



การออกแบบ เครื่องจักรกล

เล่ม 2

15

ค.ดร. วรสิทธิ์ อิงกากรณ์
รศ. ชานู กนิตงาน



การออกแบบ เครื่องจักรกล

เล่ม 2

ศ.ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์
รศ. ชาญ ภูนิตงาน

เลขทะเบียน **M 0140202**

วันลงทะเบียน **11 ส.ค. 2557**

681.515

ค 327.17

เลขเรียกหนังสือ

2456

ค 3.81



บริษัท ซีเ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

ค้นหาหนังสือที่ต้องการ (รวม e-book และสินค้าที่น่าสนใจ) ได้เร็ว ทันใจ

- บน PC และ Notebook ที่ www.se-ed.com
- ร่วมกับ SmartPhone และ Tablet ทุกยี่ห้อ ที่ <http://m.se-ed.com> (ผ่าน browser เซลล์ในโทรศัพท์มือถือ) Bookmark บนจอ Home จะใช้งานได้เหมือนใช้ App ทุกรูปแบบ) หรือดาวน์โหลด **SE-ED Application** ได้จาก **Play Store** บน **Android** (ใช้ได้บนทุกยี่ห้อ) หรือจาก **App Store** บน **iOS** (iPhone / iPad / iPod) สนใจเนื้อหาหนังสือ e-book)

- โครงการที่ต้องการซื้อเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ประกอบการสอน การฝึกอบรม การส่งเสริมการขาย หรือเป็นรางวัลพิเศษ เป็นต้น กรุณาติดต่อสอบถามราคาพิเศษได้ที่ ฝ่ายขาย บริษัท ซี.อี.ดู.เคส. จำกัด (มหาชน) อาคารวีซีไอ.เอฟ. ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพมหานคร 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8222 โทรสาร 0-2739-8358-9
- หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ comment@se-ed.com

การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2

โดย ศ.ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ รศ. ช่าง อนุตองาน

ราคา 350 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2556 โดย ศ.ดร. วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ และ รศ. ช่าง อนุตองาน

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ นอกจากจะได้รับการอนุญาต

4 1 0 - 5 3 4 - 4 5 6
0 6 5 5 4 3 2 1 0 9 8 7 6

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ


วรวิทย์ อึ้งภากรณ์.

การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 -- กรุงเทพฯ : ซี.อี.ดู.เคส., 2556.
456 หน้า.

1. การออกแบบเครื่องจักรกล.
 - I. ช่าง อนุตองาน, ผู้แต่งร่วม. II. ชื่อเรื่อง.
- 621.815

ISBN : 978-616-08-1291-2

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

 บริษัท ซี.อี.ดู.เคส. จำกัด (มหาชน)
SE-EDUCATION PUBLIC COMPANY LIMITED

อาคารวีซีไอ.เอฟ. ทาวเวอร์ ชั้น 19 เลขที่ 1858/87 90 ถนนบางนา-ตราด แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8002

 50% มอบเงินสนับสนุนเพื่อสังคม 50% ซี.อี.ดู.เคส.

จัดพิมพ์ครั้งที่ 1 (1997) จำนวน

เลขที่ 23/71-72 หมู่ที่ 1 ซอยเคอจอน 10 ถนนพหลโยธิน-บางพลี แขวงบางพลี เขตบางพลี กรุงเทพมหานคร 10150 โทรศัพท์ 0-2451-3010

นายวีระ กาญจนพัฒน์ ผู้พิมพ์/ผู้โฆษณา พ.ศ. 2556

คำนำ

เนื่องจากเนื้อหาเกี่ยวกับวิชาการออกแบบเครื่องจักรกลมีอยู่มากมาย ผู้เขียนจึงได้แยกตำราออกเป็น 2 เล่ม สำหรับตำราการออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 นี้ ผู้เขียนได้ใช้ระบบหน่วยเอสไอทั้งหมด ซึ่งนับได้ว่าเป็นตำราเล่มแรกทางด้านวิชาการออกแบบเครื่องจักรกลที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ สำหรับขนาดมาตรฐานของชิ้นงานต่างๆ ผู้เขียนได้พยายามรวบรวมมาจากมาตรฐานไอเอสโอ (ISO) เท่าที่สามารถจะหาได้ ในกรณีของชิ้นส่วนที่ยังไม่มีการจัดทำเป็นมาตรฐานขึ้น ผู้เขียนก็จำเป็นต้องเลือกใช้มาตรฐานอื่นๆ ที่เหมาะสมแทน ทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ของเนื้อหาที่กล่าวถึงชิ้นส่วนนั้นๆ

