eBook

โอเดียนสโตร์

งานเครื่องมือกล
Machine Tools

รองศาสตราจารย์วรพงศ์ บุญช่วยแทน

งานเครื่องมือกล
Machine Tools

รองศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน

สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

วังบูรพา : 860-862 ถนนมหาไชย แขวงวังบูรพาภิรมย์ เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. 0-2221-0742, 0-2221-6567 แฟกซ์ 0-2225-3300
ปิ่นเกล้า : 1/35-39 ถนนบรมราชชนนี แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
โทร. 0-2434-8814-5 แฟกซ์ 0-2424-0152

งานเครื่องมือกล Machine Tools

รองศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน

ราคา **330** บาท

จัดทำเป็นฉบับ E-Book ครั้งที่ 1 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2569

หนังสือเล่มนี้สงวนสิทธิ์ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ พุทธศักราช 2558
ห้ามผู้ใดพิมพ์ซ้ำ ลอกเลียน ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปแบบใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

วรพงค์ บุญช่วยแทน.
งานเครื่องมือกล.--กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2569.
440 หน้า.
1. เครื่องมือกล. I. ชื่อเรื่อง.
621.902
ISBN (e-book) 978-616-538-354-7

พิมพ์ที่ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์
113/13 ซอยวัดสุวรรณคีรี ถนนบรมราชชนนี เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700
โทร. 0-2433-3653, 0-2434-6850-1
นายประสิทธิ์ สันติวัฒนา ผู้พิมพ์ ผู้โฆษณา พ.ศ. 2568

บรรณาธิการบริหาร : ประสาร สันติวัฒนา **บรรณาธิการ :** ภูสิทธิ พลายชมภู **กองบรรณาธิการ :** สนธยา ราษีทอง ธิดิมา เพ็ชรศรี **พิสูจน์อักษร :** จิระภรณ์ ศักดิ์แก้ว **ฝ่ายศิลปกรรม :** กองสุพันธ์ ขวาเปาะ, ประยง อ่อนแสง, ปัญญา ผูกสินธ์, เอกพันธุ์ ขวาเปาะ **รูปเล่มและอาร์ตเวิร์ค :** ชัยวัฒน์ แก้วกู่ **เรียงพิมพ์ :** ณศวรรณ พลสมัคร **ออกแบบปก :** ธีรพล ศรีสวัสดิ์ **ประสานงานการผลิต :** ปิยะวัลย์ พันธ์แจ่ม, กัญญา วงค์ภาคำ, อรณา คงสุวรรณ์

สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ขอเรียนเชิญครู-อาจารย์และบุคคลทั่วไปทุกท่านที่สนใจในงานเรียบเรียงการเขียนเอกสารประกอบการสอน เอกสารคำสอน ตำรา หนังสือ รายงานการพัฒนา นวัตกรรม งานประดิษฐ์ รวมทั้งผลงานทางวิชาการทุกสาขา และมีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจผลงานถูกต้องตามหลักวิชาการให้อีกด้วย ทั้งนี้ให้ส่งสำเนาต้นฉบับ ประวัติ สถานที่ทำงาน เบอร์โทรศัพท์ ที่อยู่ ที่สามารถติดต่อได้สะดวกมาในนาม **บรรณาธิการ สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ 1/35-39 ถนนบรมราชชนนี แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700**

ในกรณีที่ท่านต้องการซื้อเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ในการสอน การฝึกอบรม และส่งเสริมการขาย เป็นต้น
กรุณาติดต่อสอบถามราคาพิเศษได้ที่ **สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ทุกสาขา : สาขาปิ่นเกล้า** โทร. 0-2434-8814-5;
สาขาวังบูรพา โทร. 0-2221-0742, 0-2221-6567

คำนำ

ตำราเล่มนี้ผู้เขียนได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการสอนรายวิชา **งานเครื่องมือกล (Machine Tools)** รหัสรายวิชา 04-341-204 ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2561 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ผู้เขียนได้เรียบเรียงขึ้นจากเอกสารประกอบการสอน ตำรา หนังสือ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีเนื้อหาที่มุ่งหวังให้ผู้อ่านมีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะการคำนวณและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติที่ถูกต้อง ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็น 10 บท ประกอบด้วย บทที่ 1 บทนำงานเครื่องมือกล บทที่ 2 เครื่องมือกลสำหรับการหล่อโลหะ บทที่ 3 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องกลึง บทที่ 4 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องไส บทที่ 5 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องเจียระไน บทที่ 6 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องกัด บทที่ 7 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องเจาะ บทที่ 8 ระบบส่งกำลังของเครื่องมือกล บทที่ 9 โครงสร้างและการติดตั้งเครื่องจักรกล และบทที่ 10 ระบบควบคุมงานเครื่องมือกล

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าตำราเครื่องมือกลเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษาระดับปริญญาตรี นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ที่ศึกษาในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับงานด้านอุตสาหกรรม เทคนิคการผลิต และช่างกลโรงงาน ตลอดจนอาจารย์ผู้สอน หรือวิศวกรออกแบบและสร้างเครื่องจักรกล และผู้สนใจทั่วไป ความดีของตำราเล่มนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้เขียนเอกสารประกอบการสอน ตำรา หนังสือ บทความวิจัยต่าง ๆ ที่ปรากฏในบรรณานุกรมทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษที่ผู้เขียนได้ใช้ศึกษาค้นคว้าและอ้างอิง ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์จรูญ เจริญเนตรกุล และรองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต สำหรับนโยบายส่งเสริมให้บุคลากรพัฒนาตนเองขอตำแหน่งทางวิชาการในระดับที่สูงขึ้น ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์สุรสิทธิ์ ระวังวงศ์ สำหรับแบบอย่างที่ดีและเป็นแรงผลักดันในการทำงานของบุคลากรในหลักสูตร ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรนรินทร์ ฉัตรทอง หัวหน้าหลักสูตรสำหรับการสนับสนุน ส่งเสริม และชี้แนะข้อมูลการทำงาน และขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี หอมเขียว สำหรับแนวปฏิบัติที่ดีของการขอตำแหน่งทางวิชาการที่สูงขึ้น รวมถึงคณาจารย์สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่เป็นผู้แนะนำและคอยชี้แนะแนวทางในการเขียนตำราเล่มนี้

หากตำราเล่มนี้มีข้อบกพร่อง ผิดพลาดประการใด หรือท่านผู้อ่านมีคำแนะนำใด ๆ ขอได้โปรดแจ้งให้ผู้เขียนทราบโดยตรงที่ worapong.b@rmutsv.ac.th เพื่อที่ผู้เขียนจะได้นำคำแนะนำเหล่านั้นมาปรับปรุงหรือเพิ่มเติมแก้ไขในการเขียนครั้งต่อไปให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้เขียนขอน้อมรับคำแนะนำและติชมอื่น ๆ ด้วยความยินดีและผู้เขียนขออุทิศความดีความสมบูรณ์ของตำราเล่มนี้ให้แก่บิดามารดาผู้ให้กำเนิด และครูบาอาจารย์ที่ประสาทวิชาทุก ๆ ท่าน และขอขอบคุณครอบครัวที่ให้กำลังใจและเข้าใจมาโดยตลอด

รองศาสตราจารย์วรพงค์ บุญช่วยแทน

สารบัญ

หน้า

คำนำ
สารบัญ
สารบัญตาราง
สารบัญรูป

บทที่ 1 บทนำงานเครื่องมือกล 1
1.1 หลักการของงานเครื่องมือกล 1
1.2 ประเภทของงานเครื่องมือกล 1
1.3 ความปลอดภัยสำหรับงานเครื่องมือกล 6
บทสรุป 14
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 15
เอกสารอ้างอิงประจำบท 16

บทที่ 2 เครื่องมือกลสำหรับการหล่อโลหะ 17
2.1 หลักการของการหล่อโลหะ 17
2.2 ชนิดและส่วนประกอบเครื่องมือกลสำหรับการหล่อโลหะ 17
2.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับการหล่อโลหะ 41
2.4 ความปลอดภัยในกระบวนการหล่อโลหะ 45
บทสรุป 46
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 47
เอกสารอ้างอิงประจำบท 48

บทที่ 3 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องกลึง 49
3.1 หลักการของการกลึง 49
3.2 ชนิดและส่วนประกอบของเครื่องกลึง 49

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องกลึง 55
3.4 เทคนิคปฏิบัติงานเครื่องกลึง 61
3.5 ความเร็วตัด ความเร็วรอบ อัตราการป้อน และเวลาในการกลึง 75
3.6 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษาเครื่องกลึง 83
บทสรุป 85
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 86
เอกสารอ้างอิงประจำบท 87

บทที่ 4 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องไส 89
4.1 หลักการของการไส 89
4.2 ชนิดและส่วนประกอบของเครื่องไส 89
4.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องไส 98
4.4 เทคนิคปฏิบัติงานเครื่องไส 101
4.5 ความเร็วตัดเฉลี่ย คู่จังหวะชัก และเวลาไสชิ้นงาน 109
4.6 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษาเครื่องไส 114
บทสรุป 115
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 116
เอกสารอ้างอิงประจำบท 118

บทที่ 5 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องเจียระไน 119
5.1 หลักการของการเจียระไน 119
5.2 เครื่องเจียระไนลับคมตัด 119
5.3 เครื่องเจียระไนราบ 126
5.4 เครื่องเจียระไนทรงกระบอก 131
5.5 เครื่องเจียระไนมือ 136
5.6 ล้อหินเจียระไน 139
5.7 ความเร็วขอบ ความเร็วรอบ อัตราการป้อน และเวลาในงานเจียระไน 145
5.8 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษาเครื่องเจียระไน 155
บทสรุป 157
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 158
เอกสารอ้างอิงประจำบท 159

บทที่ 6 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องกัด 161
6.1 หลักการของการกัด 161
6.2 ชนิดและส่วนประกอบของเครื่องกัด 161
6.3 เครื่องมือตัดที่ใช้กับเครื่องกัด 172
6.4 เทคนิคปฏิบัติงานเครื่องกัด 176
6.5 ความเร็วตัด ความเร็วรอบ อัตราป้อน และเวลาสำหรับงานกัด 190
6.6 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษาเครื่องกัด 202
บทสรุป 203
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 205
เอกสารอ้างอิงประจำบท 206

บทที่ 7 การขึ้นรูปโลหะด้วยเครื่องเจาะ 211
7.1 หลักการของการเจาะ 211
7.2 ชนิดของเครื่องเจาะ 211
7.3 ส่วนประกอบและหน้าที่ของเครื่องเจาะ 214
7.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ในการใช้เครื่องเจาะ 221
7.5 อุปกรณ์ที่ใช้กับเครื่องเจาะ 225
7.6 ขั้นตอนการปฏิบัติงานเจาะ 229
7.7 ความเร็วตัด ความเร็วรอบ อัตราการป้อน และเวลาสำหรับงานเจาะ 240
7.8 ความปลอดภัยและการบำรุงรักษาเครื่องเจาะ 247
บทสรุป 249
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 250
เอกสารอ้างอิงประจำบท 251

