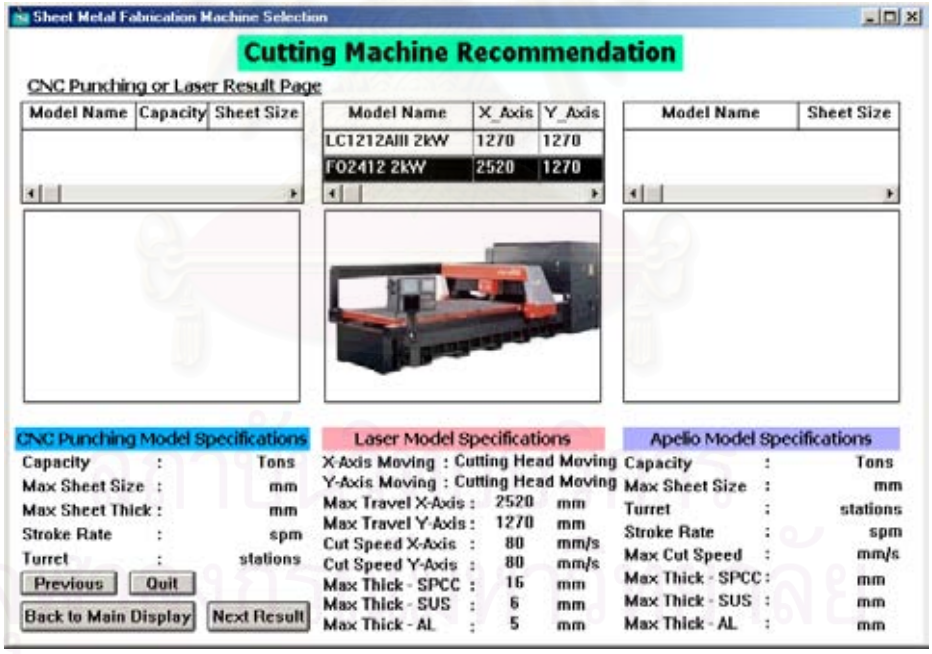
ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ ข.1 ทำให้ได้คำตอบออกมา 2 คำตอบดังรูปที่ ข.2 คือ เลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC1212AIII 2kW และในรูปที่ ข.3 คือ เลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น FO-2412 2kW ซึ่งสามารถตัดงานได้ที่ระดับความหนาใกล้เคียงกัน และขึ้นงานขนาด 4 x 8 ฟุตได้เหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่โครงสร้างและฟังก์ชันการทำงานของหัวตัดเลเซอร์



รูปที่ ข.1 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1



รูปที่ ข.2 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1



รูปที่ ข.3 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้คำตอบหนึ่งตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

ข.2 ตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานตัด

ข.2.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ช. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์จัดเก็บและจัดบริการอาหารบนเครื่องบินพาณิชย์ ซึ่งชิ้นงานมีรูปร่างภายนอกที่ค่อนข้างจะเป็นแบบไม่ซับซ้อนมากแต่มีแนวเส้นส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแนวเส้นโค้ง มีจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานในระดับปานกลาง ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรูภายในชิ้นงานเป็นรูปแบบง่าย ๆ ระยะห่าง X และ Y เท่า ๆ กัน สำหรับลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิตนั้นมีจำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว โดยที่ปริมาณการผลิตของชิ้นงานอยู่ในระดับสูงเป็นหมื่นชิ้นต่อเดือน นอกจากนั้นผู้ใช้ยังต้องการเครื่องจักรที่สามารถตัดงานได้อย่างสวยงามโดยไม่มีครีบและรอยต่อของแม่พิมพ์ในแนวเส้นการตัดด้วย

ข.2.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านตำแหน่งของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) รูปร่างภายนอกของชิ้นงาน = รูปร่างซับซ้อน เส้นเกือบทั้งหมดเป็นเส้นโค้ง
4) รูภายในของชิ้นงาน = มีรูภายใน
5) รูปร่างของรูภายในชิ้นงาน = เป็นรูรูปร่างมาตรฐาน (วงกลม สี่เหลี่ยม)
6) ปริมาณรูภายในของชิ้นงาน = มีจำนวนรูมากกว่า 50 รู
7) จำนวนชนิดของรูที่แตกต่างกัน = มีชนิดของรูระหว่าง 6 ถึง 25 ชนิด
8) ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรู = เป็นรูปแบบง่าย ๆ ระยะห่าง x และ y เท่ากัน
9) บนชิ้นงานมีการขึ้นรูปหรือไม่ = ไม่มีการขึ้นรูป
10) ลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่ผลิต = จำนวนชนิดมากและผลิตเป็นเวลานานระยะยาว
11) ปริมาณการผลิต = หลักหมื่นต่อเดือน
12) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
13) ระดับเสียงรบกวนในการทำงาน = เสียงรบกวนต่ำ
14) การทำโปรแกรมหรือระบบควบคุมเครื่องจักร = ทำงานแบบ CAD/CAM และระบบควบคุมเครื่องจักรชนิด CNC
15) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = รอยตัดไม่มีครีบและไม่มีรอยต่อของแม่พิมพ์
16) งบประมาณ = ไม่ระบุ
17) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = อลูมิเนียม
18) ความหนาปกติ = 1.2 มิลลิเมตร
19) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน

20) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต
21) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = อลูมิเนียม
22) ความหนาสูงสุด = 2 มิลลิเมตร
23) ขนาดของแผ่นวัสดุ = เป็นแผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน
24) ขนาดของแผ่นวัสดุมาตรฐาน = 4 x 8 ฟุต

ข.1.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

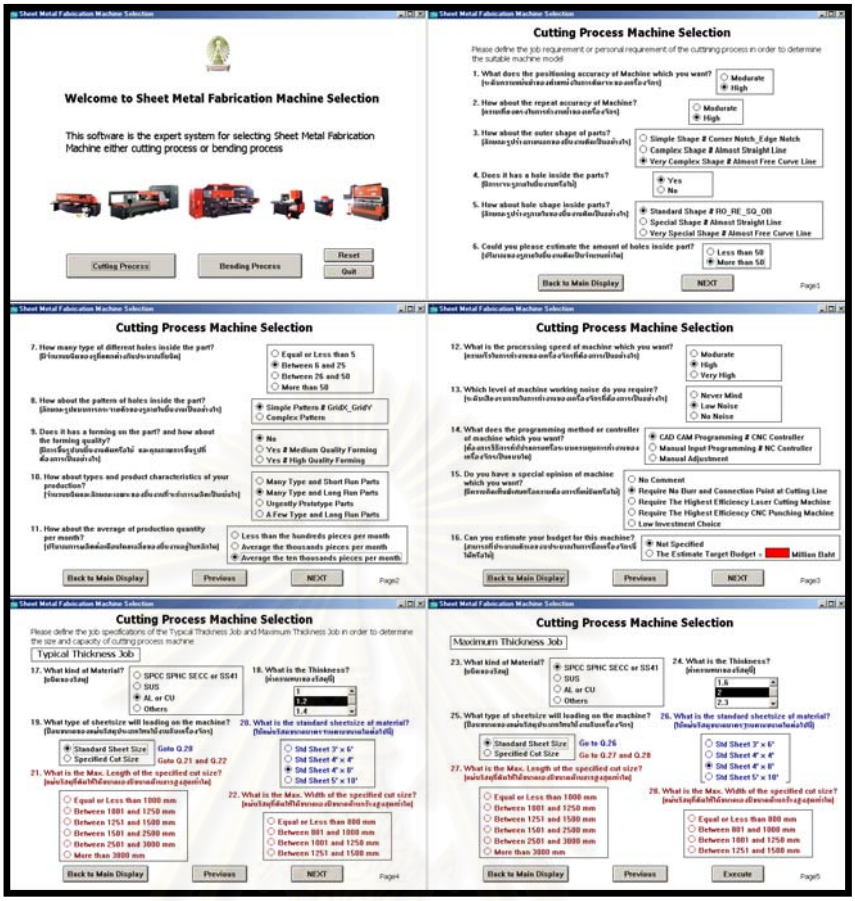
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างภายนอกค่อนข้างจะเป็นแบบไม่ซับซ้อนมากแต่มีแนวเส้นส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแนวเส้นโค้ง มีจำนวนชนิดของรูภายในชิ้นงานในระดับปานกลาง รูมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ลักษณะรูปแบบการกระจายตัวของรูภายในชิ้นงานเป็นรูปแบบง่าย ๆ ระยะห่าง X และ Y เท่า ๆ กัน และปริมาณการผลิตของชิ้นงานอยู่ในระดับสูงเป็นหมื่นชิ้นต่อเดือน นอกจากนั้นผู้ใช้ยังต้องการเครื่องจักรที่สามารถตัดงานได้อย่างสวยงามโดยไม่มีครีบและรอยต่อของแม่พิมพ์ในแนวเส้นการตัดด้วย สำหรับชิ้นงานก็เป็นวัสดุอลูมิเนียมหนา 1.2 ถึง 2.0 มิลลิเมตร ซึ่งใช้แผ่นวัสดุขนาดมาตรฐาน 4 x 8 ฟุต ในการขึ้นงาน

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่อง Combination เพราะหัวตัดเลเซอร์สามารถวิ่งตัดชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งหรืองานที่มีรูปร่างแปลก ๆ ได้อย่างต่อเนื่องสวยงาม ผิวตัดไม่มีครีบและรอยต่อของแม่พิมพ์ ส่วนรูภายในชิ้นงานก็สามารถใช้แม่พิมพ์เจาะรูละหนึ่งครั้งได้อย่างรวดเร็ว มีความแม่นยำในการทำงานสูง รองรับการผลิตซึ่งมีจำนวนมากถึงระดับหมื่นชิ้นต่อเดือนได้ จากข้อมูลทางด้านขนาดและความหนาของชิ้นงานทำให้ได้ผลสรุปว่า