ตำราชุดการออกแบบเครื่องจักรกลนี้ เหมาะสำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมศาสตร์ในระดับปีที่ 3 ตัวอย่างต่างๆ ในแต่ละบทได้เน้นถึงหลักการคำนวณออกแบบอย่างชัดเจน ฉะนั้น ตำราชุดนี้จึงอาจจะมีประโยชน์ต่อวิศวกรผู้ซึ่งกำลังปฏิบัติงานอยู่ด้วย

เนื้อหาในตำราเล่มนี้แบ่งออกเป็น 11 บท ในบทที่ 1 กล่าวถึงคัปปลิง บทที่ 2 - 5 เป็นการคำนวณเกี่ยวกับเฟืองชนิดต่างๆ บทที่ 6 และ 7 เป็นการเลือกใช้เจอร์นัลแบร์ริงและโรลลิงแบร์ริง บทที่ 8 กล่าวถึงเบรกและคลัตช์ บทที่ 9 กล่าวถึงเกียร์บรอมเชื่อม บทที่ 10 กล่าวถึงวิธีการเลือกขนาดสายพาน และบทที่ 11 เป็นการเลือกขนาดโซ่ ดังนั้นจึงมิได้มีความต่อเนื่องกับการออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 โดยตรง อย่างไรก็ตาม ผู้อ่านจะต้องมีความรู้เบื้องต้นทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ทั่วไป กลศาสตร์วัสดุ และคณิตศาสตร์ในระดับปีที่ 2 ของการศึกษาทางด้านวิศวกรรมศาสตร์มาแล้ว ฉะนั้นถ้าได้ศึกษาบทที่ 1 - บทที่ 5 ในตำราการออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1 แล้ว ผู้อ่านก็สามารถที่จะเลือกศึกษาหัวข้อต่างๆ ในตำราการออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2 ได้ตามต้องการ ส่วนตารางค่าคุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรมต่างๆ ที่มีได้กล่าวไว้ในที่นี้ก็ให้ใช้อย่างยิ่งจากตำราการออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1

เนื้อหาที่บรรจุอยู่ในตำราการออกแบบเครื่องจักรกลทั้ง 2 เล่มรวมกันมีมากเกินไป
สำหรับการศึกษา 2 ภาคการศึกษาต่อเนื่องกัน ดังนั้นผู้สอนที่เลือกใช้ตำราชุดนี้ จึงสามารถที่
จะจัดเนื้อเรื่องต่างๆ สำหรับการสอนได้ตามความเหมาะสม

เนื่องจากการศึกษาทางด้านกรออกแบบเครื่องจักรกลต้องมีความรู้จากศาสตร์เบื้องต้น
แทบทุกแขนง การแก้ปัญหาที่สามารถทำได้หลายวิธี และวิธีที่เสนอ ณ ที่นี้อาจจะมีใช้วิธีที่
เหมาะสมที่สุด ฉะนั้นผู้เขียนจึงต้องการที่จะได้ข้อแนะนำและข้อวิจารณ์จากผู้อ่านทุกท่าน เพื่อ
เป็นแนวทางในการปรับปรุงตำราในโอกาสต่อไป

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์สมุ ญฉาย และคุณไพบุญย์ อ่ำคำสง ที่ได้ช่วยในการประสาน
งานด้านการเขียน คุณสันติ บุรพิชวิน ที่ได้ช่วยในการพิสูจน์อักษร อาจารย์จิตตวีร์ พรหมโบล
และคณะที่ได้จัดทำต้นฉบับและงานด้านศิลปะด้วยความประณีต คุณบุญธรรม ศิมนารักษ์
ผู้พิมพ์ต้นฉบับด้วยความเรียบร้อย คุณบุญอยู่ อนุสรณ์พรเพิ่มและคณะ ผู้เขียนรูปด้วยความ
สวยงาม ภรรยาและบุตรของผู้เขียนที่ได้ให้กำลังใจแก่ผู้เขียนด้วยดีตลอดมา