บทที่ 8 ระบบส่งกำลังของเครื่องมือกล 253
8.1 หลักการและวิธีการส่งกำลังของเครื่องจักรกล 253
8.2 ระบบส่งกำลังของเครื่องกลึง 272
8.3 ระบบส่งกำลังของเครื่องไสแนวนอน 294
8.4 ระบบส่งกำลังของเครื่องเจียระไนราบ 303
8.5 ระบบส่งกำลังของเครื่องกัด 306
8.6 ระบบส่งกำลังของเครื่องเจาะ 308

บทสรุป 312
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 313
เอกสารอ้างอิงประจำบท 316

บทที่ 9 โครงสร้างและการติดตั้งเครื่องจักรกล 317
9.1 หลักการและรูปแบบโครงสร้างของเครื่องมือกล 317
9.2 หลักการติดตั้งเครื่องจักรกล 327
9.3 การจัดสภาพโรงงานให้ปลอดภัย 329
9.4 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการติดตั้งเครื่องจักรกล 333
9.5 การติดตั้งเครื่องจักรกล 339
บทสรุป 345
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 346
เอกสารอ้างอิงประจำบท 347

บทที่ 10 ระบบควบคุมงานเครื่องจักรกล 349
10.1 ระบบควบคุมงานเครื่องมือกลด้วยคอมพิวเตอร์ 349
10.2 โปรแกรมเมเบิล ลอจิก คอนโทรลเลอร์ 376
10.3 การประยุกต์ใช้งานระบบ CNC และ PLC สำหรับงานเครื่องมือกล 388
บทสรุป 395
แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 396
เอกสารอ้างอิงประจำบท 397

บรรณานุกรม 399
ดัชนี 409
ประวัติผู้เขียน 415

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1.1 สีเพื่อความปลอดภัยและสีตัด 7
3.1 ค่าความเร็วตัดที่เหมาะสมสำหรับวัสดุชิ้นงาน (เมตรต่อนาที) 77
3.2 ค่าอัตราป้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ (มิลลิเมตรต่อรอบ) ด้วยเหล็กล้ารอบสูง 78
4.1 ความเร็วตัดและอัตราป้อนงานไส 111
5.1 การแบ่งขนาดเกรนของเม็ดสารเชิงทราย 141
5.2 เกรดความแข็งของล้อหินเจียระไน 142
5.3 ตัวอย่างชนิดของตัวประสาน สัญลักษณ์ สมบัติ และการใช้งาน 143
5.4 ค่าความเร็วขอบและความเร็วรอบของล้อหินเจียระไนสำหรับงานเจียระไนราบ 148
5.5 ค่าความเร็วขอบของชิ้นงานและความเร็วขอบของล้อหินเจียระไน สำหรับงานเจียระไนทรงกระบอก (เมตรต่อวินาที) 148
5.6 ค่าความเร็วขอบและความเร็วรอบของชิ้นงานสำหรับงานเจียระไนทรงกระบอก 149
5.7 อัตราป้อนเจียระไนด้านข้าง (มิลลิเมตรต่อรอบ) 151
6.1 ค่าความเร็วตัดของวัสดุชนิดต่าง ๆ 191
6.2 ค่าอัตราป้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ (มิลลิเมตรต่อฟัน) 193
7.1 การเลือกมุมจิกของดอกสว่านให้เหมาะสมกับวัสดุที่จะเจาะ 223
7.2 ระยะเผื่อของรีมเมอร์แต่ละขนาด 236
7.3 ค่าความเร็วตัดสำหรับวัสดุรีมเมอร์และวัสดุงาน (เมตรต่อนาที) 237
7.4 ค่าความเร็วตัดและอัตราป้อนสำหรับงานเจาะ 242
7.5 ความเร็วรอบสำหรับการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้ารอบสูง (H.S.S) 243
7.6 อัตราป้อนเจาะของดอกสว่าน (มิลลิเมตรต่อรอบ) 243
9.1 ขนาดเสนอแนะสำหรับโต๊ะทำงาน 330
9.2 ขนาดออกแบบมาตรฐานของบริเวณทำงาน 331
9.3 ขนาดความกว้างของทางเดินในโรงงาน 331
10.1 เปรียบเทียบการทำงานระหว่างเครื่องจักรกลทั่วไปกับเครื่องจักรกลซีเอ็นซี 359
10.2 เปรียบเทียบระหว่างระบบซีเควนซ์ (Sequence) กับระบบ PLC 377

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 เครื่องกลึง....2
1.2 เครื่องไส....2
1.3 เครื่องเจียระไน....3
1.4 เครื่องกัด....4
1.5 เครื่องเจาะ....5
1.6 เครื่องเลื่อยกลแบบชัก....5
1.7 เครื่องหมายห้าม....8
1.8 เครื่องหมายบังคับ....8
1.9 เครื่องหมายเตือน....9
1.10 เครื่องหมายแสดงสภาวะปลอดภัย....9
1.11 เครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับทางออกฉุกเฉิน....10
1.12 จุดที่ติดตั้งถังดับเพลิง....10
1.13 พื้นของโรงปฏิบัติงาน....11
1.14 สีที่บ่งบอกส่วนของการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล....11
2.1 กระบวนการขึ้นรูปด้วยการหล่อโลหะ....18
2.2 การหล่อแบบหล่อทราย....19
2.3 การหล่อแบบหล่อเปลือกบาง....20
2.4 การหล่อแบบหล่อสุญญากาศ....21
2.5 การหล่อแบบกระสวนโฟมหาย....23
2.6 การหล่อแบบไล่ขี้ผึ้ง....24
2.7 การหล่อแบบหล่อเซรามิก....25
2.8 การหล่อแบบหล่อถาวร....26
2.9 แบบหล่อถาวรแบบอ่างร้อน....27
2.10 แบบหล่อถาวรแบบอ่างเย็น....28
2.11 การหล่อเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแบบสมบูรณ์....29
2.12 การหล่อกึ่งเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง....29
2.13 การหล่อเหวี่ยงจากศูนย์กลาง....30
2.14 การหล่อแบบหล่อบีบอัด....30
2.15 โครงสร้างของเกรน....31

2.16 หลักการหล่อโลหะกึ่งของแข็งด้วยเทคนิค Gas Induced Semi-Solid (GISS).....31
2.17 เตาคิวโพล่า.....32
2.18 เตาไฟฟ้า.....33
2.19 เตาน้ำมัน.....33
2.20 เตารีเวอร์เบอร์ราทอรี.....34
2.21 เตาแก๊สสแตค.....35
2.22 เตาอาร์กไฟฟ้า.....35
2.23 เครื่องผสมทรายชนิดลูกกลิ้งบด.....36
2.24 เครื่องย่อยทรายฟู.....37
2.25 เครื่องปั้นทรายแบบกระแทก.....37
2.26 เครื่องหล่อแบบฉีด.....38
2.27 เครื่องหล่อเหวี่ยง.....39
2.28 ส่วนประกอบแบบหล่อทราย.....39
2.29 หีบหล่อ.....40
2.30 ลูกยางเป่าลม.....42
2.31 แปรงขนอ่อน.....42
2.32 แปรงหางกระรอก.....42
2.33 ขอเหล็กตักทราย.....43
2.34 อุปกรณ์กระทุ้งทราย.....43
2.35 ตะแกรงร่อนทราย.....44
2.36 เกียง.....44
2.37 เหล็กแทงรูไอ.....45
2.38 ช้อนใบไม้.....45
3.1 เครื่องกลึง.....50
3.2 เครื่องกลึงป้อมมีด.....50
3.3 เครื่องกลึงแนวตั้ง.....51
3.4 ชุดเฟืองทดหัวเครื่อง.....51
3.5 ส่วนประกอบภายนอกของชุดหัวเครื่อง.....52
3.6 ส่วนประกอบของชุดแท่นเลื่อน.....52
3.7 ส่วนประกอบของชุดแท่นยันศูนย์ท้ายเครื่อง.....53
3.8 สะพานแท่นเลื่อน.....54
3.9 ฐานเครื่อง.....54
3.10 ระบบน้ำหล่อเย็น.....55

3.11 ตำแหน่งของหัวจับบนเครื่องกลึง 55
3.12 หัวจับแบบสามฟันจับพร้อม 56
3.13 หัวจับแบบสี่ฟันจับอิสระ 56
3.14 จานพา 57
3.15 ห่วงพา 57
3.16 ป้อมมีด 58
3.17 ด้ามจับมีดกลึง 59
3.18 มีดกลึง 59
3.19 ยันศูนย์เครื่องกลึง 59
3.20 หัวจับดอกสว่าน 60
3.21 ดอกสว่าน 60
3.22 ดอกเจาะนำศูนย์ 60
3.23 ตัวพิมพ์ลาย 61
3.24 การกลึงปาดหน้าชิ้นงาน 62
3.25 การกลึงปอกชิ้นงาน 62
3.26 การกลึงเรียวชิ้นงาน 63
3.27 การกลึงเซาะร่องชิ้นงาน 65
3.28 การกลึงเกลียวชิ้นงาน 66
3.29 การกลึงพิมพ์ลายชิ้นงาน 67
3.30 การเจาะชิ้นงาน 68
3.31 การกลึงคว้านรู 69
3.32 การเชื่อมเสียดทาน 70
3.33 รอยเชื่อมเสียดทานอะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็ง 7075 71
3.34 การเชื่อมเสียดทานที่มีวัสดุทองแดงเสริมในแนวเชื่อม 72
3.35 การเชื่อมเสียดทานวัสดุต่างชนิด 73
3.36 ชิ้นงานทดสอบความแข็งแรงรอยเชื่อมเสียดทานระหว่าง
อะลูมิเนียมหล่อกึ่งของแข็ง 356 กับ เหล็กกล้าไร้สนิม 304 74
3.37 รอยเชื่อมเสียดทานวัสดุระหว่างเหล็กกล้าคาร์บอน AISI 1045
และเหล็กกล้าไร้สนิม AISI 304 75
3.38 ความลึกของการป้อนตัดงานกลึง 79
3.39 ลักษณะการกลึงปอก 80
3.40 ลักษณะการกลึงปาดหน้า 81
3.41 ลักษณะการกลึงเกลียว 82