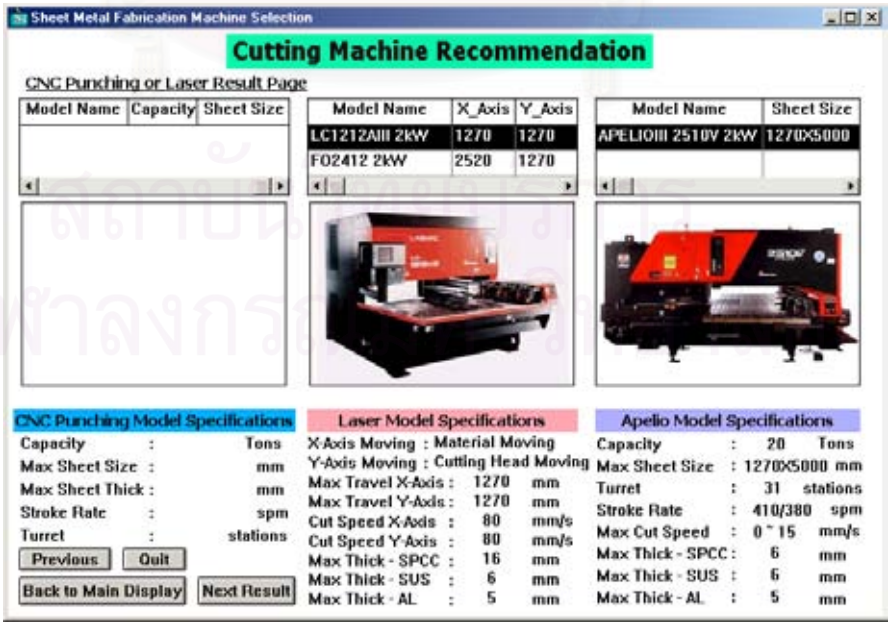
- เครื่อง Combination ควรจะเป็นรุ่น APELIOIII 2510V 2kW ซึ่งมีแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ขนาด 2 กิโลวัตต์ สามารถตัดงานอลูมิเนียมได้หนาสูงสุดถึง 5 มิลลิเมตร สามารถขึ้นงานขนาด 4 x 8 ฟุตได้ และมีความเร็วในการทำงานตัดสูง

ข.1.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

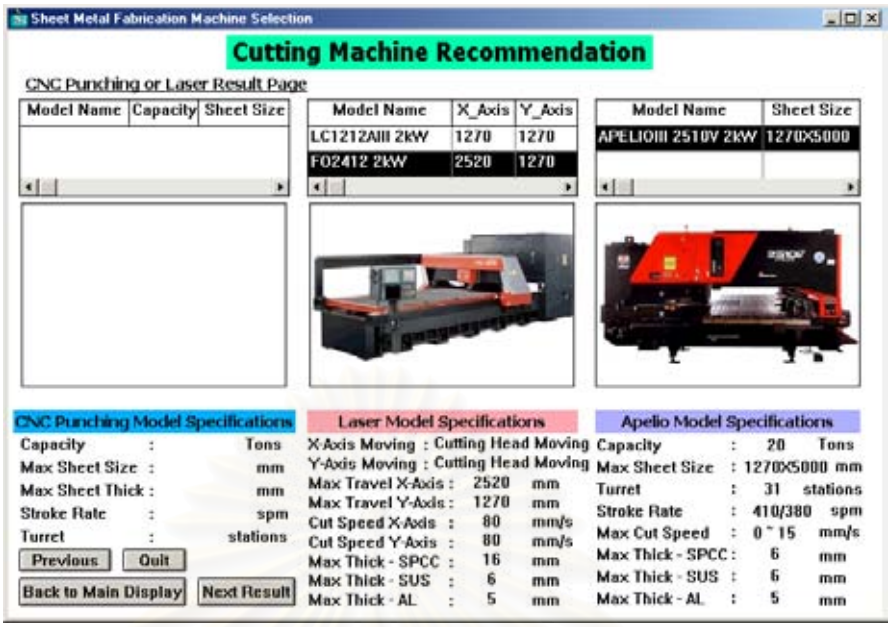
ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ ข.4 ทำให้ได้คำตอบออกมา 3 คำตอบดังรูปที่ ข.5 คือ เลือก Combination รุ่น APELIOIII 2510V 2kW หรือ เครื่องตัดเลเซอร์รุ่น LC1212AIII 2kW และในรูปที่ ข.6 คือ เลือกเครื่องตัดเลเซอร์รุ่น FO2412 2Kw ซึ่งสามารถตัดงานได้ที่ระดับความหนาใกล้เคียงกัน และขึ้นงานขนาด 4 x 8 ฟุตได้เหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่โครงสร้างและฟังก์ชันการทำงานของเครื่องจักร



รูปที่ ข.4 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2



รูปที่ ข.5 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2



รูปที่ ข.6 ผลลัพธ์ของอีกคำตอบหนึ่งในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 2

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้คำตอบหนึ่งตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

ข.3 ตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 3 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