ศ.ดร. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์
รศ. ชาญ กนังงาน

สารบัญ

บทที่ 1	คัมภีร์	11
1.1	บทนำ	11
1.2	คัมภีร์แบบเชิงครึ่ง	12
1.3	คัมภีร์แบบย้อนตัว	22
1.4	ข้อต่อแบบกากบาท	28
1.5	คัมภีร์ชนิดอื่นๆ	31
	เอกสารอ่านประกอบ	32
	แบบฝึกหัดท้ายบท	33
บทที่ 2	เฟืองตรง	35
2.1	บทนำ	35
2.2	คำจำกัดความ	36
2.3	มาตรฐานการบอกขนาดของฟัน	36
2.4	กฎการขึ้นของเฟืองและการทำงานของฟันเฟือง	40
2.5	ระยะการขับและอัตราส่วนการขับ	42
2.6	การขัดกัน	43
2.7	วิธีการตัดเฟือง	49
2.8	ความเค้นในฟันของเฟืองตรง	51
2.9	ความเค้นหนาแน่น	57
2.10	แรงทลัด	58
2.11	ความคงทนของผิวหน้าฟันเฟืองตรง	65
2.12	สันตั้งทูล	72
2.13	วัสดุสำหรับเฟือง	73
	เอกสารอ่านประกอบ	74
	แบบฝึกหัดท้ายบท	75

บทที่ 3	เฟืองเฉียง.....	79
	3.1 บทนำ	79
	3.2 ลักษณะทั่วไป	79
	3.3 สัดส่วนของฟัน	82
	3.4 แรงบนฟันเฟือง	83
	3.5 จำนวนฟันสมมูล	84
	3.6 ความเค้นในฟันของเฟืองเฉียง	86
	3.7 ความคงทนของผิวหน้าฟันเฟืองเฉียง	86
	3.8 เฟืองก้างปลา	86
	3.9 เฟืองเฉียงไรฟ์	87
	เอกสารอ่านประกอบ	92
	แบบฝึกหัดท้ายบท	93
บทที่ 4	เฟืองดอกจอก.....	95
	4.1 บทนำ	95
	4.2 ลักษณะของเฟืองดอกจอก	95
	4.3 ความแข็งแรงของฟันเฟือง	97
	4.4 จำนวนฟันสมมูล	100
	4.5 แรงทอร์ค	102
	4.6 ความคงทนของผิวหน้าฟันเฟืองดอกจอก	103
	4.7 การออกแบบเฟืองดอกจอกตามวิธีของสมาคมผู้ผลิตเฟือง	105
	4.8 เฟืองเดี่ยหยู	113
	4.9 เฟืองดอกจอกชนิดกิน	114
	เอกสารอ่านประกอบ	117
	แบบฝึกหัดท้ายบท	118
บทที่ 5	ชุดเฟืองหนอน.....	121
	5.1 บทนำ	121
	5.2 ลักษณะทั่วไปของชุดเฟืองหนอน	122
	5.3 ความสัมพันธ์อื่นๆ	125
	5.4 พัลส์มวลฐาน	126
	5.5 ประสิทธิภาพของชุดเฟืองหนอน	126
	5.6 ขนาดเกลียวตัวหนอน	128
	5.7 ความแข็งแรงของเฟืองหนอน	132
	5.8 แรงทอร์ค	133
	5.9 ความคงทนของผิวหน้าฟันเฟืองหนอน	133
	5.10 การระบายความร้อน	134