4.1 เครื่องไสแนวนอน 90
4.2 เครื่องไสแนวตั้ง 90
4.3 เครื่องไสแนวราบ 91
4.4 ฐานเครื่อง 92
4.5 โครงเครื่อง 92
4.6 แคร่เลื่อน 93
4.7 ชุดหัวเครื่อง 93
4.8 โต๊ะงาน 94
4.9 ขารองรับโต๊ะงาน 94
4.10 รางเลื่อนแนวตั้ง 95
4.11 รางเลื่อนแนวขวาง 95
4.12 ระบบการป้อนงานอัตโนมัติ 96
4.13 เพลาหมุนยกโต๊ะงาน 96
4.14 เพลาหมุนเลื่อนโต๊ะงาน 97
4.15 เพลาปรับระยะชัก 97
4.16 ชุดบังคับเปลี่ยนเฟือง 98
4.17 ปากกาจับชิ้นงาน 98
4.18 แท่นขนาน 99
4.19 อุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงาน 99
4.20 ด้ามมีดไส 100
4.21 ค้อนพลาสติก 100
4.22 มีดไส 101
4.23 การไสผิวระนาบ 102
4.24 การไสผิวร่องฉาก 103
4.25 การไสร่องมุมเอียงของชิ้นงาน 104
4.26 เครื่องผ่าไม้ไผ่ 105
4.27 เครื่องไสคู่ขนาดเล็ก 106
4.28 เครื่องคัดแยกเปลือกข้าวซ้อมมือ 107
4.29 เครื่องอัดกลีบดอกไม้กระดาษ 107
4.30 เครื่องผ่าผลหมากสำหรับชุมชน 108
4.31 สัญลักษณ์ในงานไส 109
5.1 ส่วนประกอบของเครื่องเจียระไนลับคมตัดแบบตั้งโต๊ะ 120
5.2 ส่วนประกอบของเครื่องเจียระไนลับคมตัดแบบตั้งพื้น 121

5.3 ล้อแต่งหน้าหินเจียระไน 122
5.4 แว่นนิรภัย 123
5.5 เกจวัดมุมเกลียวสามเหลี่ยม 123
5.6 เกจเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู 124
5.7 เกจวัดมุมดอกสว่าน 124
5.8 ใบวัดมุม 124
5.9 ลักษณะการลับเครื่องมือตัดด้วยเครื่องเจียระไนลับคมตัด 125
5.10 หลักการทำงานของเครื่องเจียระไนราบ 126
5.11 เครื่องเจียระไนราบ 127
5.12 การจับยึดชิ้นงานด้วยโต๊ะแม่เหล็กแบบสี่เหลี่ยม 128
5.13 อุปกรณ์สมดุลล้อหินเจียระไน 129
5.14 เพชรแต่งหน้าล้อหินเจียระไน 129
5.15 ลักษณะการปฏิบัติเครื่องเจียระไนราบ 130
5.16 หลักการทำงานของเครื่องเจียระไนทรงกระบอก 132
5.17 เครื่องเจียระไนทรงกระบอก 132
5.18 เพชรแต่งหน้าล้อหินเจียระไน 133
5.19 อุปกรณ์กันสะท้าน 134
5.20 ห่วงพา 134
5.21 ศูนย์ตาย 134
5.22 ลักษณะการปฏิบัติเครื่องเจียระไนทรงกระบอก 135
5.23 หลักการทำงานของเครื่องเจียระไนมือ 136
5.24 เครื่องเจียระไนมือ 136
5.25 ฝาครอบใบล้อหินเจียระไน 137
5.26 ด้ามจับเสริม 138
5.27 ประแจขันใบล้อหินเจียระไน 138
5.28 ลักษณะการปฏิบัติเครื่องเจียระไนมือ 138
5.29 หลักการสำคัญของล้อหินเจียระไน 140
5.30 ขนาดของเกรนเบอร์ 10 141
5.31 โครงสร้างของเม็ดสารเชิงทรายของล้อหินเจียระไน 142
5.32 รูปทรงของล้อหินเจียระไน 144
5.33 การกำหนดรหัสของล้อหินเจียระไน 145
5.34 ความเร็วขอบของล้อหินเจียระไน 146
5.35 การป้อนตัดขวางของการเจียระไน 150

5.36 ตัวแปรการหาเวลาในงานเจียระไนราบ 152
5.37 ตัวแปรการหาเวลาในงานเจียระไนกลม 154
6.1 เครื่องกัดแนวนอน 162
6.2 เครื่องกัดแนวตั้ง 162
6.3 เครื่องกัดอเนกประสงค์ 163
6.4 ฐานเครื่องกัด 164
6.5 โครงเครื่องกัด 164
6.6 คานยื่นเครื่องกัด 165
6.7 หัวเครื่องกัด 165
6.8 ฐานรองโต๊ะงาน 166
6.9 โต๊ะงาน 167
6.10 แขนปรับความเร็วรอบ 167
6.11 สวิตช์ควบคุม 167
6.12 ปากกาจับชิ้นงาน 168
6.13 แกนเพลาจับดอกกัด 168
6.14 หัวจับดอกกัดและปลอกจับดอกกัด 169
6.15 ประแจขันหัวจับดอกกัด 169
6.16 หัวแบ่งและอุปกรณ์ 170
6.17 อุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงาน 170
6.18 แท่นขนาน 171
6.19 วี-บล็อก และ ยูแคลป์โบลต์ 171
6.20 ดอกกัดเฟือง 172
6.21 ดอกกัดโค้งเว้า 172
6.22 ดอกกัดโค้งนูน 173
6.23 ดอกกัดโค้งนูนข้างเดียว 173
6.24 ดอกกัดเอียงข้างเดียว 173
6.25 ดอกกัดฟันเลื่อย 174
6.26 ดอกกัดคมตัดข้าง 174
6.27 ดอกกัดราบฟันเฉียง 174
6.28 ดอกกัดด้ามตรงคมเอียง 175
6.29 ดอกกัดร่องตัวที 175
6.30 ดอกกัดร่องเอียง 175
6.31 การกัดระนาบชิ้นงาน 176

6.32 การกัดร่องบนชิ้นงาน ... 178
6.33 การเจาะรู ... 179
6.34 การกัดเฟือง ... 181
6.35 ลักษณะการจับยึดฟิ๊กเจอร์ขณะทำการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ... 182
6.36 เอียงแกนเครื่องกัดแนวตั้ง ... 182
6.37 กรรมวิธีการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ... 184
6.38 รอยเชื่อมเสียดทานแบบกวน ... 184
6.39 โครงสร้างจุลภาคของการเชื่อมเสียดทานแบบกวน ... 185
6.40 การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงของแต่ละรอยเชื่อม ... 186
6.41 รูปแบบอุปกรณ์การเชื่อมเสียดทานแบบกวนใต้น้ำ ... 187
6.42 การเปรียบเทียบค่าความแข็งแรงดึงของแต่ละรอยเชื่อม ... 188
6.43 การเชื่อมเสียดทานแบบกวนวัสดุต่างชนิด ... 189
6.44 รอยเชื่อมเสียดทานแบบจุด ... 190
6.45 ตัวแปรการหาเวลาในงานกัดแนวนอน ... 195
6.46 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 3 เวลาในงานกัด ... 196
6.47 ตัวแปรการหาเวลาในงานกัดปาดหน้าเต็ม ... 198
6.48 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 4 เวลาในงานกัด ... 198
6.49 ตัวแปรการหาเวลาในงานกัดปาดบางส่วน ... 200
6.50 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 5 เวลาในงานกัด ... 201
7.1 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะตั้งโต๊ะ ... 212
7.2 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะตั้งพื้น ... 213
7.3 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะรัศมี ... 214
7.4 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะตั้งโต๊ะ ... 215
7.5 ส่วนประกอบของชุดหัวเครื่องเจาะตั้งโต๊ะ ... 216
7.6 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะตั้งพื้น ... 217
7.7 ส่วนประกอบของชุดหัวเครื่องเจาะตั้งพื้น ... 218
7.8 ส่วนประกอบของเครื่องเจาะรัศมี ... 219
7.9 ส่วนประกอบของชุดหัวเครื่องของเครื่องเจาะรัศมี ... 220
7.10 ส่วนประกอบของดอกสว่าน ... 221
7.11 ชนิดของดอกสว่าน ... 222
7.12 ดอกคว้านเรียบ ... 223
7.13 ดอกเจาะผายปากรู ... 224
7.14 ดอกเจาะฝังหัวสกรู ... 224

7.15 ดอกเจาะนำศูนย์ 224
7.16 หัวจับดอกสว่าน 225
7.17 ปลอกเรียว 256
7.18 เหล็กถอดดอกสว่าน 226
7.19 ปากกาจับงานเจาะ 226
7.20 อุปกรณ์ช่วยจับยึดชิ้นงาน 227
7.21 การจับยึดชิ้นงานด้วยแผ่นกดชิ้นงานโบลต์ที - สลอต และแท่งระดับ 227
7.22 ซี-แคลมป์ 228
7.23 แท่งขนาน 228
7.24 วี-บล็อกและการใช้งาน 228
7.25 แท่งฉาก 229
7.26 ลักษณะการจับยึดชิ้นงาน 230
7.27 การจับยึดชิ้นงานกลมด้วยวี-บล็อก และอุปกรณ์ช่วยจับยึดงานเจาะ 230
7.28 การจับยึดชิ้นงานด้วยอุปกรณ์ช่วยจับยึดงานเจาะ 231
7.29 ลักษณะการจับยึดหัวจับดอกสว่าน 231
7.30 ลักษณะการจับยึดดอกสว่านเข้ากับหัวจับดอกสว่าน 232
7.31 การจับยึดดอกสว่านก้านเรียว 232
7.32 การถอดหัวจับดอกสว่านหรือดอกสว่านก้านเรียว 233
7.33 การปรับความเร็วรอบของเครื่องเจาะ 234
7.34 การปรับตำแหน่งเพื่อเริ่มการเจาะ 234
7.35 การป้อนเจาะ 235
7.36 ตัวแปรการคำนวณของรีมเมอร์ 237
7.37 ดอกเจาะด้วยแรงเสียดทานรูปทรงกรวย (Friction Drill) 238
7.38 ขั้นตอนในการเจาะด้วยแรงเสียดทาน 239
7.39 การเจาะด้วยแรงเสียดทาน 239
7.40 ตัวแปรการหาเวลาในงานเจาะ 244
7.41 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 4 เวลาในงานเจาะ 245
7.42 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 5 เวลาในงานกัด 246
8.1 มอเตอร์หินเจียระไนมีการ์ดพลาสติกใส่ป้องกันเศษโลหะกระเด็นเข้าตา 254
8.2 เครื่องผ่ากะลาผลตาลโตนด 254
8.3 โครงสร้างภายในสว่านมือไฟฟ้า 255
8.4 การส่งกำลังด้วยเฟืองของเครื่องกลึง 255
8.5 ตำแหน่งเกียร์ว่าง 256