ข.3.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ซ. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตกล่องสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งชิ้นงานปกติเป็นกล่องที่มีความสูงพอประมาณ เป็นงานพับกล่องแบบธรรมดา มีรูปร่างการพับไม่ซับซ้อนมากนัก ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำปานกลาง และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีระบบที่กั้นหลังแบบเคลื่อนที่กำหนดระยะที่ต้องการอย่างอัตโนมัติ และให้ระบบควบคุมเป็นชนิดที่สามารถคำนวณหาค่าควบคุมองศาการพับได้เองโดยที่ไม่ต้องลองปรับตั้งเองตั้งแต่ต้น

ข.3.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงาน = ระดับปานกลาง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับปานกลาง
3) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับปานกลาง
4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบไฮดรอลิก = ไม่มีการกำหนด
5) ความสูงของงานพับกล่องลึก = น้อยกว่า 175 มิลลิเมตร

6) ลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงาน = เป็นมุมการพับเดียวกันคือ 90 องศา
7) ทิศทางการพับบนชิ้นงาน = พับทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นโลหะ
8) ระบบที่กั้นหลัง = แบบเคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังอัตโนมัติ
9) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน = ป้อนค่าองศาการพับที่ต้องการ คำนวณค่าควบคุมองศาให้เองโดยอัตโนมัติ
10) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่ระบุ
11) งบประมาณ = ไม่ระบุ
12) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กธรรมดา
13) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
14) ความหนาปกติ = 1 มิลลิเมตร
15) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
16) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
17) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 1620 มิลลิเมตร
18) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กธรรมดา
19) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
20) ความหนาสูงสุด = 2.3 มิลลิเมตร
21) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
22) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
23) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 1250 มิลลิเมตร

ข.3.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

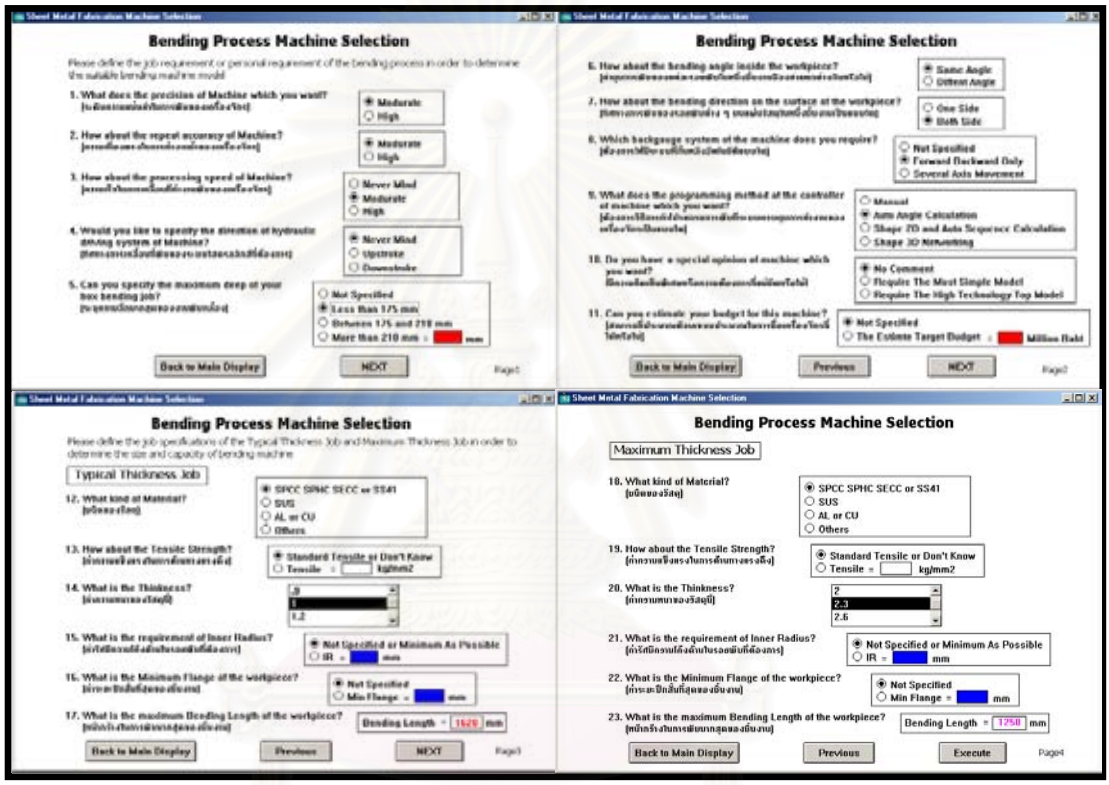
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นงานพับกล่องแบบธรรมดา ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำปานกลาง และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีระบบที่กั้นหลังแบบเคลื่อนที่เดินหน้าถอยหลังอัตโนมัติ และให้ระบบควบคุมเป็นชนิดที่สามารถหาค่าควบคุมองศาการพับของชิ้นงานให้อย่างอัตโนมัติ