5.11 ข้อผิดพลาดทั่วไปในการคำนวณออกแบบ	136
เอกสารกำหนดประกอบ	141
แบบฝึกหัดท้ายบท	142
บทที่ 6 เจอร์นัลเบริงและการหล่อขึ้น	145
6.1 บทนำ	145
6.2 ชนิดของกาารหล่อขึ้น	146
6.3 ชนิดของเจอร์นัลแมริง	147
6.4 ความหนา	148
6.5 กฎของพีทรอยฟ	151
6.6 กลไกของการหล่อขึ้น	154
6.7 สมการของเรย์โนลด์	154
6.8 แผนภูมิที่ใช้ออกแบบ	159
6.9 คุณสมบัติของน้ำมันหล่อขึ้น	161
6.10 ความหนาน้อยที่สุดของฟิล์มน้ำมันในการใช้งาน	168
6.11 อัตราส่วนเคลือบกันซี	169
6.12 ขนาดของเจอร์นัลและความยาวแมริง	170
6.13 การออกแบบเจอร์นัลแมริงให้อำนาจประโยชน์ที่สุด	171
6.14 แมริงอัตโนมัติ	175
6.15 วัสดุแมริง	182
เอกสารกำหนดประกอบ	183
แบบฝึกหัดท้ายบท	184
บทที่ 7 วัสดุเบริง	189
7.1 บทนำ	189
7.2 ชนิดของแมริง	191
7.3 การใช้แมริงคู่	194
7.4 การบรรจุลูกกลิ้ง	198
7.5 มิติมาตรฐานของวัสดุเบริง	198
7.6 ความเสียหายของโรลลิงแมริง	199
7.7 อายุใช้งานของแมริง	201
7.8 การประเมินค่าอายุใช้งานและแรง	202
7.9 แรงสมมูล	208
7.10 ตัวประกอบใช้งาน	212
7.11 อายุใช้งานโดยสังเขป	215
7.12 การเลือกแมริงให้มีโอกาสสู่อุณหภูมิเท่ากับ 90%	223
7.13 การเลือกแมริงสำหรับรับแรงเปลี่ยนแฉ่ง	227

	7.14 การหล่อขึ้น	231
	เอกสารอ่านประกอบ	233
	แบบฝึกหัดท้ายบท	234
บทที่ 8	เบรกและคลัตช์	241
	8.1 บทนำ	241
	8.2 โพลิตีเฟลคอนแทกซ์คลัตช์	242
	8.3 คลัตช์แผ่น	246
	8.4 คลัตช์ลิ้น	254
	8.5 คลัตช์ชนิดอื่นๆ	257
	8.6 เบรก	261
	8.7 ข้อคิดเกี่ยวกับพลังงานและกำลังงาน	261
	8.8 เบรกแผ่นคลาด	263
	8.9 เบรกแผ่นคลาดแบบดีเฟอว์เรนเชียล	265
	8.10 เบรกกำมปูชนิดลิ้น	269
	8.11 เบรกกำมปูชนิดยารอยุด้านนอก	272
	8.12 เบรกกำมปูชนิดยารอยุด้านใน	276
	8.13 เบรกชนิดอื่นๆ	281
	เอกสารอ่านประกอบ	282
	แบบฝึกหัดท้ายบท	283
บทที่ 9	การเชื่อมต่อ	293
	9.1 บทนำ	293
	9.2 วิธีการเชื่อม	293
	9.3 ชนิดของรอยเชื่อม	296
	9.4 การให้ชื่อลวดเชื่อม	297
	9.5 รอยเชื่อมรับแรงมีขนาด	300
	9.6 การตัดในรอยเชื่อม	303
	9.7 การบิดในรอยเชื่อม	309
	เอกสารอ่านประกอบ	319
	แบบฝึกหัดท้ายบท	320
บทที่ 10	สายพาน	327
	10.1 บทนำ	327
	10.2 ชนิดและวัสดุสายพาน	327
	10.3 ลักษณะการขึ้นด้ายสายพาน	328
	10.4 กลศาสตร์ของสายพานแบบ	330

10.5 การดริปและการสลิป	335
10.6 ความเค้นในสายพาน	337
10.7 ความกว้างและความยาวของสายพานแบน	339
10.8 ล้อสายพาน	345
10.9 การทำให้เกิดแรงตึงขึ้นต้นในสายพานแบน	349
10.10 การคำนวณหาขนาดของสายพานแบน	355
10.11 สายพานลิ้ม	366
10.12 ขนาดสายพานและล้อสไลด์สายพานลิ้ม	367
10.13 กลศาสตร์ของสายพานลิ้ม	389
10.14 การทำให้เกิดแรงตึงขึ้นต้นในสายพานลิ้ม	371
10.15 การคำนวณหาขนาดของสายพานลิ้ม	374
เอกสารอ่านประกอบ	390
แบบฝึกหัดท้ายบท	392
บทที่ 11 โซ่	397
11.1 บทนำ	397
11.2 การใช้งาน	398
11.3 ชนิดของโซ่	400
11.4 เฝือกโซ่	403
11.5 การส่งกำลัง	405
11.6 ความเค้นในโซ่	411
11.7 โซ่มาตรฐาน	415
11.8 การคำนวณหาขนาดโซ่	419
เอกสารอ่านประกอบ	437
แบบฝึกหัดท้ายบท	438
ดัชนี	443