8.6 ตำแหน่งเกียร์หนึ่ง 257
8.7 ตำแหน่งเกียร์สอง 258
8.8 ตำแหน่งเกียร์สาม 259
8.9 ตำแหน่งเกียร์สี่ 260
8.10 ตำแหน่งเกียร์ห้า 260
8.11 การส่งกำลังของสายพานชุด 261
8.12 การส่งกำลังของสายพานชุด 262
8.13 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 1 เครื่องผ่าผลหมากสำหรับชุมชน 263
8.14 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณการส่งกำลังของสายพานชุด 264
8.15 โซ่ขับชุดมีสเตอร์สะพาน 2 ชุด 267
8.16 ลักษณะชุดส่งกำลัง 267
8.17 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 4 การคำนวณการส่งกำลังด้วยโซ่ 269
8.18 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 5 การคำนวณการส่งกำลังด้วยโซ่ 269
8.19 ส่วนประกอบของระบบส่งกำลังแบบผันแปรอย่างต่อเนื่อง 271
8.20 การทำงานของระบบส่งกำลังแบบผันแปรอย่างต่อเนื่อง 272
8.21 เครื่องกลึงส่งกำลังด้วยสายพาน 273
8.22 การส่งกำลังของแกนเพลาด้วยสายพาน 273
8.23 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 6 คำนวณความเร็วของแกนเพลา
พูลเลย์ A กับพูลเลย์ E 274
8.24 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 6 คำนวณความเร็วของแกนเพลา
พูลเลย์ B กับพูลเลย์ F 275
8.25 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 6 คำนวณความเร็วของแกนเพลา
พูลเลย์ C กับพูลเลย์ G 276
8.26 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 6 คำนวณความเร็วของแกนเพลา
พูลเลย์ D กับพูลเลย์ H 277
8.27 การติดตั้งเฟืองตัวเล็กและเฟืองตัวใหญ่เข้ากับพูลเลย์แบบชั้นทรงกรวยหมุน
เป็นอิสระกับแกนเพลา 279
8.28 ใส่สลักล็อกยึดเฟืองตัวใหญ่และพูลเลย์แบบชั้นทรงกรวยเป็นชิ้นเดียวกัน
จึงสามารถส่งกำลังงานได้ 279
8.29 การส่งกำลังงานด้วยแบบสายพานอย่างเดียว 280
8.30 ถอดสลักล็อกออก เฟืองคร่อมจะประกอบด้วยเฟืองคร่อมขับ
และเฟืองคร่อมตามอยู่ด้านบนของรูป 281

8.31 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 7 คำนวณความเร็วของแกนเพลา พูลเลย์ A กับพูลเลย์ E 282
8.32 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 7 คำนวณความเร็วของแกนเพลา พูลเลย์ B กับพูลเลย์ F 283
8.33 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 7 คำนวณความเร็วของแกนเพลา พูลเลย์ C กับพูลเลย์ G 284
8.34 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 7 คำนวณความเร็วของแกนเพลา พูลเลย์ D กับพูลเลย์ H 285
8.35 ส่งกำลังด้วยเฟืองของเครื่องกลึง 287
8.36 การส่งกำลังด้วยเฟืองที่มี 3 เพลา 287
8.37 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังด้วยเฟืองที่มี 3 เพลา288
8.38 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 1 289
8.39 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 2 289
8.40 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 3 290
8.41 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 4 291
8.42 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 5 291
8.43 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 6 292
8.44 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 7 293
8.45 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 8 293
8.46 รูปแบบตัวแปรสำหรับโจทย์ตัวอย่างที่ 8 คำนวณการส่งกำลังเกียร์ 9 294
8.47 กลไกกลับเร็วแบบข้อเหวี่ยงและคานร่องในจังหวะชักไปข้างหน้า 295
8.48 กลไกกลับเร็วแบบข้อเหวี่ยงและคานร่องในจังหวะชักกลับ 296
8.49 วงจรระบบไฮดรอลิกของกลไกกลับเร็ว 297
8.50 การทำงานของการควบคุมทิศทาง 4/3 และคานกลับทิศทาง ในจังหวะลูกสูบเคลื่อนที่ออกแคร่เลื่อนจะเคลื่อนไปข้างหน้าในจังหวะตัด 298
8.51 การทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง 4/3 299
8.52 ตำแหน่งของกลไกป้อนตัดขวางของเครื่องไสและทิศทาง การป้อนตัดขวางของโต๊ะงาน 301
8.53 ฟันของล้อเฟืองจะกดให้ล้นทางเดียวทางด้านเอียงยกขึ้นจากฟันเฟือง และข้ามฟันนั้นไปได้ 302
8.54 ลิ้นทางเดียวด้านสันตรงจะกดฟันของล้อเฟืองที่ข้ามไปในครั้งก่อนให้เคลื่อนที่ไป 1 ฟันเฟือง โต๊ะ งานจะถูกป้อนตัดขวางให้เคลื่อนที่ไป 1 ฟันเฟือง 302
8.55 วงจรไฮดรอลิกควบคุมการส่งกำลังของโต๊ะงานชัก 303

8.56 โต๊ะงานซึ่งติดตั้งอยู่กับก้านสูบของกระบอกสูบไฮดรอลิกเลื่อนไปทางด้านขวามือ.. 304
8.57 โต๊ะงานซึ่งติดตั้งอยู่กับก้านสูบของกระบอกสูบไฮดรอลิกเลื่อนไปทางด้านขวามือ.. 305
8.58 ตำแหน่งของเฟืองต่าง ๆ ในการส่งกำลังของเครื่องกัดแนวนอน..... 306
8.58 การส่งกำลังของเครื่องกัดแกนตั้ง..... 307
8.60 การติดตั้งพูลเลย์ขับ พูลเลย์สะพาน และพูลเลย์ตามในเครื่องเจาะ 308
8.61 การกำหนดตำแหน่งของสายพานที่คล้องพูลเลย์ของเครื่องเจาะในรูปที่ 8.76
เพื่อให้ผู้ทำงานสามารถเลือกปรับความเร็วได้อย่างถูกต้อง..... 309
8.62 พูลเลย์ขับมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ พูลเลย์ตามมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก
แกนเพลาเจาะจะมีความเร็วสูงสุด 309
8.63 พูลเลย์ขับมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก พูลเลย์ตามมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก
แกนเพลาเจาะจะมีความเร็วต่ำสุด..... 310
8.64 ชุดหัวเฟืองสามารถเปลี่ยนอัตราทดความเร็วได้ 4 ความเร็ว..... 311
9.1 ฐานเครื่องกลึง 318
9.2 ฐานและโครงเครื่องไส 319
9.3 ฐานและโครงเครื่องเจียระไนราบ..... 319
9.4 ฐานและโครงเครื่องกัดแนวนอน..... 320
9.5 ฐานและโครงของเครื่องเจาะรัศมี 321
9.6 ชุดจับยึดชิ้นงานของเครื่องกลึงและการใช้งาน 322
9.7 ชุดจับยึดชิ้นงานของเครื่องไส 322
9.8 ชุดจับยึดชิ้นงานของเครื่องเจียระไนราบ..... 323
9.9 ชุดจับยึดชิ้นงานของเครื่องกัด 323
9.10 ชุดจับยึดชิ้นงานของเครื่องเจาะ..... 324
9.11 ชุดจับยึดเครื่องมือตัดของเครื่องกลึง 325
9.12 ชุดจับยึดเครื่องมือตัดของเครื่องไส 325
9.13 จุดจับยึดเครื่องมือตัดของเครื่องเจียระไนราบ 326
9.14 ชุดจับยึดเครื่องมือตัดของเครื่องกัด 327
9.15 ชุดจับยึดเครื่องมือตัดของเครื่องเจาะ 327
9.16 การจัดวางตำแหน่งต่าง ๆ ของเครื่องจักรในโรงงาน..... 332
9.17 ตลับเมตร..... 333
9.18 เทปม้วนวัดระยะ 334
9.19 เครื่องวัดระดับน้ำ..... 334
9.20 ประแจแบบต่าง ๆ 335
9.21 สกรูปรับตั้งเครื่องจักร..... 335

9.22 โรลเลอร์ล้อเคลื่อนย้ายเครื่องจักร 336
9.23 ชะแลงล้อ 336
9.24 เครนยกเครื่อง 337
9.25 เครนรอก 337
9.26 เครนโรงงาน 338
9.27 รถเครนบรรทุก 338
9.28 การติดตั้งเครื่องกลึง 340
9.29 การติดตั้งเครื่องเจียระไนราบ 341
9.30 การติดตั้งเครื่องกัด 342
9.31 การติดตั้งเครื่องเจาะรัศมี 343
9.32 การติดตั้งเครื่องเจาะตั้งพื้นและเครื่องเจียระไนลับคมตัด 344
10.1 เครื่องจักรกลซีเอ็นซีเครื่องแรกของโลก 350
10.2 เครื่องกลึงซีเอ็นซี 351
10.3 เครื่องแมชีนนิ่งเซนเตอร์แบบแนวตั้ง 352
10.4 เครื่องเจาะ 352
10.5 เครื่องคว้านซีเอ็นซี 353
10.6 เครื่องตัดโลหะด้วยลวด 353
10.7 เครื่องอีดีเอ็ม 354
10.8 เครื่องเจียระไนซีเอ็นซี 354
10.9 เครื่องตัดแผ่นโลหะ 355
10.10 เครื่องเจาะกระแทกซีเอ็นซี 355
10.11 เครื่องพับแผ่นโลหะ 356
10.12 เครื่องวัดโคออร์ดิเนต 356
10.13 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบซีเอ็นซี 357
10.14 ตัวอย่างการควบคุมเครื่องจักรด้วยระบบวงรอบปิด 359
10.15 ชุดควบคุมหรือคอนโทรล 360
10.16 การเคลื่อนที่ของดอกส่วนที่ควบคุมการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง 363
10.17 การควบคุมเคลื่อนที่ของมีดกัดที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงโดยตรง
โดยทำมุมเอียงกับแนวนอน 364
10.18 การควบคุมเคลื่อนที่ของมีดกัดที่เคลื่อนที่ในแนวเส้นรอบรูปแบบ 2 แกน 364
10.19 กฎมือขวาใช้ในการกำหนดทิศทางการเคลื่อนของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี 365
10.20 แกนการเคลื่อนที่หรือโคออร์ดิเนต 366
10.21 โคออร์ดิเนตของการเคลื่อนที่เชิงเส้น X,Y,Z และการเคลื่อนที่เชิงมุม A, B และ C 366