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องพับรุ่นที่มีความแม่นยำปานกลาง มีระบบควบคุมและการทำโปรแกรมที่สามารถป้อนรายละเอียดของวัสดุ ป้อนค่าระยะการพับ องศาการพับ และความยาวของแต่ละรอยพับ จากนั้นเครื่องจะสามารถคำนวณหาค่าควบคุมแกนการเคลื่อนที่และองศาการพับให้อย่างอัตโนมัติ และจากข้อมูลทางด้านวัสดุ ความหนาและความยาวการพับของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด เมื่อนำไปคำนวณแรงอัดเปรียบเทียบกันจะทำให้ได้ผลสรุปว่า

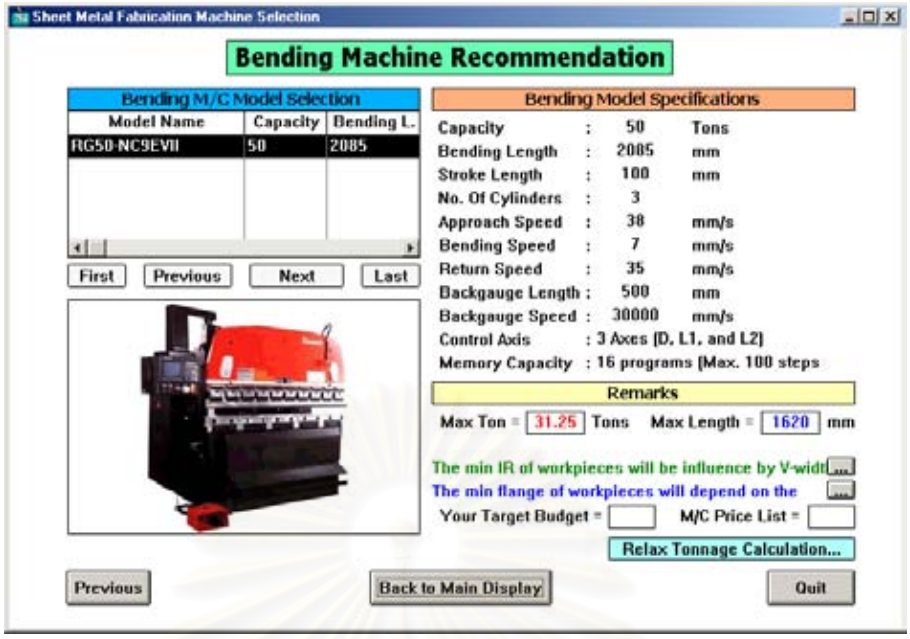
- เครื่องพับควรจะเป็นรุ่น RG50 NC9EVII ซึ่งเป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นบน ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 50 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 2 เมตร มีความแม่นยำขององศาการพับสูงและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำปานกลาง

ข.3.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ ข.7 ทำให้ได้คำตอบออกมาดังรูปที่ ข.8 คือ เลือกเครื่องพับรุ่น RG50 NC9EVII ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 50 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 2.0 เมตร รองรับการทำงานของชิ้นงานทั้งความหนาปกติและความหนาสูงสุด ซึ่งมีผลการคำนวณของชิ้นงานว่าต้องการแรงอัดสูงสุด 31.25 ตัน และความยาวการพับสูงสุด 1.62 เมตร



รูปที่ ข.7 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 3



รูปที่ ข.8 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 3

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

ข.4 ตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 4 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

ข.4.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ฌ. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์สำนักงานและงานรับจ้างทั่วไป ซึ่งชิ้นงานปกติจะมีรูปร่างการพับค่อนข้างซับซ้อน ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง ชิ้นงานมีมุมการพับหลากหลายองศา และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านบนลงล่าง สามารถทำโปรแกรมหาลำดับการพับของชิ้นงานให้อย่างอัตโนมัติ

ข.4.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบไฮดรอลิก = เคลื่อนที่จากด้านบนลงล่าง
5) ความสูงของงานพับกล่องลึก = ระหว่าง 175 มิลลิเมตร และ 210 มิลลิเมตร
6) ลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงาน = เป็นมุมหลากหลายมุมแตกต่างกัน

7) ทิศทางการพับบนชิ้นงาน = พับทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นโลหะ
8) ระบบที่กั้นหลัง = ไม่ระบุ
9) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน = คำนวณลำดับการพับให้อัตโนมัติ
10) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ไม่ระบุ
11) งบประมาณ = ไม่ระบุ
12) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กธรรมดา
13) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
14) ความหนาปกติ = 1.6 มิลลิเมตร
15) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
16) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
17) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 2700 มิลลิเมตร
18) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กธรรมดา
19) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
20) ความหนาสูงสุด = 4.5 มิลลิเมตร
21) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
22) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
23) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 2350 มิลลิเมตร