10.22 กฎมือขวาในการกำหนดทิศทางของมุม A รอบแกน X 367
10.23 จุดศูนย์เครื่อง 367
10.24 จุดศูนย์อ้างอิง 368
10.25 จุดศูนย์ชิ้นงาน 368
10.26 จุดศูนย์เครื่อง จุดอ้างอิง และจุดศูนย์กลาง 368
10.27 เม็ดมีดอินเสิร์ท 369
10.28 เม็ดมีดอินเสิร์ทแบบเซรามิก 370
10.29 แบบด้ามกลึงด้านนอก 370
10.30 แบบด้ามกลึงด้านใน 371
10.31 ดอกกัดเพลาตั้งรูปแบบต่าง ๆ 372
10.32 หัวกัดปาดผิวหน้าที่ใช้สำหรับปาดผิวชิ้นงาน 372
10.33 ดอกสว่านทำจากเหล็กกล้ารอบสูง 373
10.34 ดอกเจาะนำศูนย์ 373
10.35 ดอกลบคม 374
10.36 ดอกต๊าป 374
10.37 ส่วนประกอบของ CPU 379
10.38 I/O Scan และ Program Scan 380
10.39 การสแกนตามลำดับก่อนหลังชนิดหนึ่ง 381
10.40 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต 382
10.41 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณเอาต์พุต 383
10.42 บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Input Module 383
10.43 บล็อกไดอะแกรมของ AC Interface Output Module 384
10.44 การต่อเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับแอนาลอก อินพุต โมดูล 384
10.45 เครื่องป้อนโปรแกรมของ OMRON 385
10.46 ตัวอย่างแหล่งจ่ายไฟ 386
10.47 ตัวอย่างแหล่งจ่ายไฟของ OMRON 386
10.48 เครื่องจักรซีเอ็นซีและหุ่นยนต์อุตสาหกรรม 389
10.49 เครื่องตัดแผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตระบบซีเอ็นซี 390
10.50 เครื่องกัดซีเอ็นซีขนาดเล็ก 4 แกน 391
10.51 การประยุกต์ใช้เครื่องกลึงซีเอ็นซีสำหรับงานเชื่อม 392
10.52 เครื่องบดถั่วเหลืองที่นำพีแอลซีเข้ามาประยุกต์เพื่อให้ทำงานโดยอัตโนมัติ 393
10.53 เครื่องตรวจสอบความผิดปกติของนม ยู.เอช.ที.บรรจุกล่อง 394
10.54 เครื่องต้นแบบเครื่องทอดขนมถั่วทอดแบบกึ่งอัตโนมัติ 394

บทที่ 1

บทนำงานเครื่องมือกล

งานเครื่องมือกล (Machine Tools) การผลิต การซ่อม และการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลทั้งหมดนั้นสร้างโดย “เครื่องมือกล” เครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิตก็มีหลากหลายขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต เช่น เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องเจียระไน เครื่องกัด เครื่องเจาะ เป็นต้น ส่วนประกอบของเครื่องจักรกล อาจจะมีแบบงานที่ซับซ้อน มีความละเอียดแม่นยำสูง และขนาดใหญ่หรือหนักมากอย่างไร เครื่องมือกลจึงเป็นส่วนสำคัญของกระบวนผลิตทั่วโลก

1.1 หลักการของงานเครื่องมือกล

งานเครื่องมือกล หมายถึง เครื่องมือ เครื่องจักรที่ใช้เครื่องมือตัดโลหะเป็นอุปกรณ์ตัดเฉือนสำหรับการผลิต การซ่อม และการประกอบชิ้นส่วน โดยอาศัยพลังงานไฟฟ้าหรือเครื่องยนต์ เป็นต้นกำลัง เครื่องมือกลจะใช้สำหรับงานเปลี่ยนแปรรูปวัสดุด้วยการตัดเฉือนวัสดุ เช่น การกลึง การไส การเจียระไน การกัด และการเจาะ เป็นต้น โดยมีองค์ประกอบของเครื่องมือกล 2 อย่าง คือ

1) เครื่องมือตัด (Cutting Tools) เป็นเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีคมตัด สามารถตัดเฉือนชิ้นงานให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ วัสดุที่ใช้ทำส่วนมากจะเป็นจำพวกเหล็กกล้ารอบสูง เช่น มีดกลึง ดอกสว่าน ดอกกัด มีดไส เป็นต้น

2) เครื่องมือกล (Machine Tools) เป็นเครื่องจักรที่ขับเคลื่อนด้วยต้นกำลังรูปแบบต่าง ๆ มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะงาน เช่น เครื่องกลึง เครื่องไส เครื่องเจียระไน เครื่องกัด และเครื่องเจาะ เป็นต้น

1.2 ประเภทของงานเครื่องมือกล

เครื่องมือกลที่ใช้ในงานขึ้นรูปโลหะ ออกแบบมาสำหรับใช้กับงานโลหะโดยเฉพาะเพื่อเปลี่ยนหรือแปรรูปโลหะด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เครื่องมือกลที่ใช้ในงานโลหะมีหลายชนิด แต่สามารถจำแนกออกเป็น 6 กลุ่ม คือ

1.2.1 กลุ่มการทำงานที่ชิ้นงานหมุนรอบตัวเอง

เครื่องมือกลกลุ่มนี้ชิ้นงานจะหมุนรอบตัวเองโดยการจับยึดของอุปกรณ์จับยึดและหมุนด้วยต้นกำลัง จากนั้นเครื่องมือตัดที่ถูกจับยึดอยู่กับที่ เคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานที่กำลังหมุนรอบตัวเองอยู่ เครื่องมือกลกลุ่มนี้ เรียกว่า เครื่องกลึง (Lathes) เศษโลหะที่ออกมาจะมีขนาดใหญ่และยาว แสดงดังรูปที่ 1.1

รูปที่ 1.1 เครื่องกลึง
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

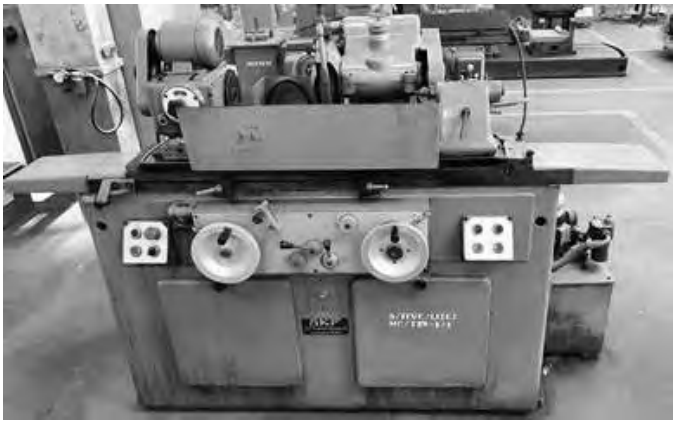
1.2.2 กลุ่มการทำงานไส

เครื่องมือกลกลุ่มนี้จะมี 2 ลักษณะ ลักษณะแรกกรณีที่ชิ้นงานเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวระนาบโดยมีเครื่องมือตัดอยู่กับที่ เรียกว่า เครื่องไสช่วงยาว (Planer) ลักษณะที่สองกรณีที่ชิ้นงาน อยู่กับที่โดยมีเครื่องมือตัดเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวระนาบเรียกว่า เครื่องไสช่วงสั้น (Shaper) เศษโลหะที่ออกมาจะมีขนาดใหญ่และเป็นชิ้นเล็ก ๆ แสดงดังรูปที่ 1.2

รูปที่ 1.2 เครื่องไส
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

1.2.3 กลุ่มการทำงานขัดหรือเจียระไน

เครื่องมือกลกลุ่มนี้ชิ้นงานจะถูกเปลี่ยนขนาดหรือรูปร่างจากการสัมผัสกับส่วนที่หมุนของจานหรือล้อหินเจียระไน มี 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรก กรณีที่ชิ้นงานเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวระนาบและหมุนรอบตัวเองโดยมีเครื่องมือตัดหมุนอยู่กับที่ เรียกว่า เครื่องเจียระไนทรงกระบอก (Cylindrical Grinding) ลักษณะที่สอง กรณีที่ชิ้นงานเคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามแนวระนาบโดยมีเครื่องมือตัดหมุนอยู่กับที่ เรียกว่า เครื่องเจียระไนราบ (Surface Grinding) เศษโลหะที่ออกมาจะมีขนาดเล็กหรือเป็นผง แสดงดังรูปที่ 1.3



(ก)

(ข)

รูปที่ 1.3 เครื่องเจียระไน (ก) เครื่องเจียระไนทรงกระบอก และ (ข) เครื่องเจียระไนราบ
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

1.2.4 กลุ่มการทำงานกัด

เครื่องมือกลกลุ่มนี้ชิ้นงานจะถูกจับยึดแน่นอยู่กับที่แล้วเคลื่อนที่เข้าหามีดกัด (Cutter) หรือดอกกัด (End Mill) ซึ่งกำลังหมุนอยู่ โดยมีการทำงาน 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแรก กรณีที่ชิ้นงานอยู่กับที่และจับยึดแน่น เคลื่อนที่เข้าหาดอกกัดซึ่งกำลังหมุนอยู่ในแนวตั้ง เรียกว่า เครื่องกัดแนวตั้ง (Vertical Milling) ลักษณะที่สอง กรณีที่ชิ้นงานอยู่กับที่และจับยึดแน่น เคลื่อนที่เข้าหาดอกกัดซึ่งกำลังหมุนอยู่ในแนวนอน เรียกว่า เครื่องกัดแนวนอน (Horizontal Milling) เศษโลหะที่ออกมาจะมีขนาดเล็กและเป็นชิ้นเล็ก ๆ แสดงดังรูปที่ 1.4

(ก) **(ข)**

รูปที่ 1.4 เครื่องกัด (ก) เครื่องกัดแนวตั้ง และ (ข) เครื่องกัดแนวนอน
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

1.2.5 กลุ่มการทำงานเจาะ

เครื่องมือกลกลุ่มนี้ชิ้นงานจะถูกจับยึดแน่นอยู่กับที่โดยมีดอกสว่าน (Drill) ที่กำลังหมุนรอบตัวเองเคลื่อนที่ลงมาตัดเฉือนโลหะ เรียกว่า เครื่องเจาะ (Drilling) เศษโลหะที่ออกมาจะมีขนาดเล็กและยาว เครื่องเจาะที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมีหลากหลายชนิด ซึ่งล้วนแต่ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นขนาดของชิ้นงานที่เจาะ วัสดุที่จะเจาะ หรือแม้แต่ขนาดของดอกสว่านที่จะใช้เจาะ ดังนั้นควรเลือกใช้ชนิดของเครื่องเจาะให้ถูกต้องและเหมาะสม แสดงดังรูปที่ 1.5

(ก) **(ข)**

รูปที่ 1.5 เครื่องเจาะ (ก) เครื่องเจาะตั้งพื้น และ (ข) เครื่องเจาะรัศมี
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

1.2.6 กลุ่มการทำงานตัด

เครื่องมือกลกลุ่มนี้ชิ้นงานจะถูกจับยึดแน่นอยู่กับที่ แล้วเคลื่อนเครื่องมือตัดที่หมุนรอบตัวเองหรือกำลังเคลื่อนที่ไป-กลับในแนวเส้นตรงเข้าตัดเฉือนชิ้นงาน เช่น เครื่องเลื่อยวงเดือน (Circular Saw) เครื่องเลื่อยสายพาน (Band Saw) และเครื่องเลื่อยกลแบบชัก (Power Hack Saw) แสดงดังรูปที่ 1.6

รูปที่ 1.6 เครื่องเลื่อยกลแบบชัก
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

1.3 ความปลอดภัยสำหรับงานเครื่องมือกล

ความปลอดภัยสำหรับงานเครื่องมือกล มีความสำคัญและเป็นพื้นฐานสำหรับผู้ปฏิบัติงานเครื่องมือกลทุกคน การปฏิบัติงานการใช้เครื่องมือกล จะต้องมีจิตสำนึกถึงความปลอดภัยอยู่ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจมีอิทธิพลส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าได้นั้น แต่สามารถที่จะป้องกันหรือลดความสูญเสียลงได้ ผู้ปฏิบัติงานจึงมีความจำเป็นต้องศึกษา เรียนรู้ และเข้าใจ ให้ถูกต้องเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเครื่องมือกล เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องปลอดภัย อีกทั้งสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย

1.3.1 ความหมายของความปลอดภัย

ความปลอดภัย (Safety) หมายถึง การทำงาน การปฏิบัติงาน หรือการกระทำต่าง ๆ ที่ไม่เป็นปัจจัยต่อการเกิดอุบัติเหตุ เหตุการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า ซึ่งอาจก่อให้เกิดการสูญเสียทางด้านทรัพย์สิน ร่างกาย ขวัญกำลังใจ ทั้งต่อตนเอง และผู้ร่วมงาน

อุบัติเหตุ (Accident) หมายถึง เหตุการณ์ หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นแล้วก่อให้เกิดการสูญเสียทางด้านทรัพย์สิน ร่างกาย และขวัญกำลังใจ ที่เกิดมาจากปัจจัยจากความประมาท ความอวดเด่น และความไม่สามารถควบคุมสติของตนเองได้

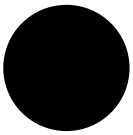
1.3.2 สีและเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย

โรงงานอุตสาหกรรมต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อรักษาความปลอดภัย และป้องกันอุบัติเหตุ รวมไปถึงการใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อแทนความหมายของการรักษาความปลอดภัย อาจจะมีลักษณะการใช้เครื่องหมาย การใช้สี หรือคำอธิบาย ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับสัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อให้มีความเข้าใจให้ตรงกันกับการสื่อความหมายเหล่านั้น เพื่อให้เกิดการเข้าใจที่ตรงกันและสามารถใช้งานได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดขึ้น

มาตรฐานเลขที่ มอก. 635-2554 สีและเครื่องหมายความปลอดภัย ได้กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับสีที่ใช้ในการชี้บ่งความปลอดภัย และหลักการออกแบบเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัยที่ใช้ในสถานที่ทำงานและพื้นที่สาธารณะ เพื่อใช้เป็นหลักพื้นฐานในการจัดทำมาตรฐานที่มีเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัย (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4386, 2554)

1) สีเพื่อความปลอดภัย สีที่กำหนดในการบอกความหมายเพื่อความปลอดภัย ตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 635-2554 กำหนดให้ใช้สีเพื่อความปลอดภัย แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สีเพื่อความปลอดภัยและสีตัด

รูปทรงเรขาคณิต	ความหมาย	สีเพื่อความปลอดภัย	สีตัด	สีของสัญลักษณ์ภาพ	ตัวอย่างการใช้งาน
แถบวงกลมพร้อมแถบเฉียง	ห้าม	สีแดง (Red)	สีขาว (White)	สีดำ (Black)	- ห้ามสูบบุหรี่ - ห้ามผ่าน - ห้ามใช้ดื่ม
 วงกลม	บังคับให้ต้องปฏิบัติ	สีฟ้า (Blue)	สีขาว	สีขาว	- ต้องสวมอุปกรณ์ป้องกันตา - ต้องสวมอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล - ต้องปิดสวิตช์
สามเหลี่ยมด้านเท่า	เตือน	สีเหลือง (Yellow)	สีดำ	สีดำ	- ระวังพื้นผิวร้อน - ระวังอันตรายจากกรด - ระวังอันตรายจากไฟฟ้า
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	แสดงภาวะปลอดภัย	สีเขียว	สีขาว		- ปฐมพยาบาล - ทางหนีไฟ - จุดรวมพล
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	อุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัย	สีแดง	สีขาว	สีขาว	- จุดแจ้งเหตุ - อุปกรณ์ผจญเพลิง - อุปกรณ์ดับเพลิงยกหิ้ว

ที่มา : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4386, 2554.

2) เครื่องหมายความปลอดภัย คือ เครื่องหมายและสัญลักษณ์ที่ใช้กันโดยทั่วไปจะมีมาตรฐานที่ตรงกัน ไม่สามารถที่จะคิดเองหรือแต่งขึ้นเอง ๆ ได้ เครื่องหมายเพื่อความปลอดภัยมี 5 ประเภท คือ เครื่องหมายห้าม เครื่องหมายบังคับ เครื่องหมายเตือน เครื่องหมายแสดงสภาวะปลอดภัย และเครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัย

(1) เครื่องหมายห้าม แสดงเกี่ยวกับคำสั่งห้าม เช่น ห้ามอาหารและเครื่องดื่ม ห้ามจุดไฟ ห้ามทำให้เกิดประกายไฟ แสดงดังรูปที่ 1.7

รูปที่ 1.7 เครื่องหมายห้าม
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

(2) เครื่องหมายบังคับ แสดงเกี่ยวกับข้อบังคับให้ปฏิบัติและอธิบายถึงการป้องกันอันตราย เช่น สวมแว่นตานิรภัย แสดงดังรูปที่ 1.8

รูปที่ 1.8 เครื่องหมายบังคับ
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

(3) เครื่องหมายเตือน แสดงภาวะอันตรายที่ต้องระวัง โดยบ่งชี้เป็นสัญลักษณ์หรือข้อความ เช่น ระวังอันตรายจากเครื่องจักร ระวังอันตรายจากกระแสไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 1.9

รูปที่ 1.9 เครื่องหมายเตือน
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

(4) เครื่องหมายแสดงสภาวะปลอดภัย แสดงการบ่งชี้ถึงตำแหน่ง เช่น ทางออก ทางเข้า จุดรวมพล เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 1.10

รูปที่ 1.10 เครื่องหมายแสดงสภาวะปลอดภัย
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

(5) เครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัย เป็นป้ายบอกเพื่อเตรียมพร้อมทั้งก่อนและเมื่อเกิดเหตุอัคคีภัยขึ้น เช่น ทางออกฉุกเฉินหรือทางหนีไฟ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 1.11

รูปที่ 1.11 เครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับทางออกฉุกเฉิน
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเตือน เครื่องหมายแสดงสภาวะปลอดภัย ล้วนแล้วแต่สื่อออกมาให้เข้าใจง่ายและใช้สีดึงดูดใจ เพื่อให้เกิดการปฏิบัติและละเว้นที่จะเกิดขึ้นกับสุขภาพร่างกาย นอกจากจะมีการนำป้ายและสัญลักษณ์ต่าง ๆ มาใช้เพื่อความปลอดภัยแล้ว ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัย ไม่ว่าจะเป็นถังดับเพลิงชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงการติดตั้งพัดลมระบายอากาศและจุดให้แสงสว่าง เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นไปอย่างราบรื่น แสดงดังรูปที่ 1.12

รูปที่ 1.12 จุดที่ติดตั้งถังดับเพลิง
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

สิ่งที่มักพบเห็นอยู่เป็นประจำคือ การใช้โทนสีต่าง ๆ ในการบอกบริเวณการปฏิบัติงานที่มีอันตราย หรือเป็นการเตือนให้ผู้ปฏิบัติงาน และผู้ที่เกี่ยวข้องทราบถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น จากการเข้าไปใกล้ชิดในบริเวณการทำงานดังกล่าว ซึ่งส่วนใหญ่จะแสดงเป็นในลักษณะของการใช้สีเหลืองหรือสีส้ม จำกัดบริเวณการทำงานของเครื่องจักรกลเครื่องนั้น ๆ ซึ่งก็จะเป็นทราบกันว่าในบริเวณดังกล่าวจะต้องระมัดระวังอันตรายที่เกิดจากการทำงานของเครื่องจักรตัวนั้น ๆ แสดงดังรูปที่ 1.13

รูปที่ 1.13 พื้นของโรงปฏิบัติงาน
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

อีกสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญและไม่ความมองข้ามนอกจากการจำกัดบริเวณพื้นที่อันตรายของเครื่องจักรกลแล้ว ในส่วนของชิ้นส่วนของเครื่องจักรเองที่มีการขยับเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาในขั้นตอนการปฏิบัติ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานเองก็จำเป็นจะต้องมีความระมัดระวังในส่วนนี้ด้วยเช่นเดียวกัน เนื่องจากผู้ปฏิบัติงานนั้นคือผู้ที่ปฏิบัติงานใกล้ชิดกับเครื่องจักรกลมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 1.14

รูปที่ 1.14 สีที่บ่งบอกส่วนของการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกล
ที่มา : ถ่ายภาพโดยผู้เรียบเรียง

1.3.3 สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในงานเครื่องมือกล

อุบัติเหตุที่เกิดขึ้นทุกครั้งมิใช่เกิดจากโชคชะตาหรือเคราะห์กรรมที่เหนือการควบคุม แต่เกิดจากสาเหตุที่แก้ไขและป้องกันได้ สาเหตุของอุบัติเหตุที่สำคัญ ได้แก่ การกระทำที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Acts) และสภาพการณ์ที่ไม่ปลอดภัย (Unsafe Conditions)