ข.4.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

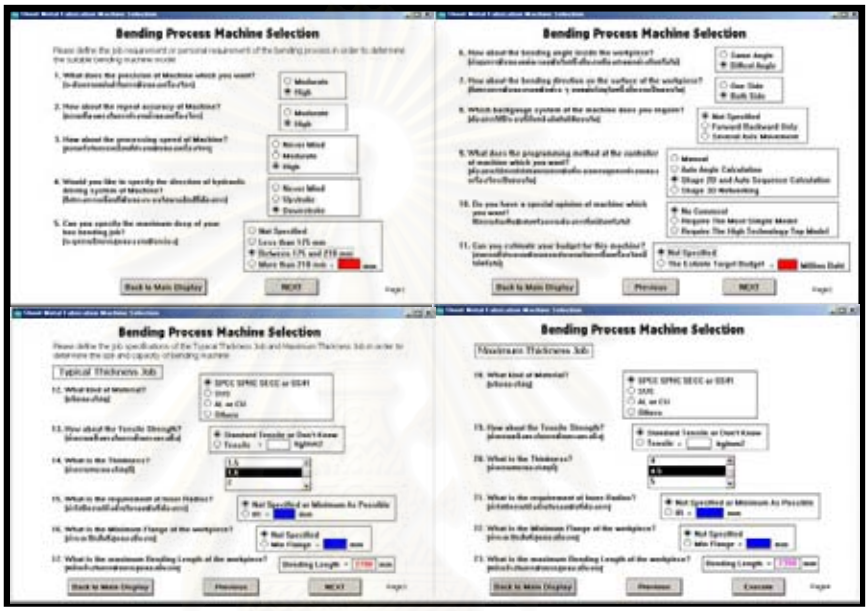
จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นงานพับเฟอร์นิเจอร์สำนักงานและงานรับจ้างทั่วไป ซึ่งต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง มีค่าองศาการพับหลากหลาย และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านบนลงล่าง สามารถทำโปรแกรมหาลำดับการพับของชิ้นงานให้อย่างอัตโนมัติ

จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องพับรุ่นที่มีความแม่นยำสูง มีระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านบนลงล่าง การทำโปรแกรมสามารถป้อนรูปร่างหน้าตัดชิ้นงาน 2 มิติ โดยที่เครื่องสามารถคำนวณเลือกขั้นตอนการพับให้อย่างอัตโนมัติ และจากข้อมูลทางด้านวัสดุ ความหนา และความยาวการพับของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด เมื่อนำไปคำนวณแรงอัดเปรียบเทียบกันจะทำให้ได้ผลสรุปว่า

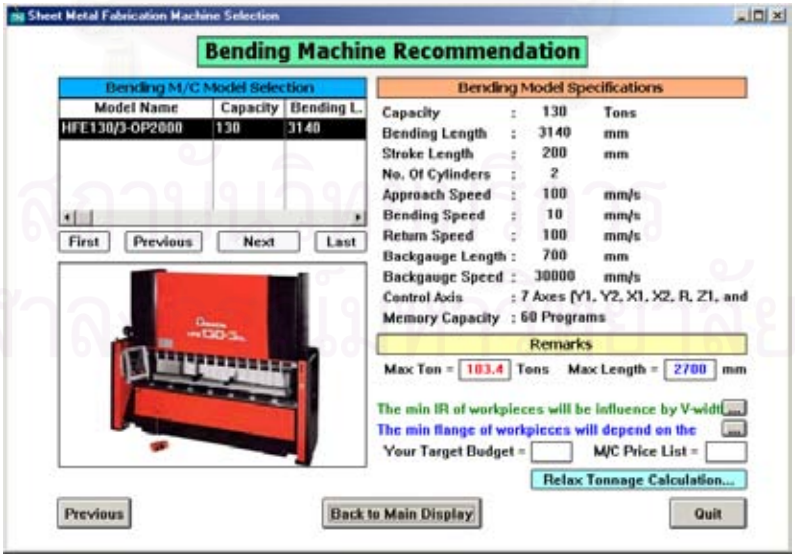
- เครื่องพับควรจะเป็นรุ่น HFE-1303 OP2000 ซึ่งเป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านบนลงล่าง ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 130 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 3.0 เมตร มีความแม่นยำขององศาการพับและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง

ข.4.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ ข.9 ทำให้ได้คำตอบออกมาดังรูปที่ ข.10 คือ เลือกเครื่องพับรุ่น HFE-1303 OP2000 ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 130 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 3.0 เมตร รองรับการทำงานของชิ้นงานทั้งความหนาปกติและความหนาสูงสุด ซึ่งมีผลการคำนวณของชิ้นงานว่าต้องการแรงอัดสูงสุด 103.4 ตัน และความยาวการพับสูงสุด 2.7 เมตร



รูปที่ ข.9 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 4



รูปที่ ข.10 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 4

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

ข.5 ตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 5 : การเลือกเครื่องจักรสำหรับกระบวนการทำงานพับ

ข.5.1 ลักษณะของชิ้นงานและความต้องการของผู้ใช้

ตัวอย่างชิ้นงานของการผลิตในโรงงาน ญ. ซึ่งเป็นโรงงานผลิตชิ้นงานสำหรับการตกแต่งและงานรับจ้างทั่วไป ซึ่งชิ้นงานปกติจะมีรูปร่างการพับค่อนข้างซับซ้อน ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง ชิ้นงานมีมุมการพับหลากหลายองศา และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพและเทคโนโลยีสูงที่สุด

ข.5.2 สรุปข้อมูลเบื้องต้นของชิ้นงานและความต้องการส่วนบุคคล

1) ความแม่นยำทางด้านองศาการพับของชิ้นงาน = ระดับสูง
2) ความแม่นยำในการทำงานซ้ำของเครื่องจักร = ระดับสูง
3) ความเร็วในการทำงานของเครื่องจักร = ระดับสูง
4) ทิศทางการเคลื่อนที่ของระบบไฮดรอลิก = ไม่มีการกำหนด
5) ความสูงของงานพับกล่องลึก = ระหว่าง 175 มิลลิเมตร และ 210 มิลลิเมตร
6) ลักษณะของมุมการพับบนชิ้นงาน = เป็นมุมหลากหลายมุมแตกต่างกัน
7) ทิศทางการพับบนชิ้นงาน = พับทั้งด้านบนและด้านล่างของแผ่นโลหะ
8) ระบบที่กั้นหลัง = ไม่ระบุ
9) การทำโปรแกรมของชิ้นงาน = ทำโปรแกรมชิ้นงาน 3 มิติ ระบบเครือข่าย
10) ความคิดเห็นเพิ่มเติมพิเศษ = ต้องการเครื่องที่มีเทคโนโลยีสูงสุด
11) งบประมาณ = ไม่ระบุ
12) ชนิดวัสดุของงานความหนาปกติ = เหล็กสเตนเลส
13) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
14) ความหนาปกติ = 1.5 มิลลิเมตร
15) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
16) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
17) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 2440 มิลลิเมตร
18) ชนิดวัสดุของงานความหนาสูงสุด = เหล็กสเตนเลส
19) ค่าต้านทานแรงดึงของวัสดุ = ใช้ค่ามาตรฐาน
20) ความหนาสูงสุด = 4 มิลลิเมตร
21) ค่ารัศมีความโค้งด้านในของรอยพับ = ไม่ระบุ
22) ค่าระยะปีกการพับน้อยสุด = ไม่ระบุ
23) หน้ากว้างการพับมากสุดของชิ้นงาน = 1750 มิลลิเมตร

ข.5.3 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นได้ว่าชิ้นงานที่จะทำการผลิตเป็นชิ้นงานสำหรับการตกแต่งและงานรับจ้างทั่วไป ซึ่งชิ้นงานปกติจะมีรูปร่างการพับค่อนข้างซับซ้อน ต้องการความแม่นยำและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง ชิ้นงานมีมุมการพับหลากหลายองศา และผู้ใช้ต้องการเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพและเทคโนโลยีสูงที่สุด

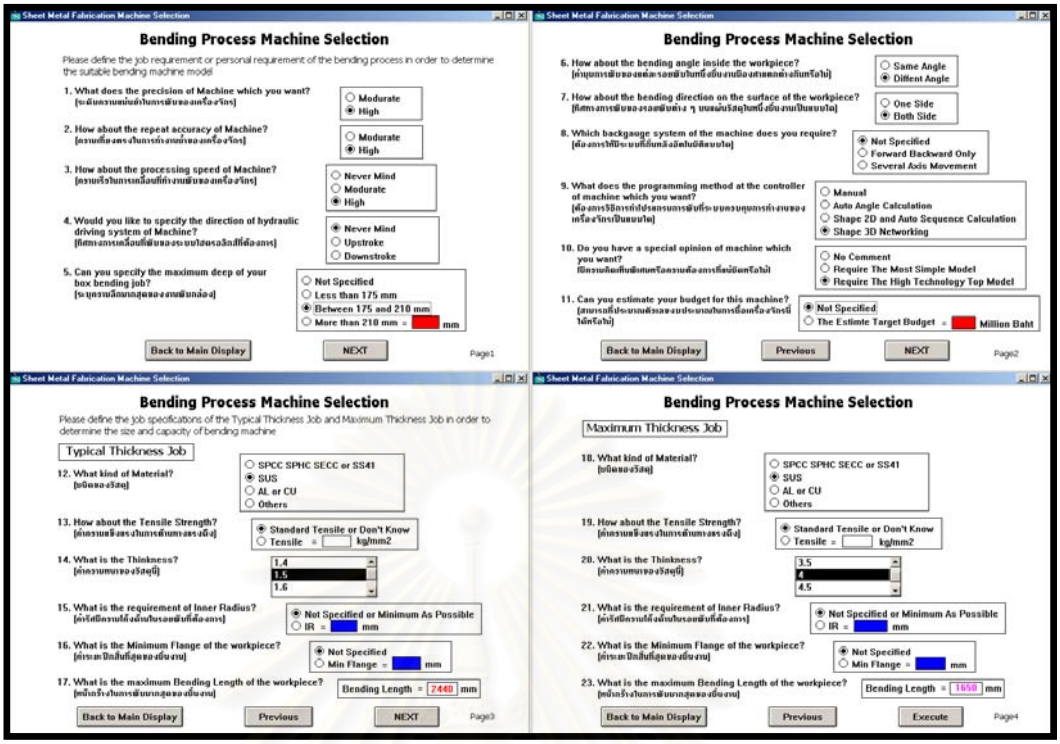
จากข้อมูลที่กล่าวมาทั้งหมดทำให้ตัดสินใจเลือกเครื่องพับรุ่นที่มีความแม่นยำสูง มีระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นบน การทำโปรแกรมสามารถดึงข้อมูลแบบแผ่นคลี่และรูปร่างชิ้นงาน 3 มิติ มาที่ระบบควบคุมของเครื่อง เพื่อเลือกลำดับการพับและดูแบบจำลองการทำงานพับ 3 มิติโดยอัตโนมัติ เป็นรุ่นที่มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดและเป็นเทคโนโลยีล่าสุดของบริษัท และจากข้อมูลทางด้านวัสดุ ความหนา และความยาวการพับ ของชิ้นงานความหนาปกติและชิ้นงานความหนาสูงสุด เมื่อนำไปคำนวณแรงอัดเปรียบเทียบกันจะทำให้ได้ผลสรุปว่า