1) สาเหตุนำของการเกิดอุบัติเหตุ
   (1) ความผิดพลาดของการจัดการ
      - ไม่มีการอบรมหรือสอนการปฏิบัติงาน
      - ไม่มีการบังคับให้ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัย
      - ไม่มีการวางแผนและเตรียมงานด้านความปลอดภัย
   (2) สภาวะทางด้านจิตใจของผู้ปฏิบัติงานที่มีเหมาะสม
      - มีทัศนคติที่ไม่ถูกต้อง
      - สมองมีปฏิกิริยาในการสั่งงานช้า
      - ขาดความระมัดระวัง
   (3) สภาวะทางด้านร่างกายของผู้ปฏิบัติงานไม่เหมาะสม
      - มีอาการอ่อนเพลีย
      - หูหนวก หรือสายตาไม่ดี
      - มีร่างกายไม่เหมาะสมกับการปฏิบัติงาน
2) สาเหตุโดยตรงของการเกิดอุบัติเหตุ
   (1) การปฏิบัติงานที่ไม่ปลอดภัย
      - การใช้เครื่องจักรกลโดยพลการ หรือไม่ได้รับมอบหมาย
      - ทำการซ่อมแซมเครื่องจักรกลในขณะที่เครื่องยังเดินอยู่
      - ถอดอุปกรณ์ความปลอดภัยออกจากเครื่องโดยไม่มีเหตุผลอันควร
      - ทำงานเร็วเกินสมควร และใช้เครื่องมืออัตราที่เร็วเกินไป
      - ไม่ใส่ใจคำเตือนหรือข้อห้ามต่าง ๆ
      - หยอกล้อกันในขณะทำงาน
      - ยืนทำงานในที่ที่ไม่ปลอดภัย
      - ใช้เครื่องมือที่ชำรุด และใช้ไม่ถูกวิธี
      - ไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล
   (2) สภาพของงานที่ไม่ปลอดภัย
      - ไม่มีเซฟการ์ด ป้องกันอันตรายของเครื่องจักรกล
      - เครื่องจักร เครื่องมือ มีการออกแบบที่ไม่ถูกต้อง

- บริเวณพื้นที่ทำงานลื่น
- การซ้อนหรือการวางวัสดุที่ไม่ถูกวิธี
- การจัดเก็บสารเคมี สารไวไฟที่ไม่ถูกต้อง
- ไม่มีระบบการระบายและถ่ายเทอากาศที่ดี
- ไม่มีระบบเตือนภัยที่เหมาะสม

1.3.4 ความปลอดภัยในงานเครื่องมือกล

การใช้เครื่องมือ เครื่องจักรกล และการปฏิบัติงานต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงานเป็นอันดับแรก โดยมีข้อควรปฏิบัติดังนี้

1) ตรวจสอบสภาพความพร้อมของเครื่องจักรกลว่าพร้อม หรือมีการชำรุดหรือเปล่า
2) ควรมีการติดตั้งระบบป้องกันอันตรายจากตัวเครื่อง เช่น ฝาครอบนิรภัย
3) แต่งกายให้รัดกุม เหมาะสมกับการทำงาน
4) ก่อนการใช้เครื่องมือเครื่องจักรควรได้รับคำแนะนำก่อนเสมอ
5) สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในขณะปฏิบัติงาน
6) ห้ามหยอกล้อกันในขณะปฏิบัติงาน
7) ในการใช้เครื่องมือเครื่องจักรควรมีการศึกษาทำความเข้าใจก่อนเสมอ
8) จัดสถานที่ทำงานให้เป็นระเบียบ
9) ไม่ปฏิบัติงานด้วยความประมาทและขาดสติ
10) ปฏิบัติตามกฎความปลอดภัยโดยเคร่งครัด

จากผลงานวิจัยพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุในการทำงาน สามารถแยกออกได้ 3 พฤติกรรม คือ พฤติกรรมด้านการปฏิบัติตามกฎระเบียบ ข้อบังคับ อันดับหนึ่ง คือ การปฏิบัติตามเครื่องหมายเตือนอย่างเคร่งครัด อันดับสอง คือ การตรวจสอบความเรียบร้อยของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ของเครื่องก่อนทำงานทุกครั้ง และอันดับสาม คือ การปฏิบัติตามระเบียบที่โรงงานกำหนดไว้อย่างเคร่งครัด

พฤติกรรมด้านการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ อันดับหนึ่ง คือ จัดเก็บ เครื่องมือ อุปกรณ์ที่มีคม มีอันตราย ไว้ในที่เก็บที่ปลอดภัยเมื่อใช้งานเสร็จ อันดับสอง คือ การรายงานเครื่องมืออุปกรณ์ที่ชำรุดต่อผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบทันที และอันดับสาม คือ การเลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมกับงาน

พฤติกรรมด้านความพร้อมของร่างกาย อันดับหนึ่ง คือ การพักผ่อนที่เพียงพอก่อนมาปฏิบัติงาน อันดับสอง คือ ในขณะทำงานคิดถึงเรื่องปัญหาครอบครัว และเพื่อนร่วมงาน อันดับสาม คือ ใช้ยาหรือเครื่องดื่มชูกำลังต่าง ๆ เพื่อให้สามารถทำงานได้นาน โดยไม่เมื่อยล้า (กิตติศักดิ์, 2555)

ดังนั้นถ้าผู้ปฏิบัติงานทุกคนสามารถปฏิบัติตามกฎระเบียบของการปฏิบัติงานอย่างเคร่งครัด ในการปฏิบัติงานทุกครั้งจะสามารถป้องกันอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานได้เป็นส่วนใหญ่ นอกเสียจากว่าเกิดเหตุการณ์ที่นอกเหนือไปจากนั้น เช่น ปฏิบัติงานอย่างเร่งด่วนโดยผู้ปฏิบัติงานหรือเกิดเหตุการณ์ที่เกิดจากธรรมชาติ ซึ่งเหตุการณ์ในทำนองนี้จะเกิดขึ้นน้อยมากหากผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัดแล้วจะสามารถลดการสูญเสียจากอุบัติเหตุลงได้มาก

บทสรุป

งานเครื่องมือกลที่ใช้งานขึ้นรูปโลหะออกแบบมาสำหรับใช้กับงานโลหะโดยเฉพาะเพื่อเปลี่ยนหรือแปรรูปโลหะด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ประเภทของงานเครื่องมือกล สามารถแบ่งได้ 6 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการทำงานที่ชิ้นงานหมุนรอบตัวเอง กลุ่มการทำงานไส กลุ่มการทำงานขัดหรือเจียระไน กลุ่มการทำงานกัด กลุ่มการทำงานเจาะ กลุ่มการทำงานตัด เป็นต้น ความปลอดภัยในงานเครื่องมือกล มีความสำคัญและเป็นพื้นฐานสำหรับผู้ปฏิบัติงานเครื่องมือกลทุกคน การปฏิบัติงานการใช้เครื่องมือกล จะต้องมีจิตสำนึกถึงความปลอดภัยอยู่ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงาน ปัจจัยต่าง ๆ ที่อาจมีอิทธิพลส่งผลต่อการเกิดอุบัติเหตุที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าได้นั้น แต่สามารถที่จะป้องกันหรือลดความสูญเสียลงได้ ดังนั้นการใช้เครื่องมือเครื่องจักรกล และการปฏิบัติงานต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงานเป็นอันดับแรก สิ่งที่ผู้ปฏิบัติงานควรรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัย คือ สีเพื่อความปลอดภัย เช่น ห้าม คือ สีแดง (Red) บังคับให้ต้องปฏิบัติ คือ สีฟ้า (Blue) เตือน คือ สีเหลือง (Yellow) แสดงภาวะปลอดภัย คือ สีเขียว (Green) และอุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัยคือ สีแดง รวมถึงการจำแนกเครื่องหมายเพื่อความปลอดภัยซึ่งมี 5 ประเภทด้วยกัน ประกอบด้วย เครื่องหมายห้าม เครื่องหมายบังคับ เครื่องหมายเตือน เครื่องหมายแสดงสภาวะปลอดภัย และเครื่องหมายแสดงอุปกรณ์เกี่ยวกับอัคคีภัย ซึ่งจะเป็นพื้นฐานของการเรียนในรายวิชางานเครื่องมือกลในบทต่อ ๆ ไป

แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

1. จงอธิบายความหมายของงานเครื่องมือกล มาพอสังเขป
2. จงบอกประเภทของงานเครื่องมือกล พร้อมทั้งสเกตแบบร่างของเครื่องมือกลจากหนังสือหรือตำราต่าง ๆ
3. หลักการแปรรูปชิ้นงานด้วยเครื่องมือกล อธิบาย
4. เครื่องมือกลกลุ่มการทำงานที่ชิ้นงานหมุนรอบตัวเอง มีหลักการทำงานอย่างไร อธิบายพอสังเขป
5. ลักษณะการทำงานโดยการจับยึดชิ้นงานอยู่กับที่ แล้วให้เครื่องมือตัดเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานเพื่อตัดเฉือน คือ เครื่องมือกลชนิดใดบ้าง อธิบายพอสังเขป
6. จากกลุ่มการทำงานเครื่องมือกลทั้ง 6 กลุ่ม นักศึกษาคิดว่ากลุ่มใดมีความสำคัญมากที่สุด และเพราะสาเหตุใด
7. เครื่องหมายห้าม มีขนาดเท่าไหร่ตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 635-2554
8. นอกจากเครื่องหมายที่ได้กล่าวมาแล้วในบทนี้ ยังมีเครื่องหมายอะไรอีกบ้างที่เพิ่มเติมตามมาตรฐานเลขที่ มอก. 635-2554
9. จบบอกสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในงานเครื่องมือกล ในโรงปฏิบัติงานของมหาวิทยาลัยฯ พร้อมทั้งบอกแนวทางป้องกันและวิธีการแก้ไข
10. การใช้เครื่องมือเครื่องจักรกล และการปฏิบัติงานต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการทำงาน โดยมีข้อควรปฏิบัติอะไรบ้าง
11. ให้นักศึกษาค้นหาส่วนของการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลจากโรงงานอาคาร 11 พร้อมทั้งสเกตแบบเบื้องต้น

เอกสารอ้างอิงประจำบท

กิตติศักดิ์ สมุทธารักษ์. (2555). พฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุในการทำงานของพนักงานโรงงานเซรามิกในจังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง,* 5(2), 1-9.

บุญศักดิ์ ใจจงกิจ. (2554). *เทคโนโลยีเครื่องมือกล.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4386 (พ.ศ. 2554) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511. (2555, 1 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่มที่ 129 ตอนพิเศษ 43 ง, หน้า 4.

เลิศศักดิ์ ทองโต. (2560). *งานเครื่องมือกลเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และวีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2551). *วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน.* พิมพ์ครั้งที่ 24. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

อำนาจ ทองแสน. (2559). *งานเครื่องมือกลเบื้องต้น.* กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บทที่ 2

เครื่องมือกลสำหรับการหล่อโลหะ

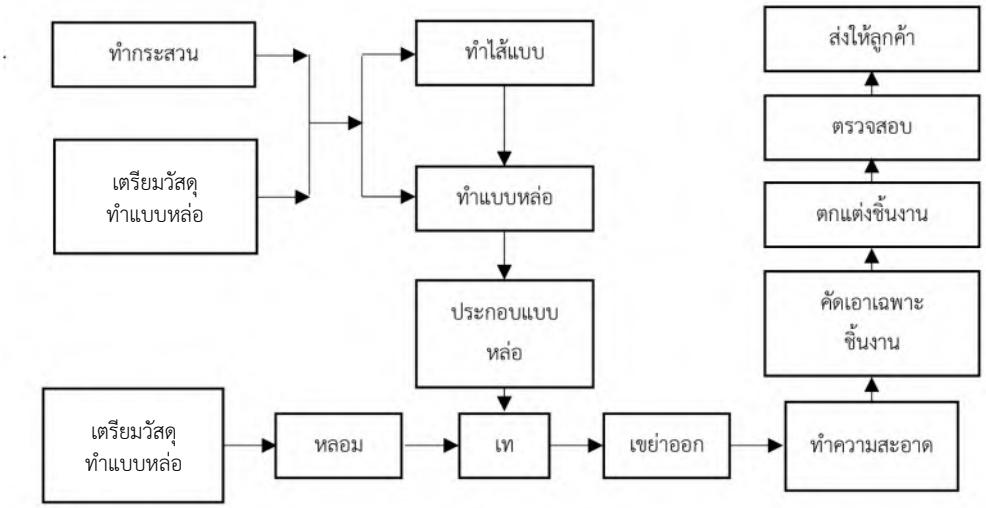
การหล่อโลหะ คือ กระบวนการขึ้นรูปโลหะที่เก่าแก่มากที่สุดวิธีหนึ่งและยังเป็นวิธีหลักในการขึ้นรูปโลหะ โดยจะนำโลหะมาหลอมเหลวแล้วเทหรือฉีดเข้าสู่แบบหล่อ (Mold) หรือแม่พิมพ์ (Die) ให้เป็นรูปร่างหรือรูปทรงต่าง ๆ ความที่ต้องการให้โลหะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวและเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง กระบวนการขึ้นรูปด้วยการหล่อโลหะจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากในงานเครื่องมือกล

2.1 หลักการของการหล่อโลหะ

การทำงานหล่อมีขั้นตอนการทำที่แตกต่างกันไปตามชนิดของแบบหล่อ ในเบื้องต้นถ้าเป็นการทำโดยใช้หล่อทรายชื้นซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไปในประเทศ เริ่มต้นจากการออกแบบงานหล่อ และการสร้างกระสวน ให้ได้รูปร่างตามที่ได้ออกแบบไว้ ก่อนนำมาใช้ในการขึ้นรูปเป็นแบบทรายหล่อ เพื่อให้ได้แบบหล่อที่พร้อมที่จะเทหล่อ ขั้นตอนการเตรียมน้ำโลหะ จะต้องมีการควบคุมคุณภาพของน้ำโลหะให้ได้ส่วนผสมตามที่กำหนดเสียก่อน จึงนำไปเทลงในแบบหล่อที่เตรียมไว้ เมื่อเทหล่อแล้วปล่อยให้งานหล่อแข็งตัวสมบูรณ์และเย็นตัวดีเสียก่อนจึงทำการรื้อแบบหล่อในขั้นตอนต่อไป งานหล่อที่ได้จะต้องผ่านการตรวจสอบเบื้องต้นด้วยตา และนำมาทำความสะอาด ตัดรูล้นหัวป้อนออก และหากต้องการตัดแต่งด้วยเครื่องมือกลจะต้องทำให้เสร็จเรียบร้อยเสียก่อนที่จะจัดส่งให้กับลูกค้าต่อไป แสดงดังรูปที่ 2.1

2.2 ชนิดและส่วนประกอบเครื่องมือกลสำหรับการหล่อโลหะ

กระบวนการขึ้นรูปด้วยการหล่อโลหะ คือ การนำโลหะไปหลอมให้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวแล้วเทหรือฉีดเข้าสู่แบบหล่อ (Mold) หรือแม่พิมพ์ (Die) ให้เป็นรูปแบบรูปทรงต่าง ๆ ตามที่ต้องการ จากนั้นรอให้โลหะแข็งตัว (เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง) จากนั้นเอาชิ้นงานมาตกแต่ง หรือนำผ่านกระบวนการอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มหรือลดคุณสมบัติของโลหะจึงจะได้งานสำเร็จที่จะนำไปใช้งาน ดังนั้นการรู้จักชนิดของการหล่อโลหะให้เหมาะสมกับรูปแบบการนำไปใช้งานจึงมีความสำคัญ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

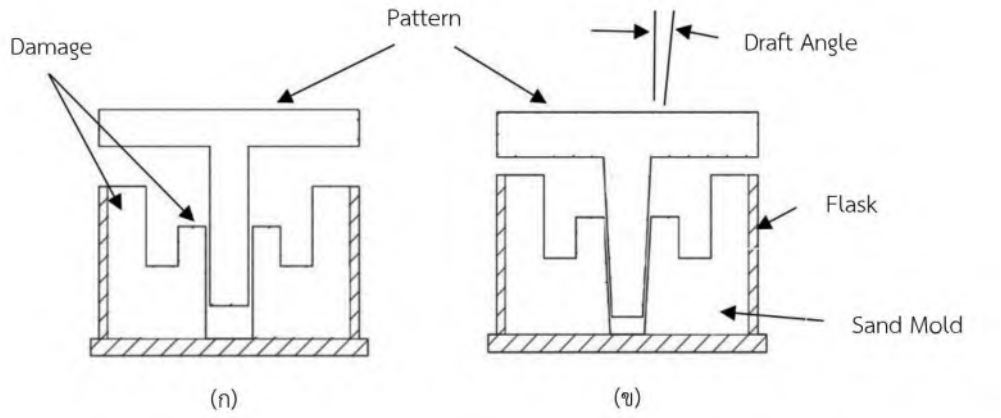


รูปที่ 2.1 กระบวนการขึ้นรูปด้วยการหล่อโลหะ
ที่มา : ดัดแปลงจาก ณรงค์ศักดิ์, 2562

2.2.1 ชนิดของการหล่อโลหะ

ปัจจุบันการหล่อโลหะมีอยู่ด้วยกันหลากหลายรูปแบบ การหล่อรูปแบบต่าง ๆ จะทำให้โลหะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกใช้กรรมวิธีการหล่อโลหะในการแปรรูปโลหะนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงาน ปริมาณของชิ้นงานและคุณสมบัติของชิ้นงานที่ต้องการ

1) การหล่อแบบหล่อทราย (Sand Molding) แบบหล่อทรายเป็นกรรมวิธีที่นิยมกันมากที่สุดในอุตสาหกรรมการแปรรูปโลหะ เนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและใช้ต้นทุนในการหล่อที่ไม่สูง โดยจะใช้ทรายในการทำแบบหล่อ (Mold) ตามลักษณะของชิ้นงาน ทรายที่ใช้ในการทำแบบหล่อทรายมีอยู่ด้วยกันหลากหลายชนิด แต่ทรายที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือทรายซิลิกา (Silica : SiO_2) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ ทรายธรรมชาติ (Natural Sand) และทรายสังเคราะห์ (Synthetic Sand) ส่วนมากจะใช้ทรายสังเคราะห์ เนื่องจากทรายสังเคราะห์สามารถควบคุมขนาดและความสะอาดของเม็ดทรายได้ สามารถทำแบบหล่อได้ด้วยเครื่องจักรและสามารถทำได้ด้วยมือจึงเหมาะกับงานที่มีปริมาณไม่มากและรูปร่างที่ซับซ้อนได้ ชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีการหล่อนี้จะมีความแข็งแรงต่ำและหนา จึงไม่เหมาะกับชิ้นงานที่บาง ดังรูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นถึงการถอดกระสวนออกจากแบบทราย กระสวนที่มีความลาดเอียงจะถอดได้ง่ายกว่ากระสวนที่ไม่มีความลาดและอาจทำให้แบบหล่อทรายพังทลายได้



รูปที่ 2.2 การหล่อแบบหล่อทราย (ก) กระสวนที่ไม่มีความลาดเอียง
และ (ข) กระสวนที่มีความลาดเอียง
ที่มา : ดัดแปลงจาก วัลลภ, 2556

2) การหล่อแบบหล่อเปลือกบาง (Shell Molds) แบบหล่อเปลือกบาง บางครั้งจะเรียกว่า C-Process ถูกพัฒนาขึ้นโดย เจ. โครนิง ชาวเยอรมัน ในปี ค.ศ. 1940 ซึ่งเป็นการพัฒนาครั้งใหญ่ในอุตสาหกรรมการแปรรูปโลหะ เป็นกรรมวิธีหล่อโลหะที่ใช้ทรายเป็นแบบหล่อเปลือกบาง ๆ เพียงประมาณ 5-10 มิลลิเมตร เท่านั้น ชิ้นงานที่ได้จะมีผิวเรียบและมีขนาดที่เที่ยงตรงสูง จึงเหมาะกับงานที่มีขนาดเล็ก และต้องการขนาดที่เที่ยงตรง รวมถึงมีความเรียบผิว

วิธีการทำแบบจะยังคงใช้ทรายซิลิกาที่มีความละเอียดสูงเป็นวัสดุทนไฟ ผสมรวมกับตัวประสานที่เป็นผงของเทอร์โมเซ็ตติงเรซิน เช่น ฟีนอล-ฟอร์มาลดีไฮด์ ด้วยปริมาณ 2.5-4 เปอร์เซ็นต์ ปัจจุบันทรายที่ผสมกับเรซินแล้วมีจำหน่ายอยู่ทั่วไป ขั้นตอนการทำแบบหล่อเปลือกบาง แสดงดังรูปที่ 2.3

โดยเริ่มจากการให้ความร้อนกระสวนโลหะแบบผ่าซีกที่ติดอยู่กับแผ่นรองที่เป็นโลหะพร้อมรูเทและรูล้นที่อุณหภูมิระหว่าง 175-370 องศาเซลเซียส จากนั้นพ่นเคลือบผิวกระสวนด้วยซิลิโคนเหลวเพื่อได้สามารถแกะแบบทรายออกได้ง่าย คว่ำแบบหล่อปิดกล่องที่บรรจุทรายผสมเรซินไว้แล้ว แสดงดังรูปที่ 2.3 (ก) พลิกกลับด้านให้ทรายลงมาคลุมแบบหล่อโลหะที่ร้อนอยู่ แสดงดังรูปที่ 2.3 (ข) ทิ้งไว้ให้ตัวประสานหลอมและจับยึดเม็ดทรายแล้วแข็งตัวด้วยระยะเวลาหนึ่ง โดยเวลาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ทรายแบบหล่อมีความหนาเพิ่มขึ้น แสดงดังรูปที่ 2.3 (ค) จากนั้นพลิกกล่องทรายกลับลงมา แสดงดังรูปที่ 2.3 (ง) ทรายส่วนที่ไม่แข็งตัวจะร่วงลงมา