- เครื่องพับควรจะเป็นรุ่น FBDIII-1025NT ซึ่งเป็นเครื่องพับระบบไฮดรอลิกเคลื่อนที่จากด้านล่างขึ้นบน ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 100 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 2.5 เมตร มีความแม่นยำขององศาการพับและความเที่ยงตรงในการทำงานซ้ำสูง

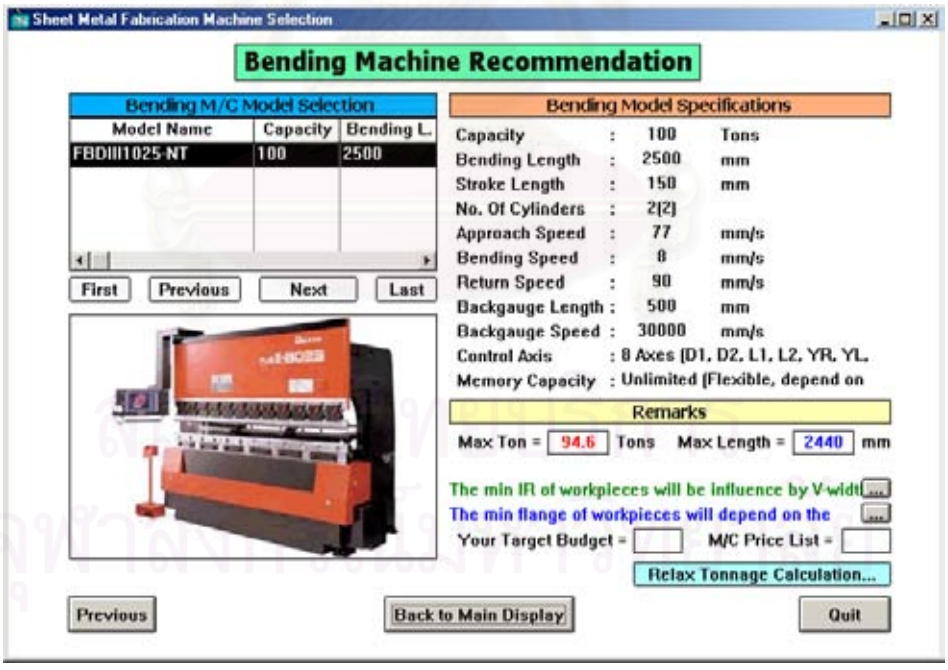
ข.5.4 ผลการเลือกเครื่องจักรโดยระบบผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงไปในระบบผู้เชี่ยวชาญดังรูปที่ ข.11 ทำให้ได้คำตอบออกมาดังรูปที่ ข.12 คือ เลือกเครื่องพับรุ่น FBDIII-1025NT ที่มีขนาดแรงอัดสุทธิ 100 ตัน และขนาดหน้ากว้างการพับ 2.5 เมตร รองรับการทำงานของชิ้นงานทั้งความหนาปกติและความหนาสูงสุด ซึ่งมีผลการคำนวณของชิ้นงานว่าต้องการแรงอัดสูงสุด 94.6 ตัน และความยาวการพับสูงสุด 2.44 เมตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.11 การป้อนข้อมูลเบื้องต้นลงในระบบผู้เชี่ยวชาญสำหรับตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 5



รูปที่ ข.12 ผลลัพธ์ของคำตอบในการเลือกเครื่องจักรตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 5

จะเห็นได้ว่าผลที่ได้ตรงกับการเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญมนุษย์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายปัญจวัฒน คงสุวรรณ เกิดวันที่ 21 พฤศจิกายน 2519 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมปลาย จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ.2536 สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ.2540 และได้เข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย