

แผนการสอนมุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพและบูรณาการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

วิชา **ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์**

รหัส 30127-2001

โดย

นาย.....

ครูชำนาญการพิเศษ

วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขา

สาขาวิชา.....

วิทยาลัยเทคนิค.....

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำโดย



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

รายการตรวจสอบและอนุญาตให้

☐ เห็นควรอนุญาตให้ใช้ในการสอนได้

☐ ควรปรับปรุงเกี่ยวกับ.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้าวิชาเมคคาทรอนิกส์

...../...../.....

☐ เห็นควรอนุญาตให้ใช้ในการสอนได้

☐ ควรปรับปรุงเกี่ยวกับ.....

ลงชื่อ.....

(.....)

หัวหน้างานพัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอน

...../...../.....

☐ เห็นควรอนุญาตให้ใช้ในการสอนได้

☐ ควรปรับปรุงดังเสนอ

☐ อื่น ๆ.....

ลงชื่อ.....

(.....)

รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ

...../...../.....

☐ อนุญาตให้ใช้ในการสอนได้

☐ อื่น ๆ.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้อำนวยการวิทยาลัย.....

คำนำ

แผนการสอนวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์ รหัส 30127-2001 นี้ จัดเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนการสอน ในการจัดทำแผนการสอนครั้งนี้ เพื่อให้ผู้สอนได้มีการเตรียมการสอนล่วงหน้า ได้วางแผนการสอน การวัดผลและประเมินผลอย่างมีประสิทธิภาพ มีการพัฒนาแนวความคิด และสร้างสรรค์ ในสิ่งที่จะนำมาใช้สอนนักเรียนนักศึกษาในครั้งต่อไป ให้มีความก้าวหน้าทางวิชาการ และมีการพัฒนาเนื้อหาในครั้งต่อ ๆ ไปให้ดียิ่งขึ้นไป

ในเนื้อหาของแผนการสอนวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์ รหัส 30127-2001 นี้ ประกอบด้วยเนื้อหาทฤษฎีและปฏิบัติ 11 หน่วย ซึ่งได้เรียบเรียงตามเอกสารและหนังสือที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนในห้องเรียน เพื่อเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนนักศึกษาในการเรียน ซึ่งจะให้ผลสัมฤทธิ์ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ และได้ทำการเพิ่มเติมหน่วยการเรียนรู้ หลักการเศรษฐกิจพอเพียง ซึ่งเป็นปรัชญาแนวคิดของในหลวงรัชกาลที่ 9 เข้าไว้ในแผนการสอนหน่วยที่ 12 รวมแล้วใช้เวลาสอนทั้งหมด 90 ชั่วโมง โดยมีวิธีการสอนทั้งแบบบรรยาย อภิปราย ถามตอบ สาธิต และแบ่งกลุ่มทำปฏิบัติ เป็นต้น มีสื่อที่ใช้ในการเรียนการสอนได้แก่ หนังสือ วีดีโอ เครื่องฉาย LCD โปรเจกเตอร์ ส่วนการวัดและประเมินผลได้แก่ การสอบข้อเขียนและปฏิบัติ คุณธรรมและจริยธรรม

ขอขอบคุณคณะครูแผนกวิชาเมคคาทรอนิกส์และคณะเจ้าหน้าที่ทุก ๆ ฝ่าย ที่มีส่วนช่วยให้แผนการสอนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ ครบถ้วนทุกสาระ และขอมอบอุทิศความดี ความสมบูรณ์ของแผนการสอน เล่มนี้ให้แก่ บิดา มารดาผู้ให้กำเนิดและเป็นครูคนแรกที่เคารพรักเทิดทูนอย่างสูงยิ่ง และครูอาจารย์ผู้ประศาสน์วิชาทุก ๆ ท่าน

นาย.....

วิทยาลัยเทคนิค.....

สารบัญ

	หน้า
คำนำ.....	3
สารบัญ	4
คำอธิบายรายวิชา	10
ชื่อเรื่องและงาน สมรรถนะที่พึงประสงค์ของแผนการสอน.....	11
หน่วยการสอน/การเรียนรู้ทฤษฎีและปฏิบัติ.....	23
ตารางวิเคราะห์หลักสูตร	24
 แผนการสอนหน่วยที่ 1 เฟือง (Gears)	25
หัวข้อเรื่อง	25
สาระสำคัญ.....	25
สมรรถนะประจำหน่วย	26
จุดประสงค์การสอน	26
เนื้อหาสาระ	28
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	30
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	31
สื่อการเรียนการสอน	32
แหล่งการเรียนรู้.....	33
การประเมินผล	34
บันทึกหลังการสอน.....	35
 แผนการสอนหน่วยที่ 2 ลูกเบี้ยว (Cams)	36
หัวข้อเรื่อง	36
สาระสำคัญ.....	36
สมรรถนะประจำหน่วย	36
จุดประสงค์การสอน	37
เนื้อหาสาระ	38
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	39
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	40

สื่อการเรียนการสอน	41
แหล่งการเรียนรู้.....	42
การประเมินผล	43
บันทึกหลังการสอน.....	44
 แผนการสอนหน่วยที่ 3 สายพาน (Belts Drive)	45
หัวข้อเรื่อง	45
สาระสำคัญ.....	45
สมรรถนะประจำหน่วย	45
จุดประสงค์การสอน	46
เนื้อหาสาระ	47
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	48
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	49
สื่อการเรียนการสอน	50
แหล่งการเรียนรู้.....	51
การประเมินผล	52
บันทึกหลังการสอน.....	53
 แผนการสอนหน่วยที่ 4 โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)	54
หัวข้อเรื่อง	54
สาระสำคัญ.....	54
สมรรถนะประจำหน่วย	54
จุดประสงค์การสอน	55
เนื้อหาสาระ	56
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	57
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	58
สื่อการเรียนการสอน	59
แหล่งการเรียนรู้.....	60
การประเมินผล	61
บันทึกหลังการสอน.....	62

แผนการสอนหน่วยที่ 5 ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling)	63
หัวข้อเรื่อง	63
สาระสำคัญ.....	63
สมรรถนะประจำหน่วย	63
จุดประสงค์การสอน	64
เนื้อหาสาระ	65
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	66
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	67
สื่อการเรียนการสอน	68
แหล่งการเรียนรู้.....	69
การประเมินผล	70
บันทึกหลังการสอน.....	71
 แผนการสอนหน่วยที่ 6 เพลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins).....	72
หัวข้อเรื่อง	72
สาระสำคัญ.....	72
สมรรถนะประจำหน่วย	73
จุดประสงค์การสอน	73
เนื้อหาสาระ	74
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	75
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	76
สื่อการเรียนการสอน	77
แหล่งการเรียนรู้.....	78
การประเมินผล	79
บันทึกหลังการสอน.....	80
 แผนการสอนหน่วยที่ 7 ตลับลูกปืน (Bearings)	81
หัวข้อเรื่อง	81
สาระสำคัญ.....	81
สมรรถนะประจำหน่วย	82
จุดประสงค์การสอน	82
เนื้อหาสาระ	83

กิจกรรมการเรียนการสอน.....	85
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	86
สื่อการเรียนการสอน	87
แหล่งการเรียนรู้.....	88
การประเมินผล	89
บันทึกหลังการสอน.....	90
 แผนการสอนหน่วยที่ 8 สปริง (Springs)	91
หัวข้อเรื่อง	91
สาระสำคัญ.....	91
สมรรถนะประจำหน่วย	91
จุดประสงค์การสอน.....	92
เนื้อหาสาระ	93
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	94
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	95
สื่อการเรียนการสอน	96
แหล่งการเรียนรู้.....	97
การประเมินผล	98
บันทึกหลังการสอน.....	99
 แผนการสอนหน่วยที่ 9 คลัตช์ (Clutches)	100
หัวข้อเรื่อง	100
สาระสำคัญ.....	100
สมรรถนะประจำหน่วย	100
จุดประสงค์การสอน.....	101
เนื้อหาสาระ	102
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	103
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	104
สื่อการเรียนการสอน	105
แหล่งการเรียนรู้.....	106
การประเมินผล	107
บันทึกหลังการสอน.....	108

แผนการสอนหน่วยที่ 10 บอลสกรู (Ball Screws).....	109
หัวข้อเรื่อง	109
สาระสำคัญ.....	109
สมรรถนะประจำหน่วย	110
จุดประสงค์การสอน	110
เนื้อหาสาระ	112
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	113
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	114
สื่อการเรียนการสอน	115
แหล่งการเรียนรู้.....	116
การประเมินผล	117
บันทึกหลังการสอน.....	118
 แผนการสอนหน่วยที่ 11 โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module)	119
หัวข้อเรื่อง	119
สาระสำคัญ.....	119
สมรรถนะประจำหน่วย	119
จุดประสงค์การสอน	120
เนื้อหาสาระ	121
กิจกรรมการเรียนการสอน.....	122
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	123
สื่อการเรียนการสอน	124
แหล่งการเรียนรู้.....	125
การประเมินผล	126
บันทึกหลังการสอน.....	127
 แผนการสอนหน่วยที่ 12 หลักการเศรษฐกิจพอเพียง (The Principle of Sufficiency Economics)	128
หัวข้อเรื่อง	128
สาระสำคัญ.....	128
สมรรถนะประจำหน่วย	128
จุดประสงค์การสอน	128
เนื้อหาสาระ	129

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน.....	130
งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม.....	131
สื่อการเรียนรู้.....	132
แหล่งการเรียนรู้.....	133
การประเมินผล	134
บันทึกหลังการสอน.....	135

คำอธิบายรายวิชา		
ชื่อรายวิชา	ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	รหัส 30127-2001
(Mechanical Parts in Mechatronics)		
ระดับชั้น	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สาขาวิชาเมคคาทรอนิกส์
หน่วยกิต	3	จำนวนชั่วโมงรวม 90 ชั่วโมง
ภาคเรียนที่	2	ปีการศึกษา 2564
จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้ 1. เข้าใจหลักการเคลื่อนที่ ความเร็วและการส่งถ่ายกำลังงานของชิ้นส่วนเครื่องกล 2. สามารถคำนวณหาความแข็งแรงของชิ้นส่วนเครื่องกลชนิดต่าง ๆ ในงานเมคคาทรอนิกส์ 3. สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนเครื่องกลพื้นฐานในงานเมคคาทรอนิกส์ 4. มีกิจนิสัยในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบและปลอดภัย ตระหนักถึงคุณภาพของงาน และมีคุณธรรมจริยธรรมในงานอาชีพ สมรรถนะรายวิชา 1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการเคลื่อนที่ ความเร็วและการส่งถ่ายกำลังงานของชิ้นส่วนเครื่องกล 2. คำนวณหาพารามิเตอร์ชิ้นส่วนเครื่องกลชนิดต่าง ๆ ในงานเมคคาทรอนิกส์ 3. ถอดประกอบชิ้นส่วนเครื่องกลพื้นฐานในงานเมคคาทรอนิกส์ คำอธิบายรายวิชา ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการเคลื่อนที่ ความเร็ว การถอดประกอบชิ้นส่วนเครื่องกล เฟือง ลูกเบี้ยว สายพาน ลิ้ม สลัก เพลา ลิ้ม เพลา สปริง คลัตช์ ลูกปืน สวิตช์ โมดูลส่งชิ้นงานแนวราบ แนวตั้ง แนวเอียง ถาดวงกลม สไลด์เวย์ สกรูบอล แนวแกนลักษณะต่าง ๆ รวมถึงการวัดตรวจสอบชิ้นส่วนให้เป็นไปตามมาตรฐานกำหนด และคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน ปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย ตลอดจนการบำรุงรักษาชิ้นส่วนเครื่องกล		

ชื่อเรื่องและงาน สมรรถนะที่พึงประสงค์ของแผนการสอน

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
1. เฟือง (Gears) 1.1 ชนิดของเฟือง (Type of Gears) 1.2 ขบวนเฟือง (Gear Trains) 1.3 กระจุกเกียร์ (Gear Box) 1.4 ระบบเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary Gear System) 1.5 ข้อดีและข้อเสียของเฟืองขับ (Advantages and Disadvantages of Gear Drive) 1.6 การบำรุงรักษากระจุกเกียร์ (Gearbox Maintenance) 1.7 มิติของฟันเฟือง (Gear Dimension) 1.8 การวิเคราะห์แรงกระทำบนเฟืองฟันตรง (Spur Gear Force Analysis) 1.9 ความแข็งแรงของเฟืองฟันตรง (Spur Gear-Tooth Strength) 1.10 การขับแบบฮาร์มอนิก (Harmonic Drive) 1.11 การขับแบบไซคลอยดอล (Cycloidal Drive) ใบงานที่ 1 การถอดประกอบกระจุกเกียร์	สมรรถนะ รู้และเข้าใจหลักการทำงานของเฟือง ขบวนเฟือง กระจุกเกียร์ ระบบเฟืองดาวเคราะห์ การวิเคราะห์แรงกระทำและความแข็งแรงของเฟืองฟันตรง การขับแบบฮาร์มอนิกและแบบไซคลอยดอลได้ถูกต้องและสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกหลักการทำงานของเฟือง ขบวนเฟือง กระจุกเกียร์ได้ถูกต้อง 2. บอกหลักการทำงานของระบบเฟืองดาวเคราะห์ได้ถูกต้อง 3. บอกการวิเคราะห์แรงกระทำและความแข็งแรงของเฟืองฟันตรง และการขับแบบฮาร์มอนิกและแบบไซคลอยดอลได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 4. สามารถถอดประกอบกระจุกเกียร์ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการ เศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ลูกเบี้ยว (Cams) 2.1 ชนิดของลูกเบี้ยว (Type of Cams) 2.2 รูปแบบของลูกเบี้ยว (Shapes of Cams) 2.3 ชนิดของตัวตามลูกเบี้ยว (Type of Cam Follower) 2.4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกเบี้ยว (Inspection and Maintenance of Cams) 2.5 การคำนวณหาระยะทางที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) 2.6 การคำนวณหาความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจหลักการทำงานของลูกเบี้ยวและตัวตามชนิดต่าง ๆ การคำนวณหาระยะทางและความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) ได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกหลักการทำงานของลูกเบี้ยวและตัวตามชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. บอกการคำนวณหาระยะทางและความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) ด้านทักษะ 3. สามารถคำนวณหาระยะทางและความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) ได้ถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 4. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
4. โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket) 4.1 โครงสร้างของโซ่ (Construction of Chain) 4.2 มาตรฐานโซ่ (Chain Standards) 4.3 โซ่หลายแฉก (Multiple-Strand Chain) 4.4 ข้อต่อโซ่ (Connecting Links) 4.5 สเตอร์ (Sprocket) 4.6 อัตราส่วนความเร็วของโซ่ (Velocity Ratio of Chain) 4.7 การหล่อลื่นโซ่ (Chain Lubrication) 4.8 คุณลักษณะของโซ่ (Characteristics of Chain) 4.9 การบำรุงรักษาโซ่ (Chain Maintenance) ใบงานที่ 3 การปรับตั้งศูนย์ของสเตอร์	สมรรถนะ รู้และเข้าใจหลักการทำงานของโซ่และสเตอร์ชนิดต่าง ๆ อัตราส่วนความเร็วของโซ่ การหล่อลื่นและการบำรุงรักษาโซ่ได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกการทำงานของโซ่และสเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. บอกอัตราส่วนความเร็วของโซ่ได้ถูกต้อง 3. บอกการหล่อลื่นและการบำรุงรักษาโซ่ ด้านทักษะ 4. สามารถการปรับตั้งศูนย์ของสเตอร์ หล่อลื่นและบำรุงรักษาโซ่ได้ถูกต้อง ปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
5. ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling) 5.1 ข้อต่อส่งกำลัง (Transmission Joint) 5.2 คัปปลิง (Coupling) 5.3 การบำรุงรักษาคัปปลิงและการเสียหาย (Coupling Maintenance and Failure) 5.4 ศูนย์เพลลา (Shaft Alignment) ใบงานที่ 4.1 การปรับตั้งฐานมอเตอร์ด้วยฟิลเลอร์เกจใบ ใบงานที่ 4.2 การปรับตั้งฐานมอเตอร์ด้วยไคแอลเกจ ใบงานที่ 4.3 การปรับตั้งศูนย์เพลลาด้วยบรรทัดวัด ใบงานที่ 4.4 การปรับตั้งศูนย์เพลลาวิธีขอบและผิว โดย การลองผิดลองถูก ใบงานที่ 4.5 การปรับตั้งศูนย์เพลลาโดยการติดตั้ง ไคแอลเกจที่ขอบและผิววิธีคำนวณ ใบงานที่ 4.6 การปรับตั้งศูนย์เพลลาโดยการติดตั้ง ไคแอลเกจที่ขอบและผิววิธีกราฟิก ใบงานที่ 4.7 การปรับตั้งศูนย์เพลลาโดยการติดตั้ง ไคแอลเกจแบบสลับหน้าแปลนวิธีคำนวณ ใบงานที่ 4.8 การปรับตั้งศูนย์เพลลาโดยการติดตั้ง ไคแอลเกจแบบสลับหน้าแปลนวิธีกราฟิก	สมรรถนะ รู้และเข้าใจหลักการทำงานของ ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิงชนิดต่าง ๆ การบำรุงรักษาคัปปลิง และศูนย์เพลลา ได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนด อย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจ พอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกหลักการทำงานของข้อต่อส่งกำลัง และคัปปลิงชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. บอกการบำรุงรักษาคัปปลิง และศูนย์เพลลา ได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 3. สามารถปรับตั้งศูนย์เพลลาวิธีต่าง ๆ ได้ถูก วิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการ เศรษฐกิจพอเพียง 4. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและ ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายใน ระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
6. เพลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins) 6.1 เพลา แกน และแกนหมุน (Shaft Axle and Spindle) 6.2 ชนิดของเพลา (Type of Shaft) 6.3 ร่องฟันปลายเพลา (Shaft End Splines) 6.4 วัสดุที่ใช้ทำเพลา (Material Used for Shafts) 6.5 ขนาดเพลามาตรฐาน (Standard Shaft Sizes) 6.6 การกำหนดองค์ประกอบของเพลา (Configuration of Shaft) 6.7 ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเพลา (Shaft Layout Components) 6.8 แรงบิดของเพลา (Torque of Shaft) 6.9 การหาแรงบิดและความเค้นเฉือนของเพลา (Determination of Torque and Shear Stress on Shaft) 6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลังงาน (Relationship between Torque and Power)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจหลักการทำงานและชนิดของเพลา แกน และแกนหมุน ร่องฟันปลายเพลา วัสดุที่ใช้ทำเพลา ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเพลา การหาแรงบิดและความเค้นเฉือนของเพลาได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกชนิดของเพลา แกน และแกนหมุนได้ถูกต้อง 2. บอกร่องฟันปลายเพลา วัสดุที่ใช้ทำเพลา ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเพลาได้ถูกต้อง 3. บอกแรงบิดของเพลาและการหาแรงบิดและความเค้นเฉือนของเพลาได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 4. สามารถหาแรงบิดและความเค้นเฉือนของเพลาได้ถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
7. ตลับลูกปืน (Bearings) 7.1 แรงที่กระทำกับตลับลูกปืน (Force Exerted on Bearing) 7.2 ชนิดของตลับลูกปืน (Type of Bearings) 7.3 มาตรฐานตลับลูกปืน (Bearing Standard) 7.4 เบอร์ตลับลูกปืน (Bearing Number) 7.5 ตลับลูกปืนคู่ตลับ (Bearing Units) 7.6 การคำนวณหาอายุตลับลูกปืนและแรงที่กระทำ (Calculation of Bearings Life and Force Exerted) 7.7 ร่องลื่น (Plain Slide) 7.8 การบำรุงรักษาตลับลูกปืน (Bearing Maintenance) 7.9 เมคคานิคอลซีล (Mechanical Seals) 7.10 ปลอกซ่อมเพลลา (Shaft Repair Sleeve)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจแรงที่กระทำกับตลับลูกปืน ชนิดของตลับลูกปืน มาตรฐานเบอร์ตลับลูกปืนและตลับลูกปืนคู่ตลับ ค่าคำนวณหาอายุตลับลูกปืนและแรงที่กระทำเมคคานิคอลซีล ได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกแรงที่กระทำกับตลับลูกปืน ชนิดของตลับลูกปืน ได้ถูกต้อง 2. บอกมาตรฐานเบอร์ตลับลูกปืนและตลับลูกปืนคู่ตลับได้ถูกต้อง 3. บอกวิธีคำนวณหาอายุตลับลูกปืนและแรงที่กระทำเมคคานิคอลซีล ด้านทักษะ 4. สามารถคำนวณหาอายุตลับลูกปืนและแรงที่กระทำได้ถูกต้อง 5. สามารถบำรุงรักษาตลับลูกปืนได้ถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 6. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
8. สปริง (Springs) 8.1 ประโยชน์ของสปริง (Benefits of Springs) 8.2 ลักษณะต่าง ๆ ของสปริง (Spring Characteristics) 8.3 คุณลักษณะของสปริงขด (Feature of Coil Spring) 8.4 ปลายของสปริงกด (Ends of Compression Spring) 8.5 การหาค่าแรงของสปริง (Spring Force) 8.6 การต่อสปริงรวมกัน (Combinations of Springs)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจประโยชน์และลักษณะต่าง ๆ ของสปริง คุณลักษณะของสปริงขด ปลายของสปริงกด การหาค่าแรงของสปริง และการต่อสปริงรวมกันได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกประโยชน์และลักษณะต่าง ๆ ของสปริงได้ถูกต้อง 2. บอกคุณลักษณะของสปริงขด ปลายของสปริงกดได้ถูกต้อง 3. บอกการหาค่าแรงของสปริง และการต่อสปริงรวมกันได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 4. สามารถอธิบายสปริงและหาค่าแรงของสปริงได้ถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
9. คลัตช์ (Clutches) 9.1 ส่วนประกอบของคลัตช์ (Clutch Components) 9.2 การทำงานของคลัตช์ (Operating of Clutch) 9.3 การคำนวณหาแรงกดและแรงบิด (Calculation of Force and Torque) 9.4 คลัตช์กรวย (Cone Clutch) 9.5 ทอร์กคอนเวอร์เตอร์ (Torque Convertor) 9.6 โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ (Overrunning Clutch) 9.7 คลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Clutch) ใบงานที่ 5 การถอดประกอบคลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้า	สมรรถนะ รู้และเข้าใจส่วนประกอบและการทำงานของคลัตช์ชนิดต่าง ๆ การคำนวณหาแรงกดและแรงบิดได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกส่วนประกอบและการทำงานของคลัตช์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. บอกการคำนวณหาแรงกดและแรงบิดได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 3. สามารถถอดประกอบคลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้าได้ถูกต้อง 4. อธิบายการทำงานของคลัตช์ชนิดต่าง ๆ และคำนวณหาแรงกดและแรงบิดได้ถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
10. บอลสกรู (Ball Screws) 10.1 ลักษณะทางกายภาพของบอลสกรู (Physical Characteristics of Ball Screw) 10.2 ภาระล่วงหน้า (Preload) 10.3 การทำงานของ บอลสกรู (Operating of Ball Screw) 10.4 ระบบหมุนกลับของนอตลูกปืน (Ball Nut Return System) 10.5 การติดตั้งบอลสกรู (Ball Screw Assembly) 10.6 ข้อดีและข้อเสียของบอลสกรู (Advantage and Disadvantage of Ball Screw) 10.7 การบำรุงรักษาบอลสกรู (Ball Screw Maintenance) 10.8 การคำนวณหาอายุบอลสกรูและแรงที่กระทำ (Calculation of Ball Screw Life and Force Exerted)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจลักษณะทางกายภาพของบอลสกรู ภาระล่วงหน้า การทำงานของระบบหมุนกลับของนอตลูกปืน การติดตั้งบอลสกรู ข้อดีและข้อเสียและการบำรุงรักษาบอลสกรู และการคำนวณหาอายุบอลสกรู และแรงที่กระทำได้อย่างถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกลักษณะทางกายภาพและภาระล่วงหน้าของบอลสกรูได้อย่างถูกต้อง 2. บอกการทำงานของระบบหมุนกลับของนอตลูกปืน การติดตั้งบอลสกรูได้อย่างถูกต้อง 3. บอกข้อดีและข้อเสียและการบำรุงรักษาบอลสกรู และการคำนวณหาอายุบอลสกรูและแรงที่กระทำได้อย่างถูกต้อง ด้านทักษะ 4. สามารถอธิบายการทำงานของบอลสกรูชนิดต่าง ๆ และการคำนวณหาอายุได้อย่างถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
11. โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module) 11.1 ถังส่งชิ้นงาน (Bowl Feeder) 11.2 โมดูลส่งชิ้นงานแนวราบ แนวตั้ง แนวเอียง (Horizontal, Vertical, Incline Transmission Module) 11.3 โมดูลลำเลียงสไปรัล (Spiral Conveyor Module)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจการทำงานของโมดูลส่งชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพและมีเหตุผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกการทำงานของโมดูลส่งชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 2. สามารถอธิบายการทำงานของได้ถูกต้อง ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 3. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพและมีเหตุผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ชื่อเรื่องและงาน	สมรรถนะและจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
12. หลักการเศรษฐกิจพอเพียง (The Principle of Sufficiency Economics) 12.1 ความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียง (Meaning and Importance of the Principle of Sufficiency Economics) 12.2 การนำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้งาน (Using the Principle of Sufficiency Economics)	สมรรถนะ รู้และเข้าใจความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียง และปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกหลักการเศรษฐกิจพอเพียงได้ถูกต้อง 2. บอกความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียงได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 3. นำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้งาน ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 4. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

หน่วยการสอน/การเรียนรู้ทฤษฎีและปฏิบัติ

รหัส 30127-2001

วิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์

ทฤษฎี 36 ชั่วโมง

ปฏิบัติ 54 ชั่วโมง

ชั่วโมงรวม 90 ชั่วโมง

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการสอน	จำนวนชั่วโมง ทฤษฎี	จำนวนชั่วโมง ปฏิบัติ
1	เฟือง	2	6
2	ลูกเบี้ยว	2	-
3	สายพาน	4	9
4	โซ่ขับและสเตอร์	4	6
5	ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง	4	24
6	เพลาลูกเบี้ยว และสลัก	2	-
7	ตลับลูกปืน	4	-
8	สปริง	4	-
9	คลัตช์	4	6
10	บอลสกรู	2	-
11	โมดูลส่งชิ้นงาน	2	-
12	หลักการเศรษฐกิจพอเพียง	2	3
	รวม	36	54

ตารางวิเคราะห์หลักสูตร

ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์

รหัส 30127 – 2001

จำนวนชั่วโมง/สัปดาห์ 5

หน่วยกิต 3

(1) เนื้อหา (รายการสอนหลัก)	พฤติกรรม (5)								
	ความรู้ – ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์/	การประเมินค่า	เจตคติ	รวม (4)	จำนวนชั่วโมงสอน (3)	ลำดับความสำคัญ (2)
1. เพื่อง	10	10	10	10	10	–	50	8	1
2. ลูกเบี้ยว	10	10	8	8	8	–	44	2	7
3. สายพาน	10	10	10	10	9	–	49	11	2
4. โซ่ขับและสเตอร์	10	10	10	10	8	–	48	10	3
5. ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง	10	10	9	8	8	–	45	30	6
6. เพลา ล้อม และสลัก	10	10	10	9	8	–	47	2	4
7. ตลับลูกปืน	10	10	10	8	8	–	46	4	5
8. สปริง	10	9	8	8	8	–	43	4	8
9. คลัตช์	10	9	8	8	7	–	42	10	9
10. บอลสกรู	10	9	8	7	7	–	41	2	10
11. โมดูลส่งชิ้นงาน	10	8	8	7	7	–	40	2	11
12. หลักการเศรษฐกิจพอเพียง	10	8	8	7	6	–	39	5	12
รวม (6)	120	113	107	100	94	–	534	90	
ลำดับความสำคัญ (7)	1	2	3	4	5				

หมายเหตุ 8 – 10 สำคัญมาก

5 – 7 ปานกลาง

1 – 4 สำคัญน้อย

$$\text{สูตรในการคำนวณหาจำนวนชั่วโมง} = \frac{W \times TP}{TW}$$

W = น้ำหนักรวมในแต่ละหน่วย

TP = จำนวนชั่วโมงทั้งหมด

TW = น้ำหนักรวมทั้งหมด

แผนการสอน	หน่วยที่ 1
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 1
ชื่อหน่วย เฟือง (Gears)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง เฟือง (Gears)	จำนวนชั่วโมง 8
หัวข้อเรื่อง บทที่ 1 เฟือง (Gears) 1.1 ชนิดของเฟือง (Type of Gears) 1.2 ขบวนการเฟือง (Gear Trains) 1.3 กระปุกเกียร์ (Gear Box) 1.4 ระบบเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary Gear System) 1.5 ข้อดีและข้อเสียของเฟืองขับ (Advantages and Disadvantages of Gear Drive) 1.6 การบำรุงรักษากระปุกเกียร์ (Gearbox Maintenance) 1.7 มิติของฟันเฟือง (Gear Dimension) 1.8 การวิเคราะห์แรงกระทำบนเฟืองฟันตรง (Spur Gear Force Analysis) 1.9 ความแข็งแรงของเฟืองฟันตรง (Spur Gear-Tooth Strength) 1.10 การขับแบบฮาร์โมนิก (Harmonic Drive) 1.11 การขับแบบไซคลอยดอล (Cycloidal Drive) สาระสำคัญ เฟืองเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งในระบบส่งกำลังเครื่องจักรกลที่ส่งถ่ายกำลังโดยการหมุนผ่านเฟืองตัวอื่น ๆ เฟืองจะมีฟันเฟืองอยู่รอบ ๆ และจะมีขนาดของฟันเฟืองที่เท่ากับฟันเฟืองของเฟืองตัวอื่น ๆ ที่ขบกันเฟืองจะมีการส่งกำลังด้วยความเร็วและแรงบิดที่แตกต่างกันอย่างสมบูรณ์โดยไม่มีการสั่นไถล หรือมีการได้เปรียบเชิงกล หรือในทิศทางที่แตกต่างจากต้นกำลังได้ ปกติจะใช้ลดความเร็วแต่เพิ่มแรงบิด	

แผนการสอน	หน่วยที่ 1
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 1
ชื่อหน่วย เฟือง (Gears)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง เฟือง (Gears)	จำนวนชั่วโมง 8
สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจชนิดของเฟือง ขบวนการเฟือง กระปุกเกียร์ ระบบเฟืองดาวเคราะห์ได้ถูกต้อง 2. สามารถวิเคราะห์แรงกระทำบนเฟืองฟันตรง และความแข็งแรงของเฟืองฟันตรงได้ถูกต้อง 3. รู้และเข้าใจการทำงานของการทำงานของการขับเคลื่อนฮาร์มอนิกและแบบโซ่คลอยคอลลได้ถูกต้อง 4. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป 1. มีความรู้ความเข้าใจเฟืองชนิดต่าง ๆ และการทำงานของขบวนการเฟือง 2. มีความรู้ความเข้าใจในการคำนวณหาอัตราส่วนแรงบิดและอัตราส่วนความเร็วของขบวนการเฟืองและเฟืองดาวเคราะห์ 3. มีความรู้ความเข้าใจในข้อดีและข้อเสียของเฟืองขับ 4. มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการคำนวณหาความแข็งแรงของเฟืองฟันตรง 5. มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของการทำงานของการขับเคลื่อนฮาร์มอนิกและแบบโซ่คลอยคอลล จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายลักษณะของเฟืองชนิดต่าง ๆ และการทำงานของขบวนการเฟืองได้ 2. สามารถคำนวณหาอัตราส่วนแรงบิดและอัตราส่วนความเร็วของขบวนการเฟืองได้ 3. สามารถคำนวณหาอัตราส่วนแรงบิดและอัตราส่วนความเร็วของระบบเฟืองดาวเคราะห์ได้ 4. สามารถอธิบายข้อดีและข้อเสียของเฟืองขับได้ 5. สามารถอธิบายการทำงานของการทำงานของการขับเคลื่อนฮาร์มอนิกและแบบโซ่คลอยคอลลได้	

แผนการสอน	หน่วยที่ 1
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 1
ชื่อหน่วย เฟือง (Gears)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง เฟือง (Gears)	จำนวนชั่วโมง 8
ด้านทักษะ 6. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้เฟืองชนิดต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 7. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 1 เฟือง (Gears)

- 1.1 ชนิดของเฟือง (Type of Gears)
 - 1.1.1 เฟืองฟันตรง (Spur Gears)
 - 1.1.2 เฟืองฟันเฉียง (Helical Gears)
 - 1.1.3 เฟืองฟันเอียงคู่ (Herringbone or Double Helical Gears)
 - 1.1.4 เฟืองหนอน (Worm Gears)
 - 1.1.5 เฟืองสะพาน (Rack and Pinion)
 - 1.1.6 เฟืองดอกจอก (Bevel Gears)
 - 1.1.7 ล้อเฟืองและลิ้นสปริง (Ratchet and Pawl)
- 1.2 ขบวนเฟือง (Gear Trains)
 - 1.2.1 ขบวนเฟืองธรรมดา (Simple Gear Train)
 - 1.2.2 ขบวนเฟืองหลายชุด (Compound Gear Train)
- 1.3 กระจุกเกียร์ (Gear Box)
 - 1.3.1 ขบวนเฟืองในกระจุกเกียร์ (Gear Train in Gear Box)
 - 1.3.2 เฟืองกลับทางหมุน (Reverse Idler Gear)
 - 1.3.3 อัตราทดของกระจุกเกียร์ (Gear Ratio of Gear Box)
- 1.4 ระบบเฟืองดาวเคราะห์ (Planetary Gear System)
 - 1.4.1 การหาอัตราทดของระบบเฟืองดาวเคราะห์ (Ratio of Planetary Gear System)
- 1.5 ข้อดีและข้อเสียของเฟืองขับ (Advantages and Disadvantages of Gear Drive)
 - 1.5.1 ข้อดีของเฟืองขับ (Advantages of Gear Drive)
 - 1.5.2 ข้อเสียของเฟืองขับ (Disadvantages of Gear Drive)
- 1.6 การบำรุงรักษากระจุกเกียร์ (Gearbox Maintenance)
- 1.7 มิติของฟันเฟือง (Gear Dimension)
- 1.8 การวิเคราะห์แรงกระทำบนเฟืองฟันตรง (Spur Gear Force Analysis)
- 1.9 ความแข็งแรงของเฟืองฟันตรง (Spur Gear-Tooth Strength)
 - 1.9.1 ความแข็งแรงต่อแรงดัดของฟันเฟือง (Spur Gear-Tooth Bending Strength)
 - 1.9.2 ความต้านแรงล้าที่ผิวของฟันเฟือง (Spur Gear-Tooth Surface Fatigue Strength)

1.10 การขับเคลื่อนฮาร์โมนิก (Harmonic Drive)

1.10.1 โครงสร้างของชุดขับเคลื่อนฮาร์โมนิก (Structure of Harmonic Drive)

1.10.2 การทำงานของชุดขับเคลื่อนฮาร์โมนิก (Operating of Harmonic Drive)

1.10.3 ข้อดีและข้อเสียของการขับเคลื่อนฮาร์โมนิก

(Advantages and Disadvantages of Harmonic Drive)

1.11 การขับเคลื่อนไซคลอยดอล (Cycloidal Drive)

1.11.1 หลักการทำงานการขับเคลื่อนไซคลอยดอล (Operating of Cycloidal Drive)

1.11.2 ข้อดีและข้อเสียของการขับเคลื่อนไซคลอยดอล

(Advantages and Disadvantages of Cycloidal Drive)

1.11.3 การประยุกต์ใช้งาน

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน
2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วิดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสมพอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น ละเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 2
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ลูกเบี้ยว (Cams)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง ลูกเบี้ยว (Cams)	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง บทที่ 2 ลูกเบี้ยว (Cams) 2.1 ชนิดของลูกเบี้ยว (Type of Cams) 2.2 รูปแบบของลูกเบี้ยว (Shapes of Cams) 2.3 ชนิดของตัวตามลูกเบี้ยว (Type of Cam Follower) 2.4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกเบี้ยว (Inspection and Maintenance of Cams) 2.5 การคำนวณหาระยะทางที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) 2.6 การคำนวณหาความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM) สาระสำคัญ ลูกเบี้ยว คือ ชิ้นส่วนทางกลของเครื่องจักรที่ใช้การเคลื่อนที่ส่งถ่ายกำลังให้ชิ้นส่วนทางกลอื่น ๆ เรียกว่า ตัวตาม (Follower) กลไกลูกเบี้ยวจะประกอบด้วยชิ้นส่วนกลไก 3 ส่วน ได้แก่ ลูกเบี้ยว ตัวตามหรือระบบตัวตามและโครง โดยตัวตามจะสัมผัสกับลูกเบี้ยวโดยตรง ลูกเบี้ยวสามารถออกแบบได้หลายรูปแบบตามการเคลื่อนที่ของตัวตาม สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจชนิดและรูปแบบของลูกเบี้ยวได้ถูกต้อง 2. รู้และเข้าใจชนิดของตัวตามลูกเบี้ยว และการบำรุงรักษาลูกเบี้ยวได้ถูกต้อง 3. สามารถคำนวณหาระยะทางและความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ SHM 4. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 2
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 3
ชื่อหน่วย ลูกเบี้ยว (Cams)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง ลูกเบี้ยว (Cams)	จำนวนชั่วโมง 5
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจลูกเบี้ยวและตัวตามชนิดต่าง ๆ 2. มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของลูกเบี้ยวและตัวตาม 3. มีความรู้ความเข้าใจในการคำนวณหาความเร็วและระยะการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยว 4. มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการบำรุงรักษาลูกเบี้ยวและตัวตาม จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายลักษณะของลูกเบี้ยวและตัวตามชนิดต่าง ๆ ได้ 2. สามารถอธิบายการทำงานของลูกเบี้ยวและตัวตามได้ 3. สามารถคำนวณหาความเร็วและระยะการเคลื่อนที่ของลูกเบี้ยวได้ 4. สามารถบำรุงรักษาลูกเบี้ยวและตัวตามได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 5. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้ลูกเบี้ยวและตัวตามชนิดต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บุรณการเศรษฐกิจพอเพียง 6. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 2 ลูกเบี้ยว (Cams)

- 2.1 ชนิดของลูกเบี้ยว (Type of Cams)
 - 2.1.1 ลูกเบี้ยวแบบแผ่นหรือรัศมี (Disc or Radial Cam)
 - 2.1.2 ลูกเบี้ยวแบบทรงกระบอก (Cylindrical Cam)
 - 2.1.3 ลูกเบี้ยวแบบเลื่อนขนานเชิงเส้น (Translating Cam)
- 2.2 รูปแบบของลูกเบี้ยว (Shapes of Cams)
 - 2.2.1 ลูกเบี้ยวแบบลูกแพ (Pear-Shaped Cam)
 - 2.2.2 ลูกเบี้ยวแบบกล่อง (Box Cam)
 - 2.2.3 ลูกเบี้ยวแบบทรงกระบอก (Cylindrical Cam)
 - 2.2.4 ลูกเบี้ยวแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric Cam)
 - 2.2.5 ลูกเบี้ยวแบบรูปหัวใจ (Heart Shaped Cam)
 - 2.2.6 ลูกเบี้ยวแบบมีการเร่งและการหน่วงคงที่ (Uniform Acceleration and Retardation Cams)
 - 2.2.7 ลูกเบี้ยวแบบหอยโข่ง (Snail Drop Cam)
- 2.3 ชนิดของตัวตามลูกเบี้ยว (Type of Cam Follower)
 - 2.3.1 ตัวตามแบบใบมีด (Knife Edged Follower)
 - 2.3.2 ตัวตามแบบลูกกลิ้ง (Roller Follower)
 - 2.3.3 ตัวตามแบบกลมแบนหรือดอกเห็ด (Flat Foot or Mushroom Follower)
 - 2.3.4 ตัวตามแบบทรงกลม (Spherical Follower)
- 2.4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาลูกเบี้ยว (Inspection and Maintenance of Cams)
 - 2.4.1 การตรวจสอบลูกเบี้ยว (Cams Inspection)
 - 2.4.2 การบำรุงรักษาลูกเบี้ยว (Cams Maintenance)
- 2.5 การคำนวณหาระยะทางที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM)
- 2.6 การคำนวณหาความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่แบบ Simple Harmonic Motion (SHM)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารุกุล. **ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วิดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสั้มาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสมพอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น ละเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 3
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 4 – 5
ชื่อหน่วย สายพาน (Belts Drive)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง สายพาน (Belts Drive)	จำนวนชั่วโมง 10
หัวข้อเรื่อง บทที่ 3 สายพาน (Belts Drive) 3.1 สายพานแบน (Flat Belts) 3.2 สายพานลิ้ม (V-Belts) 3.3 สายพานไทมิง (Timing Belts) 3.4 ศูนย์ของพูลเลย์ (Pulley Alignment) 3.5 การบำรุงรักษาสายพาน (Belt Maintenance) สาระสำคัญ การส่งกำลังด้วยสายพานเป็นการส่งกำลังโดยอาศัยความฝืดหรือความเสียดทานโดยการสัมผัสกันระหว่างสายพานและพูลเลย์ตัวขับเคลื่อนกับพูลเลย์ตัวตามแบบอ่อนตัวได้ (Flexible) สายพานส่งกำลัง จะมี 3 ชนิด แบ่งออกตามลักษณะพื้นที่หน้าตัดของสายพาน ได้แก่ สายพานแบน (Flat Belts) สายพานลิ้ม (V-belts) และสายพานไทมิง (Timing Belts) สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจการทำงานของสายพานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. สามารถทำการบำรุงรักษาสายพานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 3. สามารถตั้งศูนย์ของพูลเลย์ได้ถูกต้อง 4. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 3
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 4 – 5
ชื่อหน่วย สายพาน (Belts Drive)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง สายพาน (Belts Drive)	จำนวนชั่วโมง 10
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจ โครงสร้างและการทำงานของสายพานและพูลเลย์ชนิดต่าง ๆ 2. มีความรู้ความเข้าใจการเอียงศูนย์ของพูลเลย์แบบต่าง ๆ 3. มีความรู้ความเข้าใจการบำรุงรักษาสายพาน 4. มีความรู้ความเข้าใจการคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วของสายพานและประสิทธิภาพการส่งกำลังของสายพานลิ้ม จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายลักษณะของโครงสร้างการทำงานของสายพานและพูลเลย์ชนิดต่าง ๆ ได้ 2. สามารถอธิบายการเอียงศูนย์ของพูลเลย์แบบต่าง ๆ ได้ 3. สามารถอธิบายวิธีการบำรุงรักษาสายพานได้ 4. สามารถทำแบบฝึกหัดและคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วของสายพานและประสิทธิภาพการส่งกำลังของสายพานลิ้มได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 5. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้เครื่องอัดอากาศชนิดต่าง ๆ และเครื่องทำลมแห้งได้ ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 6. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 3 สายพาน (Belts Drive)

- 3.1 สายพานแบน (Flat Belts)
 - 3.1.1 ชนิดของล้อสายพานแบน (Type of Flat Belt Sheave)
 - 3.1.2 การหาอัตราส่วนความเร็วของสายพานแบน (Determinate Speed Ratio of Flat Belt)
- 3.2 สายพานลิ้ม (V-Belts)
 - 3.2.1 โครงสร้างของสายพานลิ้ม (Structure of V-Belt)
 - 3.2.2 หลักการส่งกำลังงานของสายพานลิ้ม (Principle Power Transmission of V-Belt)
 - 3.2.3 ขนาดของสายพานลิ้ม (Size of V-Belt)
 - 3.2.4 ชนิดของสายพานลิ้ม (Type of V-Belt)
 - 3.2.5 การพันสายพานลิ้ม (V-Belts Wrapping)
 - 3.2.6 การปรับความตึงของสายพาน (Belt Tension Adjustment)
 - 3.2.7 การส่งกำลังของสายพานชุด (Compound Belt Transmission)
 - 3.2.8 ประสิทธิภาพการส่งกำลังของสายพานลิ้ม (Power Transmission Efficiency of V-Belt)
- 3.3 สายพานไทมิง (Timing Belts)
 - 3.3.1 คุณลักษณะของสายพานไทมิง (Features of Timing Belt)
 - 3.3.2 โครงสร้างของสายพานไทมิง (Structure of Timing Belt)
 - 3.3.3 ชนิดของสายพานไทมิง (Types of Timing Belts)
 - 3.3.4 ขนาดของสายพานไทมิงระบบเมตริก (Metric Timing Belts)
 - 3.3.5 ขนาดของสายพานไทมิงระบบอังกฤษ (Imperial Timing Belts)
 - 3.3.6 ชนิดของพูลเลย์สายพานไทมิง (Type of Timing Belt Pulley)
- 3.4 ศูนย์ของพูลเลย์ (Pulley Alignment)
 - 3.4.1 การเอียงศูนย์เชิงมุมในแนวตั้ง (Vertical Angle or Twisted Misalignment)
 - 3.4.2 การเอียงศูนย์เชิงมุมในแนวนอน (Horizontal Angle Misalignment)
 - 3.4.3 การเอียงศูนย์แนวขนาน (Parallel Misalignment)
- 3.5 การบำรุงรักษาสายพาน (Belt Maintenance)
 - 3.5.1 การตรวจสอบอย่างง่าย (Simple Inspections)
 - 3.5.2 การตรวจสอบอย่างละเอียด (Thorough Inspections)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารุกุล. **ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน
2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสม
พอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงาน
ได้ถูกต้อง รวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 4
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง บทที่ 4 โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket) 4.1 โครงสร้างของโซ่ (Construction of Chain) 4.2 มาตรฐานโซ่ (Chain Standards) 4.3 โซ่หลายแฉก (Multiple-Strand Chain) 4.4 ข้อต่อโซ่ (Connecting Links) 4.5 สเตอร์ (Sprocket) 4.6 อัตราส่วนความเร็วของโซ่ (Velocity Ratio of Chain) 4.7 การหล่อลื่นโซ่ (Chain Lubrication) 4.8 คุณลักษณะของโซ่ (Characteristics of Chain) 4.9 การบำรุงรักษาโซ่ (Chain Maintenance) สาระสำคัญ โซ่ใช้ส่งกำลังที่ไม่มีการสั่นไถล โซ่มี 2 ชนิด ได้แก่ โซ่แบบลูกกลิ้ง (Roller Chain) และโซ่แบบบุช (Bush Chain) โซ่นิยมใช้งานมากที่สุดสำหรับการส่งกำลังของกำลังงานกล ในอุตสาหกรรมหลาย โซ่จะถูกขับเคลื่อนด้วยล้อฟันที่เรียกว่า สเตอร์ ที่มีพิตช์เดียวกันและจะล็อกเข้าไปในซี่ฟันบนสเตอร์ สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจโครงสร้างและมาตรฐานของโซ่และสเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. สามารถทำการบำรุงรักษาโซ่ได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัด คำนวณอัตราส่วนความเร็วของโซ่และปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 4
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 6
ชื่อหน่วย โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)	จำนวนชั่วโมง 5
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจโครงสร้างของโซ่และมาตรฐานโซ่ 2. มีความรู้ความเข้าใจสเตอร์แบบต่าง ๆ 3. มีความรู้ความเข้าใจในการหล่อลิ้นโซ่แบบต่าง ๆ 4. มีความรู้ความเข้าใจการหาอัตราส่วนความเร็วของโซ่ 5. มีความรู้ความเข้าใจในคุณลักษณะของโซ่ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายโครงสร้างของโซ่และมาตรฐานโซ่ได้ 2. สามารถอธิบายสเตอร์แบบต่าง ๆ ได้ 3. สามารถอธิบายการหล่อลิ้นโซ่แบบต่าง ๆ ได้ 4. สามารถคำนวณหาอัตราส่วนความเร็วของโซ่ได้ 5. สามารถอธิบายคุณลักษณะของโซ่ได้ 6. ทำแบบฝึกหัดและคำนวณอัตราส่วนความเร็วของโซ่ได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 7. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้โซ่และสเตอร์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 8. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 4 โซ่และสเตอร์ (Chain and Sprocket)

- 4.1 โครงสร้างของโซ่ (Construction of Chain)
- 4.2 มาตรฐานโซ่ (Chain Standards)
 - 4.2.1 พิตช์ (Pitch , P
 - 4.2.2 ความกว้างด้านใน (Inside Width , W
 - 4.2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางสลัก (Pin Diameter , D_p
 - 4.2.4 ความหนาของแผ่นต่อ (Link Plate Thickness)
- 4.3 โซ่หลายแฉว (Multiple–Strand Chain)
- 4.4 ข้อต่อโซ่ (Connecting Links)
- 4.5 สเตอร์ (Sprocket)
 - 4.5.1 สเตอร์แบบ A (Sprocket Type A
 - 4.5.2 สเตอร์แบบ B (Sprocket Type B
 - 4.5.3 สเตอร์แบบ C (Sprocket Type C
 - 4.5.4 สเตอร์แบบ D (Sprocket Type D)
- 4.6 อัตราส่วนความเร็วของโซ่ (Velocity Ratio of Chain)
- 4.7 การหล่อลื่นโซ่ (Chain Lubrication)
 - 4.7.1 การหล่อลื่นด้วยมือ (Manual Lubrication
 - 4.7.2 การหล่อลื่นแบบน้ำมันหยด (Drip Feed Lubrication)
 - 4.7.3 การหล่อลื่นแบบอาบนํ้ามัน (Oil Bath Lubrication
 - 4.7.4 การหล่อลื่นแบบแรงดัน (Pressure Lubrication
- 4.8 คุณลักษณะของโซ่ (Characteristics of Chain)
- 4.9 การบำรุงรักษาโซ่ (Chain Maintenance)
 - 4.9.1 การตรวจสอบสภาพการทำงาน (Running Inspection)
 - 4.9.2 การตรวจสอบประจำวัน (Daily Inspection)
 - 4.9.3 การตรวจสอบหลังการติดตั้ง 3 เดือน (After 3 Months Inspection)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน - ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤตินในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียน

มีความเหมาะสมพอดี

4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังกัดจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 5
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 7 – 9
ชื่อหน่วย ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling)	จำนวนชั่วโมง 15
หัวข้อเรื่อง บทที่ 5 ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling) 5.1 ข้อต่อส่งกำลัง (Transmission Joint) 5.2 คัปปลิง (Coupling) 5.3 การบำรุงรักษาคัปปลิงและการเสียหาย (Coupling Maintenance and Failure) 5.4 ศูนย์เพลลา (Shaft Alignment) สาระสำคัญ ข้อต่อส่งกำลัง (Transmission Joint) เป็นชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ในการเชื่อมต่อปลายเพลลา 2 เพลลาเข้าด้วยกันและจะมีการเคลื่อนที่สัมผัสระหว่างเพลลาทั้งสองเพลลา คือเพลลาทั้งสองเพลลาที่ใช้ข้อต่อส่งกำลังจะมีความเร็วรอบเท่ากัน คัปปลิง (Coupling) หรือประกบเพลลาเป็นชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ในการเชื่อมต่อปลายเพลลา 2 เพลลาเข้าด้วยกันและจะมีการเคลื่อนที่ไม่สัมผัสระหว่างเพลลาทั้งสองเพลลา คือเพลลาทั้งสองเพลลาที่ใช้ประกบเพลลาจะหมุนด้วยความเร็วรอบเกือบเท่ากัน โดยยอมให้เพลลาเกิดการเอียงมุมหรือระยะรุนที่ปลายเพลลาหรือทั้งสองกรณีรวมกัน สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจหลักการทำงานของข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิงชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. สามารถทำการบำรุงรักษาคัปปลิงและการเสียหายได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติตั้งศูนย์เพลลาได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 5
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 7 – 9
ชื่อหน่วย ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling)	จำนวนชั่วโมง 15
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจข้อต่อส่งกำลังชนิดต่าง ๆ และการใช้งาน 2. มีความรู้ความเข้าใจคัปปลิงชนิดต่าง ๆ และการใช้งาน 3. มีความรู้ความเข้าใจการบำรุงรักษาคัปปลิงและการเสียหาย 4. มีความรู้ความเข้าใจศูนย์เพลลา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายข้อต่อส่งกำลังชนิดต่าง ๆ และการใช้งานได้ 2. สามารถอธิบายคัปปลิงชนิดต่าง ๆ และการใช้งานได้ 3. สามารถอธิบายการบำรุงรักษาคัปปลิงและการเสียหายได้ 4. สามารถอธิบายวิธีการตั้งศูนย์เพลลาได้ 5. ทำแบบฝึกหัดได้อย่างถูกต้องและปฏิบัติตั้งศูนย์เพลลาได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 6. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/ตั้งศูนย์เพลลาได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 7. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 5 ข้อต่อส่งกำลังและคัปปลิง (Transmission Joints and Coupling)

- 5.1 ข้อต่อส่งกำลัง (Transmission Joint)
 - 5.1.1 ข้อต่อแบบปลอก (Sleeve Joint)
 - 5.1.2 ข้อต่อหน้าแปลน (Flange Joint)
 - 5.1.3 ข้อต่อบุชและสลัก (Bushed and Pin Joint)
 - 5.1.4 ข้อต่อแบบ 2 ขา (Knuckle Joint)
 - 5.1.5 ข้อต่ออู่น (Universal Joint)
 - 5.1.6 ข้อต่ออู่นคู่ (Double Universal Joint)
- 5.2 คัปปลิง (Coupling)
 - 5.2.1 คัปปลิงโอลด์แฮม (Oldham Coupling)
 - 5.2.2 คัปปลิงลูกคลื่น (Bellows Coupling)
 - 5.2.3 คัปปลิงก้นหอย (Spiral or Helical Coupling)
 - 5.2.4 คัปปลิงขากรรไกร (Jaw Couplings)
 - 5.2.5 คัปปลิงดิสก์ (Disc Coupling)
 - 5.2.6 คัปปลิงเฟือง (Gear Coupling)
 - 5.2.7 คัปปลิงโซ่ (Chain Coupling)
 - 5.2.8 คัปปลิงยาง (Rubber Coupling)
 - 5.2.9 คัปปลิงตะแกรง (Grid Coupling)
- 5.3 การบำรุงรักษาคัปปลิงและการเสียหาย (Coupling Maintenance and Failure)
 - 5.3.1 การบำรุงรักษา (Maintenance)
 - 5.3.2 การเสียหาย (Failure)
- 5.4 ศูนย์เพลลา (Shaft Alignment)
 - 5.4.1 การเยื้องศูนย์เพลลา (Shaft Misalignment)
 - 5.4.2 การวัดการเยื้องศูนย์เพลลา (measuring Shaft Misalignment)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน - ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. **ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์**. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วิดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสมพอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 6
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย เฟลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง เฟลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins)	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง บทที่ 6 เฟลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins) 6.1 เฟลา แกน และแกนหมุน (Shaft Axle and Spindle) 6.2 ชนิดของเฟลา (Type of Shaft) 6.3 ร่องฟันปลายเฟลา (Shaft End Splines) 6.4 วัสดุที่ใช้ทำเฟลา (Material Used for Shafts) 6.5 ขนาดเฟลามาตรฐาน (Standard Shaft Sizes) 6.6 การกำหนดองค์ประกอบของเฟลา (Configuration of Shaft) 6.7 ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเฟลา (Shaft Layout Components) 6.8 แรงบิดของเฟลา (Torque of Shaft) 6.9 การหาแรงบิดและความเค้นเฉือน (Determination of Torque and Shear Stress) 6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลังงาน (Relationship between Torque and Power) สาระสำคัญ เฟลา คือชิ้นส่วนทางกลหมุนที่ทำหน้าที่ส่งกำลังงานหรือแรงบิด หรือรับกำลังงานจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องจักร ปกติจะใช้ในการเชื่อมต่อกับส่วนประกอบอื่น ๆ ของชุดขับเคลื่อนที่ไม่สามารถเชื่อมต่อได้โดยตรง เช่น ข้อต่อคาบบาท หรือข้อต่อขากรรไกร (Jaw Couplings) และบางครั้งอาจจะใช้ร่องสไปลน์ (Spline) เพื่อให้สามารถส่งกำลังงานจากเฟลาหนึ่งกับเฟลาอื่น ๆ จะมีการติดตั้งชิ้นส่วนทางกลชนิดอื่น ๆ บนเฟลาหรือปลายเฟลา เช่น พูลเลย์ เฟือง ลูกเบี้ยว เป็นต้น ซึ่งเมื่อชิ้นส่วนทางกลเหล่านี้ได้รับแรงจากการส่งกำลังจะทำให้เฟลาเกิดการโก่งงอ เฟลาขับเคลื่อนจะหมุนส่งแรงบิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีค่าเท่ากับ ความแตกต่างระหว่างแรงบิดอินพุตและภาระเฟลาขับเคลื่อนจึงต้องแข็งแรงพอที่จะแบกรับความเค้น (Stress)	

แผนการสอน	หน่วยที่ 6
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 10
ชื่อหน่วย เฟลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง เฟลา ลิ่ม และสลัก (Shaft Keys and Pins)	จำนวนชั่วโมง 5
สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจชนิดของเฟลา แกน และแกนหมุนได้ถูกต้อง 2. รู้และเข้าใจวัสดุที่ใช้ทำเฟลาและชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเฟลาได้ถูกต้อง 3. รู้และเข้าใจการหาแรงบิดและความเค้นเฉือนได้ถูกต้อง 4. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจเฟลา แกน และแกนหมุนและการใช้งาน 2. มีความรู้ความเข้าใจวัสดุที่ใช้ทำเฟลาและชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเฟลาและการใช้งาน 3. มีความรู้ความเข้าใจการหาแรงบิดและความเค้นเฉือน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายเฟลา แกน และแกนหมุนและการใช้งานได้ 2. สามารถอธิบายวัสดุที่ใช้ทำเฟลาและชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเฟลาและการใช้งานได้ 3. สามารถอธิบายการหาแรงบิดและความเค้นเฉือนได้ ด้านทักษะ 4. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้เฟลาได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 6 เพลา ลิม และสลัก (Shaft Keys and Pins)

- 6.1 เพลา แกน แกนหมุน (Shaft Axle and Spindle)
- 6.2 ชนิดของเพลา (Type of Shaft)
 - 6.2.1 เพลาส่งกำลัง (Transmission Shafts)
 - 6.2.2 เพลาเครื่องจักร (Machine Shafts)
- 6.3 ร่องฟันปลายเพลา (Shaft End Splines)
 - 6.3.1 ร่องฟันเหลี่ยม (Straight Splines)
 - 6.3.2 ร่องฟันเฟือง (Involute Splines)
 - 6.3.3 ร่องฟันปลา (Serration Splines)
 - 6.3.4 ร่องฟันหลังโค้ง (Crowned Splines)
 - 6.3.5 ร่องฟันเกลียว (Helical Splines)
- 6.4 วัสดุที่ใช้ทำเพลา (Material Used for Shafts)
- 6.5 ขนาดเพลามาตรฐาน (Standard Shaft Sizes)
- 6.6 การกำหนดองค์ประกอบของเพลา (Configuration of Shaft)
- 6.7 ชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ บนเพลา (Shaft Layout Components)
 - 6.7.1 ชิ้นส่วนประกอบส่งกำลังบนเพลา (Power Transmit Shaft Components)
 - 6.7.2 ชิ้นส่วนล็อกบนเพลา (Shaft Lock Components)
- 6.8 แรงบิดของเพลา (Torque of Shaft)
- 6.9 การหาแรงบิดและความเค้นเฉือน (Determination of Torque and Shear Stress)
- 6.10 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและกำลังงาน (Relationship between Torque and Power)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนในขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสม
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 7
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 11-12
ชื่อหน่วย ตลับลูกปืน (Bearings)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง ตลับลูกปืน (Bearings)	จำนวนชั่วโมง 10
หัวข้อเรื่อง บทที่ 7 ตลับลูกปืน (Bearings) 7.1 แรงที่กระทำกับตลับลูกปืน (Force Exerted on Bearing) 7.2 ชนิดของตลับลูกปืน (Type of Bearings) 7.3 มาตรฐานตลับลูกปืน (Bearing Standard) 7.4 เบอร์ตลับลูกปืน (Bearing Number) 7.5 ตลับลูกปืนตุ้กตา (Bearing Units) 7.6 การคำนวณหาอายุตลับลูกปืนและแรงที่กระทำ (Calculation of Bearings Life and Force Exerted) 7.7 ร่องลื่น (Plain Slide) 7.8 การบำรุงรักษาตลับลูกปืน (Bearing Maintenance) 7.9 เมคคานิคอลซีล (Mechanical Seals) 7.10 ปลอกซ่อมเพลลา (Shaft Repair Sleeve) สาระสำคัญ ตลับลูกปืน คือ ชิ้นส่วนทางกลที่ทำหน้าที่ยึดและรองรับชิ้นส่วนที่หมุนได้ เช่น เพลลา รูปแบบของตลับลูกปืนอย่างง่ายที่สุด จะประกอบด้วยเพลลาที่หมุนอยู่ในรู จึงต้องมีการหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทาน และชิ้นส่วนที่หมุนในตลับลูกปืน ได้แก่ ลูกปืนกลมหรือลูกกลิ้งทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างรางนอกและรางในของตลับลูกปืน น้ำมันหล่อลื่นเป็นวัสดุที่ช่วยให้เกิดการลื่นหรือต่ำสุด หรือลดการสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานระหว่างผิวหน้าที่เคลื่อนที่สัมผัสกัน	

แผนการสอน	หน่วยที่ 7
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 11-12
ชื่อหน่วย ตลับลูกปืน (Bearings)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง ตลับลูกปืน (Bearings)	จำนวนชั่วโมง 10
สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจแรงที่กระทำกับตลับลูกปืนได้ถูกต้อง 2. รู้และเข้าใจชนิดของตลับลูกปืน ร่องลื่น เมคคานิคอลซีลและการใช้งาน 3. สามารถทำการบำรุงรักษาตลับลูกปืน และคำนวณหาค่าอายุตลับลูกปืนได้ถูกต้อง 4. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจแรงที่กระทำกับตลับลูกปืน 2. มีความรู้ความเข้าใจชนิดของตลับลูกปืน ร่องลื่น เมคคานิคอลซีลและการใช้งาน 3. มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการคำนวณหาค่าอายุตลับลูกปืน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายแรงที่กระทำกับตลับลูกปืนได้ถูกต้อง 2. สามารถอธิบายชนิดของตลับลูกปืน ร่องลื่น เมคคานิคอลซีลและการใช้งานได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 3. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้ตลับลูกปืน ร่องลื่น เมคคานิคอลซีลและการใช้งาน ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 4. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 7 ตลับลูกปืน (Bearings)

- 7.1 แรงที่กระทำกับตลับลูกปืน (Force Exerted on Bearing)
- 7.2 ชนิดของตลับลูกปืน (Type of Bearings)
 - 7.2.1 ตลับลูกปืนกลมรับแรงแนวรัศมี (Radial Ball Bearing)
 - 7.2.2 ตลับลูกปืนกลมรับแรงแนวแกน (Thrust Ball Bearings)
 - 7.2.3 ตลับลูกปืนกระบอก (Roller Bearings)
- 7.3 มาตรฐานตลับลูกปืน (Bearing Standard)
- 7.4 เบอร์ตลับลูกปืน (Bearing Number)
 - 7.4.1 ชนิดของตลับลูกปืน (Type of Bearings)
 - 7.4.2 อนุกรมตลับลูกปืน (Bearing Series)
 - 7.4.3 ขนาดรูของตลับลูกปืน (Bore size of Bearing)
 - 7.4.4 ฝาปิดกันรั่ว (Closure Seals)
 - 7.4.5 ชนิดของงานสวม (Type of Fitting)
- 7.5 ตลับลูกปืนคู่กตา (Bearing Units)
 - 7.5.1 ตลับลูกปืนคู่กตาแบบแท่น (Pillow Type)
 - 7.5.2 ตลับลูกปืนคู่กตาแบบหน้าแปลน (Flange Type)
 - 7.5.3 ตลับลูกปืนคู่กตาแบบขันเกลียวให้แน่น (Take up Type)
- 7.6 การคำนวณหาอายุตลับลูกปืนและแรงที่กระทำ (Calculation of Bearings Life and Force Exerted)
- 7.7 ร่องลื่น (Plain Slide)
 - 7.7.1 แบริ่งแบบปลอก (Bushing Bearing)
 - 7.7.2 แบริ่งแบบเปลือก (Two-Piece Bearings)
- 7.8 การบำรุงรักษาตลับลูกปืน (Bearing Maintenance)

7.9 เมคคานิคอลซีล (Mechanical Seals)

7.9.1 ปะเก็น (Gaskets)

7.9.2 ขางโอริง (O-Rings)

7.9.3 ซีลแบบลูกคลื่น (Bellow Seals)

7.9.4 คาร์ทริดจ์ซีล (Cartridge Seals)

7.9.5 ซีลน้ำมัน (Oil Seals)

7.9.6 ลาบรินธ์ซีล (Labyrinth Seals)

7.10 ปลอกซ่อมเพลลา (Shaft Repair Sleeve)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารุกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสม
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น ละเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 8
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 13
ชื่อหน่วย สปริง (Springs)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง สปริง (Springs)	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง บทที่ 8 สปริง (Springs) 8.1 ประโยชน์ของสปริง (Benefits of Springs) 8.2 ลักษณะต่าง ๆ ของสปริง (Spring Characteristics) 8.3 คุณลักษณะของสปริงขด (Feature of Coil Spring) 8.4 ปลายของสปริงกด (Ends of Compression Spring) 8.5 การหาค่าแรงของสปริง (Spring Force) 8.6 การต่อสปริงรวมกัน (Combinations of Springs) สาระสำคัญ สปริงเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น ที่ใช้ในการเก็บพลังงานกล วัสดุทุกชนิดสามารถนำมาใช้ทำสปริงได้แต่จะต้องมีความแข็งแรงและความยืดหยุ่น เช่น เหล็กกล้าชุบ เหล็กกล้าอบอ่อนและทำการชุบแข็ง หลังจากขึ้นรูปแล้ว โลหะนอกกลุ่มเหล็ก ได้แก่ ฟอสเฟอร์บรอนซ์ และไทเทเนียม และทองแดงเบริลเลียม สปริงไทเทเนียม ใช้ในงานที่ต้องทนต่อการกัดกร่อน และสปริงทองแดงเบริลเลียม ใช้ทำตัวนำกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำ สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจประโยชน์และลักษณะต่าง ๆ ของสปริงได้ถูกต้อง 2. รู้และเข้าใจคุณลักษณะและปลายของสปริงขดได้ถูกต้อง 3. สามารถคำนวณหาค่าแรงของสปริงและวิธีการต่อสปริงรวมกันได้ถูกต้อง 4. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 8
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 13
ชื่อหน่วย สปริง (Springs)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง สปริง (Springs)	จำนวนชั่วโมง 5
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจประโยชน์ของสปริง 2. มีความรู้ความเข้าใจลักษณะโครงสร้างและการทำงานของสปริง 3. มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการคำนวณหาค่าแรงสปริงที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายประโยชน์ของสปริงได้ 2. สามารถอธิบายลักษณะโครงสร้าง และการทำงานของสปริงได้ 3. สามารถคำนวณหาค่าแรงสปริงที่ต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนานได้ ด้านทักษะ 4. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้สปริงชนิดต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 8 สปริง (Springs)

- 8.1 ประโยชน์ของสปริง (Benefits of Springs)
- 8.2 ลักษณะต่าง ๆ ของสปริง (Spring Characteristics)
 - 8.2.1 แบ่งตามรูปร่างของสปริง (Divided According to Shape of Spring)
 - 8.2.2 แบ่งตามภาระที่กระทำกับสปริง (Divided According to Load on Spring)
- 8.3 คุณลักษณะของสปริงชนิด (Feature of Coil Spring)
 - 8.3.1 สปริงเชิงเส้น (Linear Springs)
 - 8.3.2 สปริงอัตราแปรผัน (Variable Rate Springs)
 - 8.3.3 สปริงแรงคงที่ (Constant Force Spring)
- 8.4 ปลายของสปริงกด (Ends of Compression Spring)
 - 8.4.1 แบบปลายเปิดทั้ง 2 ด้าน (Open Ends or Plain Ends)
 - 8.4.2 แบบปลายเปิดเจียรไนทั้ง 2 ด้าน (Ground Ends)
 - 8.4.3 แบบปลายเปิด-ปลายเจียรไน (Open-Ground Ends)
 - 8.4.4 แบบปลายเปิด-ปลายตรง (Square- Open Ends)
 - 8.4.5 แบบปลายปิด (Closed Ends)
 - 8.4.6 แบบปลายปิดและเจียรไน (Square and Ground Ends)
- 8.5 การหาค่าแรงของสปริง (Spring Force)
- 8.6 การต่อสปริงรวมกัน (Combinations of Springs)
 - 8.6.1 สปริงต่ออนุกรมกัน (Springs in Series)
 - 8.6.2 สปริงต่อขนานกัน (Springs in Parallel)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนในขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสม
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น ละเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 9
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย คลัตช์ (Clutches)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง คลัตช์ (Clutches)	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง บทที่ 9 คลัตช์ (Clutches) 9.1 ส่วนประกอบของคลัตช์ (Clutch Components) 9.2 การทำงานของคลัตช์ (Operating of Clutch) 9.3 การคำนวณหาแรงกดและแรงบิด (Calculation of Force and Torque) 9.4 คลัตช์กรวย (Cone Clutch) 9.5 ทอร์คคอนเวอร์เตอร์ (Torque Convertor) 9.6 โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ (Overrunning Clutch) 9.7 คลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Clutch) สาระสำคัญ คลัตช์ทำหน้าที่ตัดต่อการส่งกำลังงาน ที่ถ่ายทอดมาจากเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรต้นกำลังไปสู่ระบบส่งกำลัง ซึ่งได้แก่ กระปุกเกียร์ ถ้าชุดคลัตช์ทำงานได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ จะทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างนุ่มนวล หรือเครื่องจักรสามารถส่งกำลังงานได้อย่างสมบูรณ์ สำหรับคลัตช์แบบอัตโนมัติเรียกว่า ทอร์คคอนเวอร์เตอร์ (Torque Converter) สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจส่วนประกอบและการทำงานของคลัตช์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. สามารถการคำนวณหาแรงกดและแรงบิดได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 9
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 14
ชื่อหน่วย คลัตช์ (Clutches)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง คลัตช์ (Clutches)	จำนวนชั่วโมง 5
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจส่วนประกอบต่าง ๆ ของคลัตช์ 2. มีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของคลัตช์และคลัตช์กรวย 3. มีความรู้ความเข้าใจในชนิดของวัสดุความเสียดทานของผ้าคลัตช์ 4. มีความรู้ความเข้าใจในวิธีการคำนวณหาแรงกดและแรงบิดของคลัตช์ และคลัตช์กรวย จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายลักษณะต่าง ๆ ของคลัตช์ได้ถูกต้อง 2. สามารถอธิบายการทำงานของคลัตช์และคลัตช์กรวยได้ถูกต้อง 3. สามารถอธิบายสมบัติของวัสดุความเสียดทานของผ้าคลัตช์ได้ถูกต้อง 4. สามารถทำแบบฝึกหัดคำนวณหาประสิทธิภาพแรงกดและแรงบิดของคลัตช์และคลัตช์กรวยได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 5. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้คลัตช์ชนิดต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 6. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 9 คลัตช์ (Clutches)

- 9.1 ส่วนประกอบของคลัตช์ (Clutch Components)
 - 9.1.1 ส่วนขับ (Driving Parts)
 - 9.1.2 ส่วนตาม (Driven Parts)
 - 9.1.3 ส่วนที่ทำให้เกิดการทำงาน (Working Parts)
- 9.2 การทำงานของคลัตช์ (Operating of Clutch)
 - 9.2.1 การทำงานของคลัตช์ขณะต่อส่งกำลัง (Operating of Clutch Engaged)
 - 9.2.2 การทำงานของคลัตช์ขณะตัดการส่งกำลัง (Operating of Clutch Disengaged)
- 9.3 การคำนวณหาแรงกดและแรงบิด (Calculation of Force and Torque)
- 9.4 คลัตช์กรวย (Cone Clutch)
- 9.5 ทอร์คคอนเวอร์เตอร์ (Torque Convertor)
- 9.6 โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ (Overrunning Clutch)
 - 9.6.1 คลัตช์ล้อเฟือง (Ratcheting Wheel Clutch)
 - 9.6.2 ล้ออิสระ (Free Wheel)
 - 9.6.3 คลัตช์แบบลูกกลิ้ง (Roller Clutch)
 - 9.6.4 คลัตช์แบบสปริง (Wrap Spring Clutch)
 - 9.6.5 คลัตช์แบบสปริง (Sprag Clutch)
 - 9.6.6 คลัตช์แรงเหวี่ยง (Centrifugal Clutch)
- 9.7 คลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Clutch)
 - 9.7.1 ส่วนประกอบของคลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้า (Components of Electromagnetic Clutch)
 - 9.7.2 หลักการทำงาน (Operating Principle)

กิจกรรมการเรียนการสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤตินในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน
2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสมพอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สืบเนื่องจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะดวกขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 10
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 15 – 16
ชื่อหน่วย บอลสกรู (Ball Screws)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง บอลสกรู (Ball Screws)	จำนวนชั่วโมง 10
หัวข้อเรื่อง บทที่ 10 บอลสกรู (Ball Screws) 10.1 ลักษณะทางกายภาพของบอลสกรู (Physical Characteristics of Ball Screw) 10.2 การล่อหน้า (Preload) 10.3 การทำงานของบอลสกรู (Operating of Ball Screw) 10.4 ระบบหมุนกลับของนอตลูกปืน (Ball Nut Return System) 10.5 การติดตั้งบอลสกรู (Ball Screw Assembly) 10.6 ข้อดีและข้อเสียของบอลสกรู (Advantage and Disadvantage of Ball Screw) 10.7 การบำรุงรักษาบอลสกรู (Ball Screw Maintenance) 10.8 การคำนวณหาอายุบอลสกรูและแรงที่กระทำ สาระสำคัญ บอลสกรูเป็นตัวกระตุ้นทางกลที่เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่เชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น บอลสกรูจะประกอบด้วยเพลาสกรูและนอตลูกปืนที่มีร่องเกลียวขนาดเดียวกัน และมีลูกปืนหลาย ๆ ลูกที่ประกอบกันอยู่ในนอตแล้วหมุนกลิ้งไปตามเพลาสกรูและเคลื่อนที่หมุนเวียนอยู่ระหว่างร่องเกลียวนี้ด้วยกลไกการหมุนเวียนของลูกปืนบอลสกรูจะไม่มีระยะคลอน (Backlash) และมีความแข็งแรงสูง มีความแม่นยำสูง และมีประสิทธิภาพมากกว่า 90% จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น มอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องจักร CNC หุ่นยนต์ และการประยุกต์ใช้กับการเคลื่อนที่ที่มีความแม่นยำสูง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 10
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 15 – 16
ชื่อหน่วย บอลสกรู (Ball Screws)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง บอลสกรู (Ball Screws)	จำนวนชั่วโมง 10
สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจลักษณะทางกายภาพและการทำงานของบอลสกรูได้ถูกต้อง 2. สามารถทำการติดตั้งบอลสกรูและการบำรุงรักษาบอลสกรูได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจลักษณะทางกายภาพของบอลสกรูและภาระล่่วงหน้า 2. มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของ บอลสกรูและระบบหมุนกลับของนอตลูกปืน 3. มีความรู้ความเข้าใจการติดตั้งและข้อดีข้อเสียของบอลสกรู 4. มีความรู้ความเข้าใจการบำรุงรักษาบอลสกรู 5. มีความรู้ความเข้าใจวิธีการคำนวณหาอายุบอลสกรูและแรงที่กระทำ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายลักษณะทางกายภาพของบอลสกรูและภาระล่่วงหน้าได้ 2. สามารถอธิบายการทำงานของบอลสกรูและระบบหมุนกลับของนอตลูกปืนได้ 3. สามารถอธิบายการติดตั้งและข้อดีข้อเสียของบอลสกรูได้ 4. สามารถอธิบายการบำรุงรักษาบอลสกรูได้	

แผนการสอน	หน่วยที่ 10
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 15 – 16
ชื่อหน่วย บอลสกรู (Ball Screws)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง บอลสกรู (Ball Screws)	จำนวนชั่วโมง 10
ด้านทักษะ 5. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้บอลสกรูชนิดต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 6. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 10 บอลสกรู (Ball Screws)

- 10.1 ลักษณะทางกายภาพของบอลสกรู (Physical Characteristics of Ball Screw)
 - 10.1.1 เฟลาสกรู (Screw Shaft)
 - 10.1.2 ร่องลูกปืน (Ball Groove)
 - 10.1.3 เส้นผ่านศูนย์กลางพิทช์ของลูกปืน (Pitch Circle Diameter of Balls; d_m)
 - 10.1.4 เส้นผ่านศูนย์กลางของเฟลาสกรู (Nominal Diameter ; d)
 - 10.1.5 เส้นผ่านศูนย์กลางโคนเกลียว (Root Diameter ; d_r)
 - 10.1.6 ระยะนำ (Lead ; l)
 - 10.1.7 เส้นผ่านศูนย์กลางของลูกปืน (Ball Diameter)
- 10.2 การล่อวงหน้า (Preload)
- 10.3 การทำงานของ บอลสกรู (Operating of Ball Screw)
- 10.4 ระบบหมุนกลับของนอตลูกปืน (Ball Nut Return System)
 - 10.4.1 แบบลูกปืนหมุนกลับภายนอก (External Return)
 - 10.4.2 แบบลูกปืนหมุนกลับภายใน (Internal Return)
- 10.5 การติดตั้งบอลสกรู (Ball Screw Assembly)
- 10.6 ข้อดีและข้อเสียของบอลสกรู (Advantage and Disadvantage of Ball Screw)
- 10.7 การบำรุงรักษาบอลสกรู (Ball Screw Maintenance)
 - 10.7.1 การหล่อลื่น (Lubricating)
 - 10.7.2 การทำความสะอาด (Cleanliness)
- 10.8 การคำนวณหาอายุบอลสกรูและแรงที่กระทำ
(Calculation of Ball Screw Life and Force Exerted)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน
2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล**ก่อนเรียน**

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสั้มาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสมพอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น ละเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 11
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 17
ชื่อหน่วย โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module)	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง บทที่ 11 โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module) 11.1 ถังส่งชิ้นงาน (Bowl Feeder) 11.2 โมดูลส่งชิ้นงานแนวราบ แนวตั้ง แนวเอียง 11.3 โมดูลลำเลียงสไปรัล (Spiral Conveyor Module) สาระสำคัญ โมดูลลำเลียงชิ้นงานแนวราบ แนวตั้ง แนวเอียง และถาดวงกลม เป็นอุปกรณ์เครื่องกลในระบบลำเลียง (Conveyor System) ที่สามารถเคลื่อนย้ายวัสดุที่มีปริมาณมากหรือขนาดใหญ่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ระบบลำเลียงช่วยให้การส่งถ่ายวัสดุเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ระบบลำเลียงมีหลายประเภทให้เลือกใช้ตามความต้องการของอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โซ่ สายพาน และลูกกลิ้ง เป็นต้น สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจหลักการทำงานของถังส่งชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. สามารถทำการบำรุงรักษาโมดูลส่งชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

แผนการสอน	หน่วยที่ 11
ชื่อวิชา ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 17
ชื่อหน่วย โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module)	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module)	จำนวนชั่วโมง 5
จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของถังส่งชิ้นงาน 2. มีความรู้ความเข้าใจการทำงานของโมดูลลำเลียงชิ้นงานแนวราบแนวตั้ง แนวเอียงแบบต่าง ๆ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. สามารถอธิบายการทำงานของถังส่งชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 2. สามารถอธิบายการทำงานของโมดูลลำเลียงชิ้นงานแนวราบแนวตั้ง แนวเอียงแบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ด้านทักษะ 4. ถอด/ประกอบ/ติดตั้ง/บำรุงรักษา/เลือกใช้ถังส่งชิ้นงานและโมดูลลำเลียงชิ้นงานแบบต่าง ๆ ได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 5. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด และปฏิบัติงานได้ถูกต้อง ปลอดภัย และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผล ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ:

บทที่ 11 โมดูลส่งชิ้นงาน (Transfer Parts Module)

- 11.1 ถังส่งชิ้นงาน (Bowl Feeder)
 - 11.1.1 ชนิดของถังส่งชิ้นงาน (Type of Bowl Feeder)
 - 11.1.2 การทำงานของถังส่งชิ้นงาน (Working of Bowl Feeder)
 - 11.1.3 อุปกรณ์เสริม (Accessories)
 - 11.1.4 ข้อดีของการใช้ถังส่งชิ้นงาน (Advantages of Bowl Feeder)
- 11.2 โมดูลส่งชิ้นงานแนวราบ แนวตั้ง แนวเอียง (Horizontal, Vertical, Incline Transmission Module)
 - 11.2.1 โมดูลส่งชิ้นงานแบบสายพาน (Belt Transmission Module)
 - 11.2.2 โมดูลส่งชิ้นงานแบบลูกกลิ้ง (Roller Transmission Module)
 - 11.2.3 โมดูลส่งชิ้นงานแบบโซ่ (Chain Transmission Module)
 - 11.2.4 โมดูลส่งชิ้นงานแบบสกรู (Screw Transmission Module)
 - 11.2.5 โมดูลส่งชิ้นงานในแนวตั้ง (Vertical Transmission Module)
- 11.3 โมดูลลำเลียงสไปรัล (Spiral Conveyor Module)

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน - ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤติในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล**ก่อนเรียน**

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสั้มาคารวะของนักเรียน
4. การถาม-ตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนในขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียน

มีความเหมาะสมพอดี

4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังเกตจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะเอียดขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

แผนการสอน	หน่วยที่ 12
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย หลักการเศรษฐกิจพอเพียง	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง หลักการเศรษฐกิจพอเพียง	จำนวนชั่วโมง 5
หัวข้อเรื่อง หลักการเศรษฐกิจพอเพียง สาระสำคัญ 1. ความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียง 2. การนำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้งาน สมรรถนะประจำหน่วย (การประยุกต์ใช้ ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ) 1. รู้และเข้าใจทฤษฎีหลักการเศรษฐกิจพอเพียงได้ถูกต้อง 2. ปฏิบัติงานตามหลักการเศรษฐกิจพอเพียงได้ถูกต้อง 3. ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในเวลาที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ ตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง จุดประสงค์การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ 1. รู้ถึงความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียง 2. สามารถนำกระดาษ A4 ที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ 3. สามารถใช้กระดาษ A4 ได้อย่างคุ้มค่า	

แผนการสอน	หน่วยที่ 12
ชื่อวิชา ชั้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์	สอนครั้งที่ 18
ชื่อหน่วย หลักการเศรษฐกิจพอเพียง	ชั่วโมงรวม 90
ชื่อเรื่อง หลักการเศรษฐกิจพอเพียง	จำนวนชั่วโมง 5
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ด้านความรู้ 1. บอกหลักการเศรษฐกิจพอเพียงได้ถูกต้อง 2. บอกความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียงได้ถูกต้อง ด้านทักษะ 3. นำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้งานได้ถูกวิธี ถูกต้อง และปลอดภัย ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง 4. ตอบคำถามขณะเรียน ทำแบบฝึกหัด ปฏิบัติงานได้ถูกต้อง และสำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนดอย่างมีเหตุและผลตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง	

เนื้อหาสาระ

บทที่ 12. หลักการเศรษฐกิจพอเพียง

- 12.1 ความหมายและความสำคัญของหลักการเศรษฐกิจพอเพียง
- 12.2 การนำหลักการเศรษฐกิจพอเพียงไปใช้งาน

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
1. ตรวจเช็ครายชื่อประจำวัน 2. สอบถามนักเรียน-นักศึกษาเป็นรายบุคคล 3. กล่าวนำก่อนเข้าเนื้อหา 4. อธิบายเนื้อหา 5. สอบถามนักเรียนเพิ่มเติม 6. สังเกตนักเรียนในระหว่างการสอน 7. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 8. ให้นักเรียนไปศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม 9. วัดผลและประเมินผลภาคทฤษฎี 10. แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3 คน ปฏิบัติตามใบงาน 11. วัดผลและประเมินภาคปฏิบัติ หมายเหตุ อธิบายประกอบเครื่องฉายภาพ LCD Projector หรือของจริง	1. ตั้งใจฟังคำอธิบาย 2. จดบันทึกเพิ่มเติม 3. นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล 4. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน 5. สอบภาคทฤษฎี 6. เข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ชี้แจงข้อตกลงในการเรียนวิชานี้ในเรื่องเวลาเรียน วิธีการให้คะแนน วิธีการตัดเกรด
2. ความประพฤตินในห้องเรียน
3. การทำกิจกรรม การมอบหมายหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละคนในห้องเรียน

ขณะเรียน

1. ให้นักเรียนตั้งใจฟังคำอธิบาย
2. ให้นักเรียนจดบันทึกเพิ่มเติม
3. ให้นักเรียนตอบคำถามเป็นรายบุคคล
4. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
5. นักเรียนสอบภาคทฤษฎี
6. นักเรียนเข้ากลุ่มตามที่ครูจัดแบ่ง แล้วปฏิบัติงานตามใบงานที่ได้รับมอบหมาย
7. สรุปผลการเรียนโดยการสอบ-ถามปัญหาที่เกิดขึ้น

หลังเรียน

1. ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. ให้นักเรียนกลับไปทบทวนความรู้ที่เกี่ยวกับบทเรียนที่เรียนไป
3. ให้นักเรียนค้นคว้าทำรายงาน
4. ให้นักเรียนกลับไปอ่านบทเรียนบทถัดไป
5. ให้นักเรียนสรุปผลการปฏิบัติงานตามใบงาน

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. บุญธรรม ภัทราจารุกุล. ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2564 ใช้ประกอบการเรียนการสอนทุกชั้นตอน

2. ใบงาน
3. แผ่นภาพ

สื่อโสตทัศน

1. เครื่องฉายภาพ LCD Projector
2. สื่อ PowerPoint
3. กระดานดำ
4. วีดีโอ
5. ทวี

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลทั้งหมด

แหล่งการเรียนรู้

ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุด ได้แก่ หนังสือตำราที่เกี่ยวกับวิชาชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์
2. ห้องปฏิบัติการชิ้นส่วนเครื่องกล
3. ครูผู้สอน
4. ค้นคว้าหาความรู้ทางอินเทอร์เน็ต

นอกสถานศึกษา

1. โรงงานที่ใช้อุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกลในการผลิต
2. หอสมุดมหาวิทยาลัย
3. บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ชิ้นส่วนเครื่องกล
4. บริษัทผู้รับออกแบบผลิตด้วยชิ้นส่วนเครื่องกล

การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. กรรมวิธีการผลิต
2. การควบคุมอัตโนมัติ
3. เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์
4. เครื่อง CNC
5. กลศาสตร์เครื่องกล
6. ระบบอัตโนมัติ

การประเมินผล

ก่อนเรียน

1. ตรวจสอบการแต่งกายของนักเรียน
2. มารยาทของนักเรียน
3. การสัมมาคารวะของนักเรียน
4. การถามตอบ

ขณะเรียน

1. สังเกตพฤติกรรมการเรียน
2. ถาม-ตอบ
3. สังเกตความสนใจ

หลังเรียน

1. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
2. สอบเก็บคะแนน
3. ผลการปฏิบัติงาน

บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน

1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. จำนวนที่กำหนดไว้ในหน่วยนี้ มีความเหมาะสมพอดี
3. กิจกรรมการสอนหรือวิธีการสอนใน ขั้นตอนการสอนกิจกรรมของนักเรียนมีความเหมาะสมพอดี
4. ใบงานมีการกำหนดขั้นตอนการถอดประกอบที่ละเอียด ทำให้ปฏิบัติตามใบงานได้ถูกต้องรวดเร็ว และชิ้นส่วนไม่เกิดการเสียหาย

ผลการเรียนของนักเรียน

1. นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจเรียน สังกัดจากการสอบถาม ถาม-ตอบ ได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่
2. นักเรียนส่วนใหญ่ทำแบบฝึกหัดและปฏิบัติงานตามใบงานได้ถูกต้องมากขึ้น
3. นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสอบสูงขึ้น

ผลการสอนของครู

1. มีเครื่องฉาย LCD Projector และสื่อ PowerPoint ทำให้สอนได้เร็วขึ้น สะดวกขึ้น
2. มีความมั่นใจในการสอนมากขึ้น
3. สอนได้ตามเวลาที่กำหนดของแผนการสอน

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท
วิชา **ชิ้นส่วนเครื่องกลในงานเมคคาทรอนิกส์**
รหัส 30127-2001

ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)
คณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำโดย



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

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 1 เฟือง

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เฟืองแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้แก่อะไร

ตอบ (เฟืองฟันนอกและเฟืองฟันใน)

2. ข้อเสียของเฟืองฟันตรงคืออะไร

ตอบ (ขบกันได้เพียงหนึ่งฟันเฟือง และมีเสียงดังขณะส่งกำลังงาน)

3. เฟืองฟันเฉียงขณะส่งกำลังงานจะมีข้อดีของเฟืองฟันเฉียงคืออะไร

ตอบ (ขบกันได้มากกว่าสองฟันเฟือง มีความราบเรียบและไม่มีเสียงดัง)

4. เฟืองที่ผลิตยากที่สุดได้แก่เฟืองแบบใด

ตอบ (เฟืองฟันเฉียงคู่)

5. ชุดเฟืองแบบใดที่จะช่วยจะเพิ่มแรงบิดและความเร็วรอบ

ตอบ (เฟืองดาวเคราะห์)

6. เฟืองหนอนใช้ส่งกำลังของแกนเพลาลักษณะใด

ตอบ (แกนเพลาน้ำไม่ตั้งฉากกันและไม่ตัดกันเพื่อลดความเร็วรอบแต่ได้แรงบิดสูง)

7. เฟืองแบบใดใช้เปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงมุมให้เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น

ตอบ (เฟืองสะพาน)

8. เฟืองแบบใดที่ใช้ส่งกำลังระหว่างแกนเพลาน้ำที่ตัดกัน 90 องศา

ตอบ (เฟืองดอกจอก)

9. สูตรการหาอัตราส่วนความเร็วเฟืองคืออะไร

$$\text{ตอบ } VR = \frac{T_1}{T_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

10. สูตรการหาอัตราส่วนแรงบิดเฟืองคืออะไร

$$\text{ตอบ อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

11. เฟืองขับมีฟันเฟือง 17 ฟัน เฟืองตามมีฟันเฟือง 44 ฟัน อัตราส่วนความเร็วและอัตราส่วนแรงบิดมีค่าเท่าไร

ตอบ (อัตราส่วนความเร็ว = 0.386 , อัตราส่วนแรงบิด = 2.588)

12. ถ้าต้องการแรงบิดสูงจะติดตั้งเฟืองอย่างไร

ตอบ (เฟืองตัวเล็กขับเฟืองตัวใหญ่)

13. ถ้าต้องการความเร็วสูงจะติดตั้งเฟืองอย่างไร

ตอบ (เฟืองตัวใหญ่ขับเฟืองตัวเล็ก)

14. ตำแหน่งเกียร์สูง คือเกียร์อะไร

ตอบ (เกียร์ 5)

15. ตำแหน่งเกียร์ต่ำ คือเกียร์อะไร

ตอบ (เกียร์ 1)

16. ในการออกแบบเฟืองขับและเฟืองตาม เฟืองตัวใดจะมีฟันเฟืองแน่นกว่ากัน

ตอบ (เฟืองขับ)

17. รอยสัมผัสระหว่างฟันเฟืองที่ถูกต้องควรจะอยู่ในรูปแบบใด

ตอบ (รอยสัมผัสระหว่างฟันเฟืองที่ถูกต้องควรจะอยู่ประมาณกึ่งกลางฟัน)

18. การทำความสะอาดเรือนกระปุกเกียร์จะช่วยบำรุงรักษาอย่างไร

ตอบ (ช่วยให้กระปุกเกียร์มีอุณหภูมิลดต่ำลง)

19. ถ้าระยะรุนของเพลาลูกเบี้ยวเพิ่มขึ้นหรือเพลาลูกเบี้ยวสามารถยกขึ้นได้แสดงว่าเกิดการเสียหายกับชิ้นส่วนใด

ตอบ (ตลับลูกปืน)

20. ระยะคลอนของฟันเฟืองเพิ่มขึ้นแสดงว่าเกิดการเสียหายกับชิ้นส่วนใด

ตอบ (ฟันเฟืองสึกหรอ)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. จากรูป เฟืองขับมีฟันเฟือง 24 ฟัน และเฟืองตามมีฟันเฟือง 48 ฟัน จงหาอัตราส่วนความเร็วของเฟืองชุดนี้



วิธีทำ จากสมการที่ (4.1)

$$\begin{aligned} VR &= \frac{T_1}{T_2} \\ &= \frac{24}{48} \end{aligned}$$

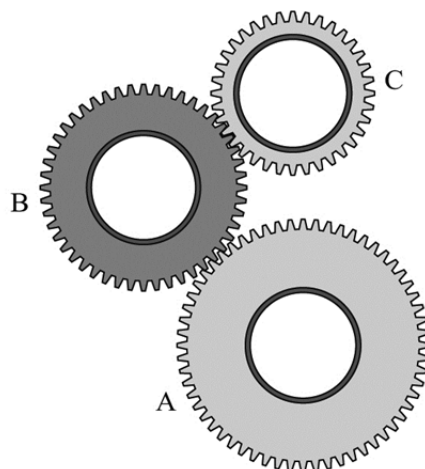
$$\therefore VR = 0.5 : 1$$

ตอบ

ถ้าเฟืองขับหมุน 1 รอบ เฟืองตามจะหมุน 0.5 รอบ

ถ้าเฟืองขับหมุน 100 รอบ เฟืองตามจะหมุน $\frac{0.5 \times 100}{1} = 50$ รอบ

2. จากรูปเป็นขบวนเฟืองธรรมดา เฟืองขับ A มี 62 ฟัน หมุนตามเข็มนาฬิกา เฟืองตาม C มี 40 ฟัน และเฟืองสะพาน B มี 48 ฟัน จงหาอัตราส่วนความเร็วของเฟืองชุดนี้



วิธีทำ เฟืองตาม C ถูกขับโดยตรงจากเฟืองขับ A

จากสมการที่ (4.1)

$$VR = \frac{T_1}{T_3}$$

แทนค่า

$$VR = \frac{40}{62}$$

$$\therefore VR = 0.645 : 1$$

ตอบ

และเมื่อใช้เฟืองกลับทางหมุน B

$$\therefore VR = \frac{T_1}{T_2} = \frac{48}{62} = 0.774 : 1$$

และเฟืองสะพาน B ขับเฟืองตาม C

$$\therefore VR = \frac{T_2}{T_3} = \frac{40}{48} = 0.833 : 1$$

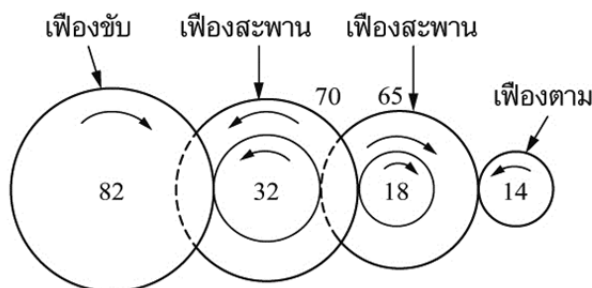
ดังนั้น

$$VR_{รวม} = 0.774 \times 0.833 = 0.645 : 1$$

ตอบ

ซึ่งจะมีอัตราส่วนความเร็วเท่ากับเฟืองที่ต่อกันโดยตรง แต่สามารถกลับทางหมุนได้ตามที่ต้องการ

3. ขบวนการเฟืองชุดของเครื่องมือกลเครื่องหนึ่ง เฟืองขับ เฟืองสะพาน และเฟืองตามติดตั้งเฟืองขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในรูป เฟืองมอเตอร์เชื่อมต่อกับเฟืองขับและหมุนที่ความเร็วรอบ 1,200 รอบต่อนาที จงหาความเร็วสุดท้ายของเฟืองตาม



วิธีทำ $N_1 = 1,200 \text{ rpm}$, $T_1 = 82$, $T_2 = 70$, $T_3 = 32$, $T_4 = 65$
 $T_5 = 18$, $T_6 = 14$

จากสมการที่ (4.12) $\frac{N_6}{N_1} = \frac{T_1}{T_2} \times \frac{T_3}{T_4} \times \frac{T_5}{T_6}$

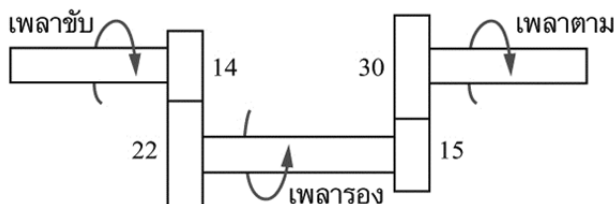
แทนค่า $\frac{N_6}{1,200 \text{ rpm}} = \frac{82}{70} \times \frac{32}{65} \times \frac{18}{14}$

$$N_6 = \frac{1,200 \times 47,232}{63,700}$$

$$N_6 = 889.77 \text{ rpm}$$

ตอบ

4. ขบวนการเฟืองของเครื่องมือกลเครื่องหนึ่ง เฟืองขับ เฟืองรอง และเฟืองตามติดตั้งเฟืองขนาดต่าง ๆ ดังแสดงในรูป จงหาความเร็วรอบของเฟืองตาม เมื่อเฟืองขับหมุน 1,500 รอบต่อนาที



วิธีทำ $N_1 = 1,500 \text{ rpm}$, $T_1 = 14$, $T_2 = 22$,
 $T_3 = 15$, $T_4 = 30$

จากสมการที่ (4.13)
$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{T_1}{T_2} \times \frac{T_3}{T_4}$$

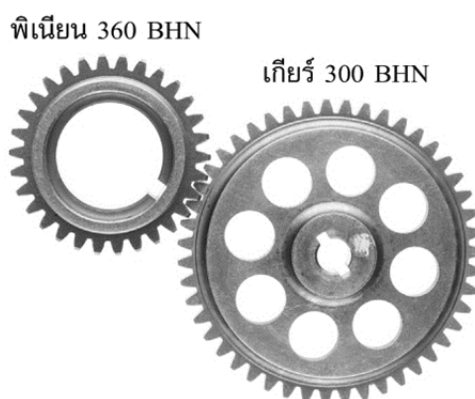
แทนค่า
$$\frac{N_4}{1,500 \text{ rpm}} = \frac{14}{22} \times \frac{15}{30}$$

$$N_4 = \frac{1,500 \text{ rpm} \times 210}{660}$$

$$N_4 = 477.27 \text{ rpm}$$

ตอบ

5. ชุดเฟืองทดส่งกำลังเป็นเฟืองฟันตรงทำจากเหล็กกล้าและผลิตโดยวิธี Machined มี $P = 10$, มุม $\phi = 20^\circ$ ฟิเนียนถูกขับด้วยมอเตอร์ที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ทำงานที่อุณหภูมิไม่เกิน 140°F และมีอายุการใช้งาน 48 สัปดาห์ และในแต่ละสัปดาห์ใช้งาน 40 ชั่วโมง รวม 5 ปี ถ้าชุดเฟืองทอนี้จะเสียหายเนื่องจากความแข็งแรงต่อแรงดัดของฟันเฟืองและความต้านแรงล้าที่ผิวมีเพียง 1% จงหาค่าความแข็งแรงต่อแรงดัดของฟันเฟืองและความต้านแรงล้าที่ผิวของฟันเฟือง



วิธีทำ $P = 10$, มุม $\phi = 20^\circ$

- (1) ค่าความแข็งแรงต่อแรงดัดของฟันเฟือง

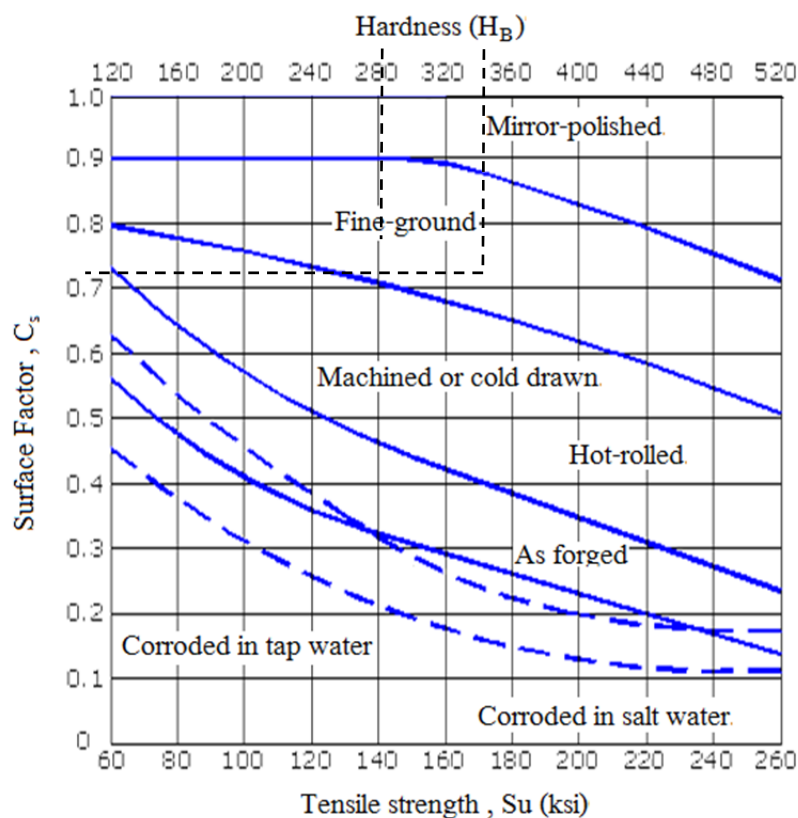
จากสมการที่ (1.21) $S_n = S_n' C_L C_G C_S k_r k_t k_{ms}$

$$\begin{aligned} S_n' &= \frac{\text{HBN}}{4} \\ &= \frac{360 \text{ BHN}}{4} = 90 \text{ ksi} \quad \text{ฟิเนียน} \\ &= \frac{300 \text{ BHN}}{4} = 75 \text{ ksi} \quad \text{เกียร์} \end{aligned}$$

$$C_L = 1 \quad \text{เป็นแรงคัต}$$

$$C_G = 1 \quad \text{เมื่อ } P > 5$$

C_S หาจากรูปที่ 1.30 ฟันพีเนียนมีความแข็ง 360 BHN ให้ลากเส้นจากความแข็ง 300 BHN ไปที่เส้นกราฟ Machined แล้วลากไปหาเส้น C_S และหาค่า C_S ของฟันเกียร์ในทำนองเดียวกัน



$$C_s = 0.65 \quad \text{พีเนียน}$$

$$= 0.70 \quad \text{เกียร์}$$

ชุดเฟืองทดนี้จะเสียหายเนื่องจากความแข็งแรงต่อแรงคัตของฟันเฟืองและความต้านแรงล้าที่ผิวมีเพียง 1% แสดงว่ามีความเชื่อมั่น 99% จากตารางที่ 1.1

$$k_T = 0.814$$

$$k_t = 1.0 \quad \text{เมื่อ } T < 160 \text{ F}$$

$$k_{ms} = 1.4 \quad \text{เป็นเฟืองขับและตาม}$$

แทนค่า

$$S_n = (90 \text{ ksi})(1)(1)(0.65)(0.814)(1)(1.4)$$

ความแข็งแรงของฟันพีเนียน $S_n = 66.67 \text{ ksi}$

ตอบ

แทนค่า $S_n = (75 \text{ ksi})(1)(1)(0.70)(0.814)(1)(1.4)$

ความแข็งแรงของฟันเกียร์ $S_n = 59.83 \text{ ksi}$

ตอบ

(2) ความต้านแรงล้าที่ผิวของฟันเฟือง

จากสมการที่ (1.22) $S_H = S_{fe} C_{Li} C_R$

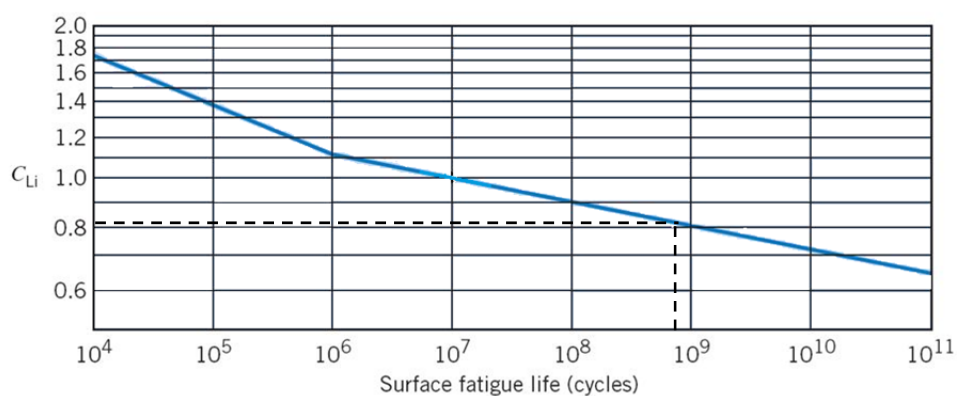
จากตารางที่ 1.2 ชุดเฟืองทดทำจากเหล็กกล้า

$$\begin{aligned} S_{fe} &= 0.4(\text{BHN}) - 10 \text{ ksi} \\ &= 0.4 \left[\frac{360 + 300}{2} \right] - 10 \text{ ksi} \\ &= 122 \text{ ksi} \end{aligned}$$

ชุดเฟืองทดหมุนด้วยความเร็วรอบ 1,200 rpm ทำงาน 48 สัปดาห์ และในแต่ละสัปดาห์ใช้งาน 40 ชั่วโมง รวม 5 ปี

$$\begin{aligned} \therefore \text{อายุการใช้งาน} &= (1,200 \text{ rpm})(60 \text{ sec/min})(48)(40)(5) \\ &= 8.6 \times 10^8 \text{ รอบ} \end{aligned}$$

จากรูปที่ 1.32 ลากเส้นอายุการใช้งาน 6.9×10^8 รอบ ไปชนเส้นกราฟแล้วลากไปหาค่า C_{Li}



$$C_{Li} = 0.81$$

มีความเชื่อมั่น 99% จากตารางที่ 1.4

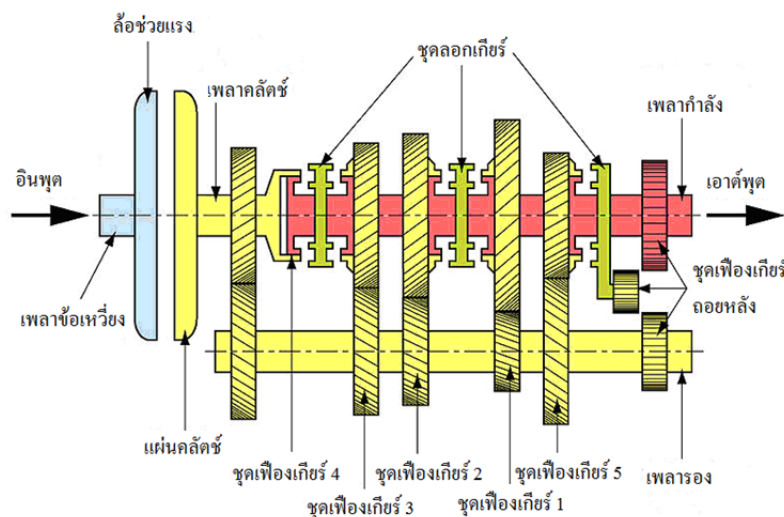
$$C_R = 1$$

แทนค่า $S_H = (122 \text{ ksi})(0.81)(1)$

$$S_H = 98.82 \text{ ksi}$$

ตอบ

6. กระจุกเกียร์รถยนต์คันหนึ่งเฟืองเพลาคลัตช์มี 15 ฟัน เฟืองเพลารองมี 20 ฟัน และชุดเฟืองเกียร์หนึ่งมี 16 ฟัน และ 37 ฟัน ชุดเฟืองเกียร์สองมี 18 ฟัน และ 28 ฟัน ชุดเฟืองเกียร์สามมี 24 ฟัน และ 28 ฟัน ชุดเฟืองเกียร์สี่มี 22 ฟัน และ 19 ฟัน ชุดเฟืองเกียร์ห้ามี 35 ฟัน และ 22 ฟัน ชุดเฟืองเกียร์ถอยหลังมี 12 ฟัน และ 31 ฟัน จงคำนวณหาอัตราส่วนความเร็ว และอัตราส่วนแรงบิดของเกียร์ต่าง ๆ



วิธีทำ

$$\text{อัตราส่วนความเร็ว} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนความเร็วเกียร์หนึ่ง} &= \frac{15}{20} \times \frac{16}{37} \\ &= 0.324 : 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนความเร็ว} &= \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \\ \text{อัตราส่วนความเร็วเกียร์สอง} &= \frac{15}{20} \times \frac{18}{28} \\ &= 0.482 : 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราส่วนความเร็ว} &= \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \\ \text{อัตราส่วนความเร็วเกียร์สาม} &= \frac{15}{20} \times \frac{24}{28} \\ &= 0.643 : 1 \end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนความเร็ว} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนความเร็วเกียร์สี่} &= \frac{15}{20} \times \frac{22}{19} \\ &= 0.868 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนความเร็ว} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนความเร็วเกียร์ห้า} &= \frac{15}{20} \times \frac{35}{22} \\ &= 1.193 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนความเร็ว} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนความเร็วเกียร์ถอยหลัง} &= \frac{15}{20} \times \frac{12}{31} \\ &= 0.29 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิดเกียร์หนึ่ง} &= \frac{20}{15} \times \frac{37}{16} \\ &= 3.08 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิดเกียร์สอง} &= \frac{20}{15} \times \frac{28}{18} \\ &= 2.07 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิดเกียร์สาม} &= \frac{20}{15} \times \frac{28}{24} \\ &= 1.56 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิดเกียร์สี่} &= \frac{20}{15} \times \frac{19}{22} \\ &= 1.15 : 1\end{aligned}$$

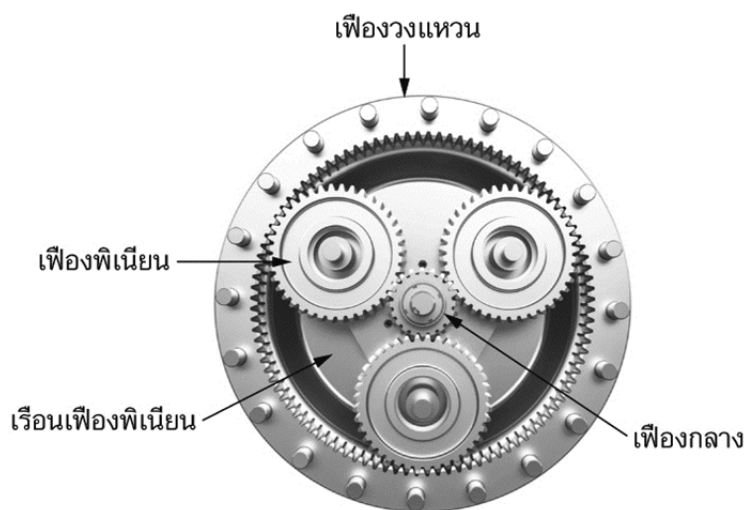
$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิดเกียร์ห้า} &= \frac{20}{15} \times \frac{22}{35} \\ &= 0.83 : 1\end{aligned}$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \times \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}$$

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิดเกียร์ถอยหลัง} &= \frac{20}{15} \times \frac{31}{12} \\ &= 3.44 : 1\end{aligned}$$

7. เฟืองดาวเคราะห์ชุดหนึ่ง ดังแสดงในรูป เฟืองวงแหวน Z_c มี 100 ฟัน เฟืองตัวกลาง Z_a มี 20 ฟัน เฟืองพีเนียน Z_b มี 40 ฟัน จงหาอัตราส่วนแรงบิด



วิธีทำ $Z_a = 20T$, $Z_b = 40T$, $Z_c = 100T$

1. ตำแหน่งเกียร์ต่ำ (Low Gear) จากสมการที่ (1.15)

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองวงแหวน}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองกลาง}} + 1$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = \frac{Z_c}{Z_a} + 1$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{100}{20} + 1 \\ \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= 6 : 1\end{aligned}$$

เมื่อเพลาเฟืองกลางมีแรงบิด 1 N·m เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะมีแรงบิด 6 N·m

เมื่อเพลาเฟืองกลางมีแรงบิด 100 N·m เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะมีแรงบิด $6 \times 100 = 600$ N·m

เมื่อเพลาเฟืองกลางหมุนไป 1 รอบ เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะหมุน $1/6 = 0.167$ รอบ

เมื่อเพลาเฟืองกลางหมุนไป 1,000 รอบ เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะหมุน $\frac{0.167 \times 1,000}{1} = 167$ รอบ

2. ตำแหน่งเกียร์ 2 (Second Gear) จากสมการที่ (1.16)

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองกลาง}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองวงแหวน}} + 1 \\ \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{Z_a}{Z_c} + 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{20}{100} + 1 \\ \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= 1.2 : 1\end{aligned}$$

เมื่อเพลาเฟืองวงแหวนมีแรงบิด 1 N·m เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะมีแรงบิด 1.2 N·m

เมื่อเพลาเฟืองวงแหวนมีแรงบิด 100 N·m เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะมีแรงบิด $1.2 \times 100 = 120$ N·m

เมื่อเพลาเฟืองกลางหมุนไป 1 รอบ เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะหมุน $1/1.2 = 0.833$ รอบ

เมื่อเพลาเฟืองกลางหมุนไป 1,000 รอบ เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะหมุน $\frac{0.833 \times 1,000}{1} = 833$ รอบ

3. ตำแหน่งเกียร์สูง (High Gear) จากสมการที่ (1.17)

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองวงแหวน}}{\text{จำนวนของฟันวงแหวน} + \text{จำนวนของฟันเฟืองกลาง}} \\ \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{Z_c}{Z_c + Z_a}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} \quad \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{100}{100 + 20} \\ \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= 0.833 : 1\end{aligned}$$

เมื่อเพลาเรือนเฟืองพีเนียนมีแรงบิด 1 N·m เพลาเฟืองวงแหวนจะมีแรงบิด 0.833 N·m

เมื่อเพลาเรือนเฟืองพีเนียนมีแรงบิด 100 N·m เพลาเฟืองวงแหวนจะมีแรงบิด $0.833 \times 100 = 83.3$ N·m

เมื่อเพลาเรือนเฟืองพีเนียนหมุนไป 1 รอบ เพลาเฟืองวงแหวนจะหมุน $1/0.833 = 1.2$ รอบ

เมื่อเพลาเรือนเฟืองพีเนียนหมุนไป 1,000 รอบ เพลาเฟืองวงแหวนจะหมุน $\frac{1.2 \times 1,000}{1} = 1,200$ รอบ

4. ตำแหน่งกลับทางหมุน (Reverse Gear) จากสมการที่ (1.18)

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = -\frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองวงแหวน}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองกลาง}}$$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = -\frac{Z_c}{Z_a}$$

แทนค่า $\text{อัตราส่วนแรงบิด} = -\frac{100}{20}$

$$\text{อัตราส่วนแรงบิด} = -5 : 1$$

เมื่อเพลาเฟืองกลางมีแรงบิด 1 N·m เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะมีแรงบิด 5 N·m

เมื่อเพลาเฟืองกลางมีแรงบิด 100 N·m เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะมีแรงบิด $5 \times 100 = 500$ N·m

เมื่อเพลาเฟืองกลางหมุนไป 1 รอบ เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะหมุน $1/5 = 0.2$ รอบ

เมื่อเพลาเฟืองกลางหมุนไป 1,000 รอบ เพลาเรือนเฟืองพีเนียนจะหมุน $\frac{0.2 \times 1,000}{1} = 200$ รอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 2 ลูกเบี้ยว

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ลูกเบี้ยวคืออะไร

ตอบ (ชิ้นส่วนทางกลของเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ส่งถ่ายกำลังให้กับตัวตาม)

2. กลไกลูกเบี้ยวจะมี 3 ส่วน ได้แก่อะไร

ตอบ (ลูกเบี้ยว ตัวตามหรือระบบตัวตาม และโครง)

3. ลูกเบี้ยวจะแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ตามการเคลื่อนที่ของตัวตาม ได้แก่อะไร

ตอบ (1. ลูกเบี้ยวแบบแผ่นหรือรัศมี

2. ลูกเบี้ยวแบบทรงกระบอก

3. ลูกเบี้ยวแบบเลื่อนขนานเชิงเส้น)

4. ลูกเบี้ยวชนิดใดที่ตัวตามจะเคลื่อนที่ตั้งฉากกับแกนของลูกเบี้ยวหรือเคลื่อนที่ในแนวรัศมี

ตอบ (ลูกเบี้ยวแบบแผ่นหรือรัศมี)

5. ลูกเบี้ยวขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ จะเป็นแบบใด

ตอบ (ลูกเบี้ยวแบบลูกแพ)

6. ลูกเบี้ยวชนิดใดใช้เปลี่ยนเกียร์รถจักรยานยนต์

ตอบ (ลูกเบี้ยวแบบทรงกระบอก)

7. ลูกเบี้ยวชนิดใดที่ตัวตามจะเคลื่อนที่ขึ้นช้าแล้วตกลงทันทีอย่างรวดเร็ว 1 ครั้งต่อรอบ

ตอบ (ลูกเบี้ยวแบบหอยโข่ง)

8. ตัวตามลูกเบี้ยวมี 4 ชนิดได้แก่อะไร

ตอบ (1. ตัวตามแบบใบมีด

2. ตัวตามแบบลูกกลิ้ง

3. ตัวตามแบบกลมแบนหรือดอกเห็ด 4. ตัวตามแบบทรงกลม)

9. ตัวตามชนิดใดที่จะช่วยลดความเค้นที่เกิดขึ้นที่ผิวสัมผัสของตัวตาม

ตอบ (ตัวตามแบบทรงกลม)

10. ตัวตามชนิดใดที่ใช้ทำหน้าที่เปิด – ปิดลิ้นของเครื่องยนต์

ตอบ (ตัวตามแบบกลมแบนหรือดอกเห็ด)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. ลูกเบี้ยวมีความสูง 20 มิลลิเมตร มีมุมยกของลูกเบี้ยว = 60° จงหาระยะที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่เมื่อมุมที่ลูกเบี้ยวหมุนไป $\theta = 0, 15, 25, 35, 45, 55, 60$ องศา

วิธีทำ $\theta = 0, 15, 25, 35, 45, 55, 60$ องศา, $\beta = 60^\circ$, $h = 20 \text{ mm}$

$$\text{จากสมการที่ (2.1)} \quad y = \frac{h}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{\theta}{\beta} \right) \right]$$

$$\text{แทนค่า} \quad y(0^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{0}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - 1) = 0.000 \text{ mm}$$

$$y(15^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{15}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - 0.707) = 2.93 \text{ mm}$$

$$y(25^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{25}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - 0.259) = 3.59 \text{ mm}$$

$$y(35^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{35}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - (-0.259)) = 7.41 \text{ mm}$$

$$y(45^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{45}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - (-0.707)) = 17.07 \text{ mm}$$

$$y(55^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{55}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - (-0.966)) = 19.66 \text{ mm}$$

$$y(60^\circ) = \frac{20 \text{ mm}}{2} \left[1 - \cos \left(\pi \frac{60}{60} \right) \right] = 10 \text{ mm}(1 - (-1)) = 20 \text{ mm}$$

2. เฟลาถูกเบี้ยวขึ้นหนึ่งหมุนด้วยความเร็ว 500 รอบต่อนาที ลูกเบี้ยวมีความสูง 20 มิลลิเมตร มีมุมยกของลูกเบี้ยว = 60° จงหาความเร็วที่ลูกเบี้ยวเคลื่อนที่เมื่อมุมที่ลูกเบี้ยวหมุนไป $\theta = 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60$ องศา

วิธีทำ $\theta = 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60$ องศา, $\beta = 60^\circ$, $h = 20$ mm

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi(500 \text{ rev/min})}{60} = 52.33 \text{ rev/s}$$

จากสมการที่ (2.2)

$$V = \frac{\pi h \omega}{2\beta} \left[\sin \frac{\pi \theta}{\beta} \right]$$

$$V(0^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(0)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(0) = 0 \text{ mm/s}$$

$$V(10^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(10)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(0.5) = 13.695 \text{ mm/s}$$

$$V(20^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(20)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(0.866) = 23.72 \text{ mm/s}$$

$$V(30^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(30)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(1) = 27.39 \text{ mm/s}$$

$$V(40^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(40)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(0.866) = 23.72 \text{ mm/s}$$

$$V(50^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(50)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(0.5) = 13.695 \text{ mm/s}$$

$$V(60^\circ) = \frac{\pi(20 \text{ mm})(52.33 \text{ rev/s})}{2(60)} \left[\sin \frac{\pi(60)}{60} \right] = 27.39 \text{ mm/s}(0) = 0 \text{ mm/s}$$

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 3 สายพาน

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. สายพานแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่อะไร

ตอบ (1. สายพานแบน 2. สายพานลิ่ม 3. สายพานไทมิง)

2. เพื่อป้องกันสายพานแบนลื่นไถลหลุดออกจากล้อสายพานระหว่างการใช้งานล้อสายพานแบนจะต้องมีลักษณะใด

ตอบ (จะต้องมีลักษณะโค้งแบบหลังเต่าหรือให้ปลายขอบล้อสายพานมีปีกยื่นออกมาในแนวรัศมี)

3. โครงสร้างของสายพานลิ่มมีองค์ประกอบ 4 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่อะไร

ตอบ (ส่วนบนของสายพาน ส่วนล่างของสายพาน ส่วนศูนย์กลางของสายพาน ส่วนนอกของสายพานถูกเคลือบด้วยยาง)

4. ขนาดของสายพานลิ่มจะใช้ตัวอักษรอะไร

ตอบ (A B C D และ E)

5. สายพานลิ่มมี 3 ชนิด ได้แก่อะไร

ตอบ (1. สายพานลิ่มมาตรฐาน 2. สายพานลิ่มร่องฟัน 3. สายพานลิ่มหลายร่อง)

6. การพันสายพานลิ่มมี 3 วิธี ได้แก่วิธีใด

ตอบ (1. การพันสายพานแบบตรง 2. การพันสายพานแบบไขว้ 3. การพันสายพานแบบตั้งฉาก)

7. สายพานส่งกำลังที่ไม่มีการลื่นไถล ได้แก่อะไร

ตอบ (สายพานไทมิง)

8. การปรับความตึงของสายพานลิ่ม ได้แก่วิธีใด

ตอบ (1. การปรับระยะห่างจุดศูนย์กลางของพูลเลย์ 2. การปรับความตึงของสายพานด้วยลูกกลิ้ง)

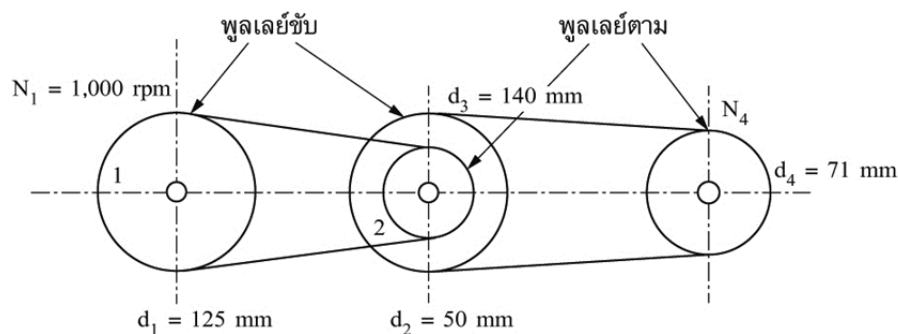
9. การส่งกำลังงานจากเพลานึงไปยังอีกเพลานำได้ 3 วิธี ได้แก่อะไร

ตอบ (1. การใช้เฟือง 2. การใช้สายพาน 3. การใช้โซ่)

10. สายพานลิ่มชนิดใดที่ช่วยลดการต้านทานการคัดของสายพานและช่วยระบายความร้อน
ตอบ (สายพานลิ่มร่องฟัน)
11. สายพานลิ่มชนิดใดที่มีความบางและต้านทานการลื่นไถลได้ดี
ตอบ (สายพานลิ่มหลายร่อง)
12. สายพานชนิดใดที่ไม่เกิดการลื่นไถลขณะส่งกำลังงาน
ตอบ (สายพานไทมิง)
13. ข้อดีของสายพานลิ่ม คืออะไร
ตอบ (เงียบ สะอาด และสามารถรับแรงกระตุกได้)
14. สูตรประสิทธิภาพการส่งกำลังได้แก่อะไร
ตอบ $\eta = \frac{P_{\text{ตาม}}}{P_{\text{ขับ}}} \times 100\%$
15. เพลาขับและเพลาตามวางต้งฉากกัน 90 องศา จะต้องฟันสายพานลิ่มแบบใด
ตอบ (ฟันสายพานแบบต้งฉาก)
16. สายพานไทมิงจะมีร่องฟัน 2 แบบได้แก่แบบใด
ตอบ (ฟันเฟืองทรงกลม (Round Tooth) และฟันสี่เหลี่ยมคางหมู (Trapezoidal Tooth))
17. สายพานไทมิงแบบ RPP แตกต่างจากสายพานแบบ STD อย่างไร
ตอบ (ปลายฟันของสายพานไทมิงแบบ RPP จะออกแบบให้มีรอยเว้าหรือแอ่ง)
18. ขนาดของสายพานไทมิงจะมีมิติที่สำคัญ 3 ส่วนได้แก่อะไร
ตอบ (ความกว้าง ชนิดของฟัน และระยะพิตช์)
19. สายพานไทมิงชนิดใดที่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการติดตั้งกับเพลาลูกเบี้ยวของเครื่องยนต์
ตอบ (สายพานไทมิงเคฟลา)
20. พูลเลย์ของสายพานไทมิงแบบใดที่ใช้กับเพลาลูกเบี้ยวของเครื่องยนต์
ตอบ (พูลเลย์แบบ W)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. การส่งกำลังของสายพานชุด มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางดังรูป โดยเฟลาขับ 1 มีความเร็วรอบ $N_1 = 1,000 \text{ rpm}$ จงหาความเร็วรอบที่เฟลาตาม



วิธีทำ โจทย์กำหนด $d_1 = 125 \text{ mm}$, $d_2 = 50 \text{ mm}$
 $d_3 = 140 \text{ mm}$, $d_4 = 71 \text{ mm}$, $N_1 = 800 \text{ rpm}$

จากสมการที่ (3.8)

$$\frac{N_4}{N_1} = \frac{d_1 \times d_3}{d_2 \times d_4}$$

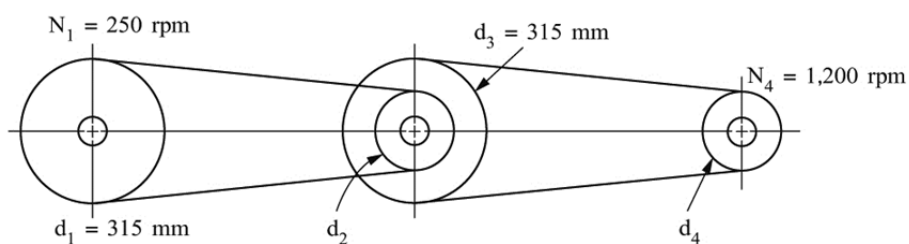
แทนค่า $\frac{N_4}{1,000 \text{ rpm}} = \frac{125 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}}{50 \text{ mm} \times 71 \text{ mm}}$

$$N_4 = 4.93 \times 1,000 \text{ rpm}$$

$$N_4 = 4,930 \text{ rpm}$$

ตอบ

2. ต้องการออกแบบให้เฟลา N_4 หมุนด้วยความเร็ว $1,200 \text{ rpm}$ ด้วยการส่งกำลังของสายพานชุดของเฟลาที่วางขนานกัน โดยพูลเลย์ขับทั้งสองอันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 315 mm และหมุนด้วยความเร็วรอบ 250 rpm จงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพูลเลย์ตัวตามทั้งสองอัน



วิธีทำ โจทย์กำหนด $d_1, d_3 = 315 \text{ mm}$, $d_2, d_4 = ?$

$$N_1 = 250 \text{ rpm} \quad N_4 = 1,200 \text{ rpm}$$

จากสมการที่ (3.8) $VR = \frac{N_4}{N_1}$

แทนค่า $VR = \frac{1,800 \text{ rpm}}{300 \text{ rpm}} \frac{1,200 \text{ rpm}}{250 \text{ rpm}}$

$$VR = 4.8$$

จากสมการที่ (3.8) $VR = VR_1 \times VR_2$

$$\therefore d_2, d_4 \text{ จะมี 2 ค่า } VR = 2 \times 2.4 = 4.8$$

$$\text{หรือ } VR = 2.4 \times 2 = 4.8$$

กรณีที่ 1

จากสมการที่ (3.5) $VR_1 = \frac{d_1}{d_2}$

$$d_2 = \frac{d_1}{VR_1} = \frac{315 \text{ mm}}{2} = 157.5 \text{ mm}$$

จากสมการที่ (3.6) $VR_2 = \frac{d_3}{d_4}$

$$d_4 = \frac{d_3}{VR_2} = \frac{315 \text{ mm}}{2.4} = 131.25 \text{ mm}$$

$$d_2 = 157.50 \text{ mm}, \quad d_4 = 131.25 \text{ mm}$$

ตอบ

กรณีที่ 2

จากสมการที่ (3.5) $VR_1 = \frac{d_1}{d_2}$

$$d_2 = \frac{d_1}{VR_1} = \frac{315 \text{ mm}}{2.4} = 131.25 \text{ mm}$$

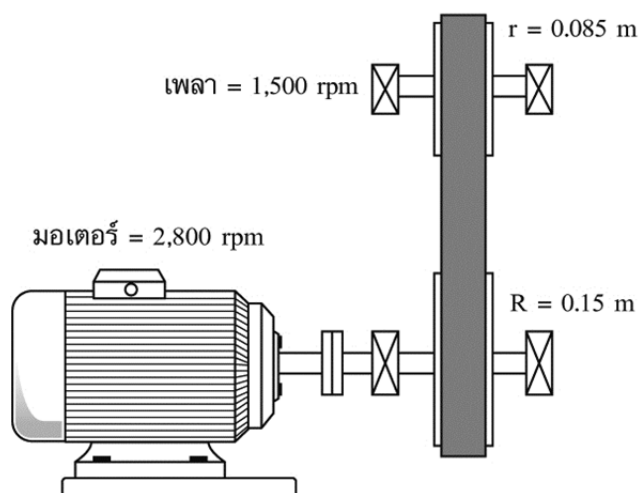
จากสมการที่ (3.6) $VR_2 = \frac{d_3}{d_4}$

$$d_4 = \frac{d_3}{VR_2} = \frac{315 \text{ mm}}{2} = 157.5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 131.25 \text{ mm}, \quad d_4 = 157.50 \text{ mm}$$

ตอบ

3. มอเตอร์ตัวหนึ่งใช้ขับเคลื่อนเพลาที่ขนานกับมอเตอร์โดยใช้พูลเลย์และสายพาน เมื่อมีภาระจะมีแรงกระทำที่มอเตอร์ 12 กิโลกรัม และมีแรงกระทำที่เพลาตาม 25 กิโลกรัม จงหาประสิทธิภาพของการส่งกำลังนี้ โดยพูลเลย์ที่มอเตอร์มี $R = 0.15$ เมตร และพูลเลย์ที่เพลาตามมี $r = 0.085$ เมตร ความเร็วรอบของมอเตอร์ = 2,800 rpm ความเร็วรอบของเพลาตาม = 1,500 rpm



วิธีทำ

$$\begin{aligned} F_m &= 12 \text{ kg} & F_s &= 25 \text{ kg} \\ R &= 0.15 \text{ m} & r &= 0.085 \text{ m} \\ n_m &= 2,800 \text{ rpm} & n_s &= 1,500 \text{ rpm} \end{aligned}$$

จากสูตร $T_m = F_m \times R$

แทนค่า $T_m = 12 \times 0.15 = 1.8 \text{ kg} \cdot \text{m}$

$$T_m = (1.8 \text{ kg} \cdot \text{m})(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$T_m = 17.66 \text{ N}$$

จากสูตร $T_s = F_s \times r$

แทนค่า $T_s = 25 \times 0.085 = 2.125 \text{ kg} \cdot \text{m}$

$$T_s = (2.125 \text{ kg} \cdot \text{m})(9.81 \text{ m/s}^2)$$

$$T_s = 20.85 \text{ N}$$

จากสมการที่ (3.10) $P_m = \frac{2\pi T_m n_m}{60}$

แทนค่า $P_m = \frac{2(3.14)(17.66)(2,800)}{60}$

$$P_m = 5,175.56 \text{ watt}$$

$$P_s = \frac{2\pi T_s n_s}{60}$$

แทนค่า $P_s = \frac{2(3.14)(20.85)(1,500)}{60}$

$$P_s = 3,273.45 \text{ watt}$$

$$\eta = \frac{P_s}{P_m} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{3,273.45}{5,175.66} \times 100\%$$

$$\eta = 63.25 \%$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 4 โซ่

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. โซ่มี 2 ชนิด ได้แก่อะไร

ตอบ (โซ่แบบลูกกลิ้ง และโซ่แบบบุช)

2. โซ่ชนิดใดที่สึกหรอเร็วที่สุด

ตอบ (โซ่แบบบุช)

3. พิตช์ของโซ่ คืออะไร

ตอบ (คือระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของรูในแผ่นต่อโซ่)

4. ความกว้างด้านในของโซ่ขับ คือด้านใด

ตอบ (คือระยะห่างระหว่างแผ่นชั้นในสองแผ่นหรือความกว้างด้านในของโซ่)

5. อักษร H ต่อท้ายเบอร์โซ่ หมายถึงอะไร

ตอบ (โซ่ที่ใช้กับงานหนักพิเศษ)

6. คลิปสปริงล็อกข้อต่อโซ่จะต้องติดตั้งอย่างไร

ตอบ (จะต้องให้ปลายปิดหันหน้าไปตามทิศทางการหมุน)

7. สเตออร์มี 4 แบบ ได้แก่อะไร

ตอบ (สเตออร์แบบ A สเตออร์แบบ B สเตออร์แบบ C สเตออร์แบบ D)

8. การหล่อลื่นโซ่ขับและสเตออร์ จะมี 4 วิธี ได้แก่อะไร

ตอบ (1. การหล่อลื่นด้วยมือ 2. การหล่อลื่นแบบน้ำมันหยด
3. การหล่อลื่นแบบอาบน้ำมัน 4. การหล่อลื่นแบบความดัน)

9. คุณลักษณะของโซ่ขับ ได้แก่อะไร

ตอบ (จะคล้ายกับสายพานขับ แต่โซ่ขับจะไม่มีกลิ้งไถล)

10. สเตอรัปจะใช้สเตอรัปแบบใด
ตอบ (สเตอรัปแบบ B)
11. สเตอรัปตามจะใช้สเตอรัปแบบใด
ตอบ (สเตอรัปแบบC)
12. สารหล่อลื่นที่เป็นสารสังเคราะห์ ได้แก่อะไร
ตอบ (โพลีเททราฟลูออโรเอทิลีน)
13. การหล่อลื่นโซ่ที่ป้องกันการสึกหรอมากที่สุดได้แก่วิธีใด
ตอบ (การหล่อลื่นแบบแรงดัน)
14. โซ่ที่ใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่หรือบิ๊กไบค์จะเป็นเบอร์อะไร
ตอบ (โซ่เบอร์ 520)
15. โซ่ชนิดใดที่สามารถส่งกำลังงานสูง ๆ
ตอบ (โซ่หลายแถว)
16. การตรวจสอบสภาพการทำงาน ได้แก่อะไรบ้าง
ตอบ (ตรวจสอบการติดตั้งของโซ่ ความตึงของโซ่ การหล่อลื่น เสียงผิดปกติ)
17. การตรวจสอบประจำวัน ได้แก่อะไรบ้าง
ตอบ (การสัมผัสเพื่อกำหนดเสียงดังผิดปกติ โซ่และสเตอรัปจะต้องขบกันอย่างราบเรียบ ความตึงของโซ่เหมาะสมหรือไม่)
18. การตรวจสอบหลังการติดตั้ง 3 เดือน ได้แก่อะไรบ้าง
ตอบ (ตรวจสอบการปรับตั้ง ระบบหล่อลื่น)
19. การตรวจสอบประจำปี ได้แก่อะไรบ้าง
ตอบ (ตรวจสอบการยึดตัวของโซ่ แนวเพลลาและสเตอรัป สภาพของสารหล่อลื่น)
20. เส้นผ่านศูนย์กลางพิตช์ (D_p) คือระยะใด
ตอบ (คือเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่างยอดฟันกับโคนฟันของสเตอรัป)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. จากรูป สเตอร์ขับเคลื่อนมี 10 ฟัน และสเตอร์ตามมี 25 ฟัน จงหาอัตราส่วนความเร็วและอัตราส่วนแรงบิดของเฟืองชุดนี้



วิธีทำ โจทย์กำหนด $T_1 = 10$ ฟัน , $T_2 = 25$ ฟัน

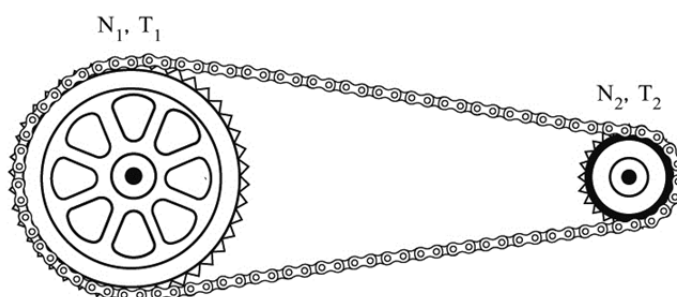
$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนความเร็ว} &= \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}} \\ &= \frac{10}{25} \\ &= 0.4 : 1\end{aligned}$$

ตอบ

$$\begin{aligned}\text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{\text{จำนวนของฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนของฟันเฟืองขับ}} \\ \therefore \text{อัตราส่วนแรงบิด} &= \frac{25}{10} \\ &= 2.5 : 1\end{aligned}$$

ตอบ

2. จากรูป สเตอร์ขับเคลื่อนมี 42 ฟัน และสเตอร์ตามมี 24 ฟัน จงหาอัตราส่วนความเร็วของโซ่ขับเคลื่อนชุดนี้



วิธีทำ จากสมการที่ (4.22)

$$VR = \frac{T_1}{T_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{42}{24}$$

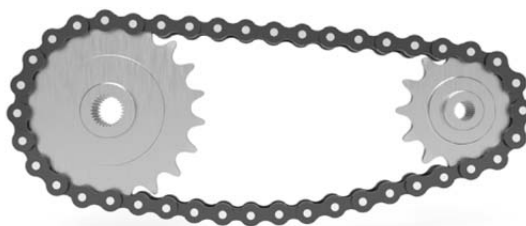
$$VR = 1.75 : 1$$

ตอบ

ถ้าสเตอร์ขับหมุน 1 รอบ สเตอร์ตามจะหมุน 1.75 รอบ

ถ้าสเตอร์ขับหมุน 100 รอบ สเตอร์ตามจะหมุน $\frac{1.75 \times 100}{1} = 175$ รอบ

3. จากรูป สเตอร์ขับมี 21 ฟัน หมุนด้วยความเร็ว 1,500 rpm และสเตอร์ตามมี 13 ฟัน จงหาความเร็วของสเตอร์ตาม



วิธีทำ $N_1 = 1,500 \text{ rpm}$, $T_1 = 21 \text{ ฟัน}$, $T_2 = 13 \text{ ฟัน}$

จากสมการที่ (4.22) $\frac{N_2}{N_1} = \frac{T_1}{T_2}$

แทนค่า $\frac{N_2}{1,500 \text{ rpm}} = \frac{21}{13}$

$$N_2 = \frac{1,500 \text{ rpm} (21)}{13}$$

$$N_2 = 2,423.08 \text{ rpm}$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 5 ข้อต่อส่งกำลัง

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ข้อต่อส่งกำลังจะให้เพลาคเลื่อนที่อย่างไร

ตอบ (ข้อต่อส่งกำลังจะให้เพลาท้ง 2 เพลาคเลื่อนที่สัมผัสกันคือเพลาท้ง 2 เพลาคจะหมุนที่ความเร็วรอบเดียวกัน)

2. คัปปลิงจะให้เพลาคเลื่อนที่อย่างไร

ตอบ (คัปปลิงจะให้เพลาท้ง 2 เพลาคเลื่อนที่ไม่สัมผัสกันคือเพลาท้ง 2 เพลาคจะหมุนที่ความเร็วรอบเกือบเท่ากันโดยยอมให้เพลาคมีการเยื้องมุมหรือระยะรุนที่ปลายเพลาคหรือท้ง 2 กรณีรวมกัน)

3. ข้อต่อแข็งแบบใดที่เหมาะสมสำหรับงานหนัก

ตอบ (ข้อต่อหน้าแปลน)

4. ข้อต่อแบบใดที่สามารถส่งกำลังของเพลาคที่ไม่ได้อยู่ในระนาบเดียวกัน

ตอบ (ข้อต่ออ่อน)

5. ข้อต่อแข็งแบบใดที่ยอมให้เพลาคเยื้องศูนย์และการเยื้องแนวขนานได้เล็กน้อย

ตอบ (ข้อต่อบูชและสลัก)

6. การใช้ข้อต่ออ่อนเพื่อให้ความเร็วรอบด้านอินพุตและด้านเอาต์พุตเท่ากันจะท้าอย่างไร

ตอบ (ใช้ข้อต่ออ่อน 2 ตัวต่อที่หัวท้ายของเพลาค)

7. หน้าทีของคัปปลิง ได้แก่อะไร

ตอบ (1. การส่งกำลังและแรงบิด 2. ยอมให้มีการเยื้องศูนย์ 3. มีระยะรุนที่ปลายเพลาค)

8. คัปปลิงโอล์ดแฮมเหมาะสำหรับงานลักษณะใด

ตอบ (การส่งถ่ายแรงบิดระหว่างเพลาค 2 เพลาคที่ขนานกันแต่ไม่ได้อยู่ในระนาบเดียวกัน)

9. คัปปลิงดิสก์ มี 2 แบบ ได้แก่แบบใด

ตอบ (คัปปลิงดิสก์เดี่ยวและคัปปลิงดิสก์คู่)

10. คัปปลิงคิสก์แบบใดใช้งานการเยื้องศูนย์แนวนานไม่ได้
ตอบ (คัปปลิงคิสก์เดี่ยว)
11. คัปปลิงโซ่จะมี 2 แบบ ได้แก่แบบใด
ตอบ (แบบเปลือย และแบบมีเรือนหุ้ม)
12. คัปปลิงแบบใดที่สวมแน่นพอดีไม่มีระยะคลอน
ตอบ (คัปปลิงยาง)
13. คัปปลิงแบบใดที่ต้องมีการหล่อลื่นด้วยจาระบีและต้องมีฝาครอบ
ตอบ (คัปปลิงตะแกรง)
14. ศูนย์เพลลาหมายถึงอะไร
ตอบ (การที่เพลลาทั้ง 2 หมุนรอบจุดศูนย์กลางเดียวกันและเส้นตรงเดียวกัน)
15. การเยื้องศูนย์เพลลาจะมี 3 แบบ ได้แก่อะไร
ตอบ (การเยื้องศูนย์แนวนาน การเยื้องศูนย์เชิงมุม และการเยื้องศูนย์แนวนานและการเยื้องศูนย์เชิงมุมรวมกัน)
16. วิธีการวัดการเยื้องศูนย์เพลลาจะมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่อะไร
ตอบ (การใช้บรรทัดวัดเส้นตรง การใช้ไดอัลเกจ และการใช้แสงเลเซอร์)
17. การตั้งศูนย์เพลลาจะยึดหลักอย่างไร
ตอบ (กำหนดให้ปั๊มถูกยึดอยู่กับที่เพื่อให้แกนจุดศูนย์กลางการหมุนของเพลลาปั๊มเป็นเส้นอ้างอิงและปรับฐานของมอเตอร์เพื่อการตั้งศูนย์เพลลา)

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 6 เพลา

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เพลาทำหน้าที่อะไร

ตอบ (ทำหน้าที่ส่งกำลังงานหรือรับกำลังงานจากเครื่องจักรหนึ่งไปยังชิ้นส่วนอื่น ๆ ของเครื่องจักร โดยการหมุน)

2. จงบอกลักษณะของเพลา แกน แกนหมุน

ตอบ (1. เพลา คือชิ้นส่วนทางกลที่ใช้ส่งกำลังหรือแรงบิดหรือการเคลื่อนที่หมุน

2. แกน คือชิ้นส่วนทางกลที่มีรูปร่างคล้ายกับเพลาแต่จะไม่หมุนและไม่ได้รับแรงบิดเหมือนกับเพลา

3. แกนหมุน คือเพลาหมุนที่มีความยาวสั้นกว่าเพลามาก ๆ ใช้ส่งต่อการเคลื่อนที่หมุนให้กับอุปกรณ์ต่าง ๆ)

3. เพลามี 2 ชนิด ได้แก่อะไร

ตอบ (1. เพลาส่งกำลัง 2. เพลาเครื่องจักร)

4. เพลาส่งกำลังได้แก่อะไร

ตอบ (เพลาต่อจากมอเตอร์หรือเครื่องจักรและเพลาทันหมดในโรงงาน)

5. เพลาเครื่องจักรได้แก่อะไร

ตอบ (เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์)

6. แรงบิดของเพลาทำให้เกิดความเค้นอะไร

ตอบ (1. ความเค้นเฉือน 2. ความเค้นดัด 3. ความเค้นเนื่องจากแรงบิดและแรงดัดรวมกัน)

7. สูตรแรงบิด ได้แก่อะไร

ตอบ ($T = F \times R$)

8. สูตรกำลังงาน ได้แก่อะไร

ตอบ ($P = \frac{2\pi TN}{60}$)

9. ทิศทางของแรงบิดด้านขับและแรงบิดด้านภาระของเพลาส่งกำลังขณะเริ่มต้นบิดเป็นอย่างไร

ตอบ (จะมีทิศทางตรงกันข้าม)

10. วัสดุที่ใช้ทำเพลลาโดยทั่วไปจะใช้โลหะชนิดใด

ตอบ (เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) หรือเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel))

11. การติดตั้งพูลเลย์หรือสเตอร์ควรติดตั้งในตำแหน่งใดของตัวเรือน

ตอบ (ติดตั้งอยู่ภายนอกตัวเรือนเพื่อความสะดวกในการติดตั้งสายพานหรือโซ่)

12. ลิ้มทำหน้าที่อะไร

ตอบ (เชื่อมต่ออุปกรณ์เครื่องจักรที่มีการหมุนกับเพลลา โดยลิ้มจะช่วยให้การหมุนระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองส่วนนี้มีความสัมพันธ์กัน และช่วยให้สามารถส่งถ่ายแรงบิดได้)

13. ลิ้มที่นิยมใช้กับเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมได้แก่ชนิดใด

ตอบ (ลิ้มสี่เหลี่ยมจัตุรัส)

14. ลิ้มสี่เหลี่ยมที่มีหัวสำหรับถอดหรือประกอบเรียกว่าอะไร

ตอบ (ลิ้มจุก)

15. ลิ้มที่ใช้ส่งแรงบิดต่ำในเครื่องจักรกลได้แก่ชนิดใด

ตอบ (ลิ้มวงเดือน)

16. ลิ้มที่ใช้กับงานหนักได้แก่ชนิดใด

ตอบ (ลิ้มแบบ Kennedy)

17. ถ้าต้องการส่งกำลังงานด้วยแรงบิดสูง ๆ และในบริเวณที่มีเนื้อที่จำกัดในแนวรัศมีควรใช้ลิ้มชนิดใด

ตอบ (แบบร่องฟัน)

18. ร่องลิ้มมี 2 ชนิดได้แก่อะไร

ตอบ (ร่องลิ้มแบบโพรไฟล์และร่องลิ้มแบบสเตชันนารี)

19. แหวนล็อกจะแบ่งออกเป็น 2 แบบได้แก่แบบใด

ตอบ (แหวนล็อกในและแหวนล็อกนอก)

20. ชิ้นส่วนทางกลชนิดใดที่ใช้จัดตำแหน่งของชิ้นงาน 2 ชิ้นส่วนให้อยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ

ตอบ (สลักนำ)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. มอเตอร์ตัวหนึ่งส่งกำลังด้วยแรงบิด $1,600 \text{ N}\cdot\text{m}$ ไปยังเครื่องจักรผ่านเพลาดันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm และยาว 0.6 m เพลาทำจากเหล็กกล้าที่มีค่า Modulus of Rigidity (G) = 80 GN/m^2
จงหาค่าความเค้นเฉือนสูงสุด

วิธีทำ $T = 1,600 \text{ N}\cdot\text{m}, \quad r = d/2 = 50 \text{ mm}/2 = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m}$

$$L = 0.6 \text{ m}, \quad G = 80 \text{ GN/m}^2, \quad J = \frac{\pi D^4}{32} = \frac{\pi(0.05)^4}{32}$$

จากสมการ (1.2) $\tau = \frac{Tr}{J}$

แทนค่า

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{(1,600 \text{ N}\cdot\text{m})(0.025 \text{ m})}{\frac{\pi(0.05)^4}{32}} \\ &= \frac{(1,600 \text{ N}\cdot\text{m})(0.025 \text{ m})(32)}{3.14(0.05)^4} \\ &= \frac{1,280 \text{ N}}{1.9625 \times 10^{-5} \text{ m}^2} \\ &= 65,222,929 \text{ N/m}^2 \\ \tau &= 65.22 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

ตอบ

2. มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 25 kW ส่งกำลังงานผ่านเพลาดันด้วยความเร็ว $2,800 \text{ rpm}$ โดยให้มีความเค้นเฉือนสูงสุดห้ามเกิน 90 MN/m^2 จงหาขนาดของเพลาดัน

วิธีทำ $P = 25 \text{ kW} = 25,000 \text{ W}, \quad N = 2,800 \text{ rpm}, \quad \tau_{\max} = 90 \text{ MN/m}^2$

จากสมการ (1.8) $P = 0.105TN$

$$\therefore T = \frac{P}{0.105N}$$

แทนค่า

$$T = \frac{25,000 \text{ W}}{(0.105)(2,800 \text{ rpm})}$$

$$T = 85.03 \text{ N}\cdot\text{m}$$

จากสมการ (1.4) $D = 1.72 \left(\frac{T_{\max}}{\tau_{\max}} \right)^{1/3}$

แทนค่า $D = 1.72 \left(\frac{85.03 \text{ N}\cdot\text{m}}{90 \times 10^6 \text{ N/m}^2} \right)^{1/3}$

$$D = 0.01687 \text{ m}$$

$$D = 16.87 \text{ mm}$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 7 ตลับลูกปืน

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. แรงหรือภาระกระทำกับตลับลูกปืนได้ 2 ทิศทาง ได้แก่ทิศทางใด

ตอบ (แรงแนวรัศมีและแรงแนวแกน)

2. แรงแนวรัศมีมีทิศทางอย่างไร

ตอบ (เป็นแรงที่กระทำเป็นมุมตั้งฉากกับเพลลาหรือแกนหมุนของตลับลูกปืน)

3. แรงแนวแกนมีลักษณะอย่างไร

ตอบ (เป็นแรงที่กระทำขนานกับแกนของเพลลาหรือการหมุนทำให้เกิดการรูดขึ้นได้)

4. ตลับลูกปืนชนิดใดที่นิยมใช้งานมากที่สุด

ตอบ (ตลับลูกปืนกลมร่องลึก)

5. ตลับลูกปืนกลมร่องลึกบรรจุอะไหล่มาจากโรงงานผลิตเหมาะสำหรับงานชนิดใด

ตอบ (เหมาะสำหรับงานด้านไฟฟ้าและที่สัมผัสกับน้ำหรือความชื้น)

6. ตลับลูกปืนกลมรับแรงเชิงมุมสามารถรับแรงแนวแกนได้

ตอบ (รับแรงแนวแกนได้ในทิศทางเดียวพร้อมกับแรงแนวรัศมี)

7. ตลับลูกปืนกลมรับแรงเชิงมุมเมื่อใช้งานรับแรงแนวแกนได้ 2 ทิศทาง จะติดตั้ง 2 แบบได้แก่แบบใด

ตอบ (แบบหันหน้าเข้าหากัน และแบบหันหลังชนกัน)

8. ตลับลูกปืนกลมรับแรงเชิงมุมชนิดใดที่สามารถรับแรงแนวแกนได้ 2 ทิศทางในตัวเดียว

ตอบ (ตลับลูกปืนกลมรับแรงเชิงมุม 4 จุด)

9. เพื่อให้แกนเพลลาอยู่ในแนวเดียวกันได้เองโดยอัตโนมัติจะใช้ตลับลูกปืนชนิดใด

ตอบ (ตลับลูกปืนกลมปรับแนวแกนได้เอง)

10. ตลับลูกปืนชนิดใดที่รับแรงในแนวรัศมีได้ดีที่สุด
ตอบ (ตลับลูกปืนกระบอกกลม)
11. ตลับลูกปืนทรงกระบอกเรียวสามารถรับแรงในแนวใด
ตอบ (รับแรงในแนวรัศมีและรับแรงในแนวแกนได้ทิศทางเดียว)
12. ตลับลูกปืนกระบอกกันรุนชนิดใดรับแรงกันรุนได้สูงที่สุด
ตอบ (ตลับลูกปืนกระบอกโค้งกันรุน)
13. ตลับลูกปืนทรงกระบอกเรียวรับแรงแนวแกนได้ 2 ทิศทางจะติดตั้ง 2 แบบ ได้แก่แบบใด
ตอบ (แบบหันหน้าออกด้านนอก และแบบหันหน้าเข้าด้านใน)
14. ตลับลูกปืนตุ๊กตามี 3 แบบ ได้แก่อะไร
ตอบ (1. ตลับลูกปืนตุ๊กตาแบบแท่น
2. ตลับลูกปืนตุ๊กตาแบบหน้าแปลน
3. ตลับลูกปืนตุ๊กตาแบบขันเกลียวให้แน่น)
15. ตลับลูกปืนตุ๊กตาแบบใดที่สามารถปรับตั้งหาจุดศูนย์กลางของเพลลาได้
ตอบ (ตลับลูกปืนตุ๊กตาแบบขันเกลียวให้แน่น)
16. การจัดเก็บตลับลูกปืนจะต้องจัดวางอย่างไร
ตอบ (จะต้องจัดวางในแนวนอนเท่านั้น)
17. ถ้าต้องการขยายตลับลูกปืนให้โตขึ้นในการติดตั้งตลับลูกปืนจะใช้เครื่องมือชนิดใด
ตอบ (เครื่องทำความร้อนแบบเหนี่ยวนำไฟฟ้า)
18. ถ้าถอดตลับลูกปืนออกจากบรรจุภัณฑ์จะเกิดอะไรขึ้น
ตอบ (ตลับลูกปืนจะสัมผัสกับความชื้นในอากาศจะทำให้เกิดสนิมจนเสียหายได้)
19. ซีลแบบสำเร็จรูปที่มีการปรับตั้งตำแหน่งการทำงานของหน้าซีลไว้ล่วงหน้าได้แก่ชนิดใด
ตอบ (คาร์ทริดจ์ซีล)

20. ซีลน้ำมันจะมี 2 ชนิด ได้แก่อะไร
ตอบ (ซีลน้ำมันโครงโลหะ และซีลน้ำมันโครงยาง)
21. ซีลชนิดใดที่ไม่สัมผัสกับส่วนใดส่วนหนึ่งของเพลลา
ตอบ (ลาบิรินทร์ซีล)
22. วิธีใดเป็นการซ่อมเพลลาโดยไม่ต้องถอดเพลลาออกไปทำการพอกและกลึง
ตอบ (ใช้ปลอกซ่อมเพลลา)
23. ตลับลูกปืนชนิดใดที่สามารถปรับแนวได้เองและกันรุนพร้อมกัน
ตอบ (ตลับลูกปืนคาร์บ)
24. อักษร ZZ ในเบอร์ตลับลูกปืนหมายถึงอะไร
ตอบ (ฝาปิดโลหะ 2 ด้านอัดจาระบีพร้อม)
25. เบอร์ตลับลูกปืน 6202ZZC2 หมายเลข 6 หมายถึงอะไร
ตอบ (ตลับลูกปืนกลมร่องลึกแถวเดียว)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. ตลับลูกปืนเบอร์ 204 มีค่า $C = 3 \text{ kN}$ ใช้ในเครื่องจักรอุตสาหกรรมในโรงงานแห่งหนึ่ง ที่ความเร็วรอบ 1,500 rpm ตลับลูกปืนรับแรงแนวรัศมี 1,000 N และแรงที่กระทำมีค่า $K_a = 1.5$ สมมติให้ตลับลูกปืนมีอายุความเชื่อมั่น 90%

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้

$$C = 3 \text{ kN} = 3,000 \text{ N}$$

ตลับลูกปืนมีอายุความเชื่อมั่น 90%, $K_r = 1$ และ $L_R = 90 \times 10^6$ รอบ

$$F_r = F_e = 1,000 \text{ N}$$

$$K_a = 1.5$$

จากสูตร

$$L = K_r L_R \left(\frac{C}{K_a F_e} \right)^{10/3}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} L &= 1(90 \times 10^6) \left(\frac{3,000}{(1.5)(1,000)} \right)^{10/3} \\ &= (90 \times 10^6)(2)^{10/3} \\ &= (90 \times 10^6)(10.08) \\ &= 907,200,000 \text{ รอบ} \\ &= \frac{907,200,000 \text{ rev}}{1,500 \text{ rev/min} \times 60 \text{ min/hr}} \end{aligned}$$

∴ ตลับลูกปืนมีอายุ

$$L = 10,080 \text{ ชั่วโมง}$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 8 สปริง

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. วัสดุธรรมชาติที่ใช้ทำสปริงได้แก่อะไร

ตอบ (ไม้คันทนที่อยู่ในรูปของสปริง)

2. ประโยชน์ของสปริงได้แก่อะไร

ตอบ (บังคับการสั่นสะเทือน ตัวเก็บสะสมพลังงาน วัดแรง)

3. สปริงชนิดแบบรับแรงกดมีลักษณะอย่างไร

ตอบ (ตัวขดลวดจะชิดกัน)

4. สปริงชนิดแบบรับแรงดึงมีลักษณะอย่างไร

ตอบ (ตัวขดลวดจะห่างกัน)

5. สปริงที่สามารถรับน้ำหนักมาก ๆ ได้แก่อะไร

ตอบ (แหนบสปริง)

6. สปริงขดรับแรงดึงและสปริงขดรับแรงกด จะรับแรงกระทำในแนวใด

ตอบ (รับแรงกระทำในแนวแกน)

7. สปริงรับแรงบิดจะรับแรงกระทำในแนวใด

ตอบ (รับแรงกระทำในแนวรัศมี)

8. คุณลักษณะของสปริงขดสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่อะไร

ตอบ (สปริงแบบอัตราคงที่ สปริงแบบแปรผัน และสปริงแบบแรงคงที่)

9. ข้อดีของสปริงอัตราแปรผันแบบก้ำวหน้า ได้แก่อะไร

ตอบ (สปริงจะมีความนิ่มนวลเมื่อรับแรงกระทำน้อยและมีความแข็งแรงเพียงพอเมื่อมีการบรรทุกทุกสภาวะ)

10. ข้อดีของสปริงแปรผัน 2 อัตรา ได้แก่อะไร

ตอบ (สปริงส่วนที่มีขดชิดกันจะรับน้ำหนักให้การขยับมีความนุ่มนวล สปริงส่วนที่มีขดห่างกันจะสามารถรองรับน้ำหนักบรรทุก)

11. สปริงทดแรงถ่านในมอเตอร์เป็นสปริงชนิดใด

ตอบ (สปริงแรงคงที่)

12. สูตรการหาค่าแรงของสปริง ได้แก่อะไร

ตอบ ($F_s = -k \cdot x$)

13. สปริงปลายปิดจะมีลักษณะอย่างไร

ตอบ (ด้านปลายปิดจะบิดให้ตรงตั้งฉากกับแกนของขดสปริง)

14. สปริง 2 ตัวต่ออนุกรมกัน ค่าคงที่รวมของสปริงได้แก่สมการใด

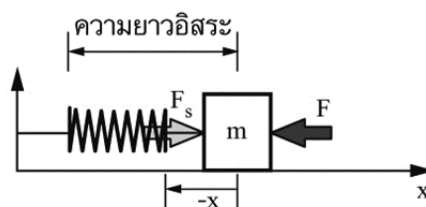
ตอบ ($k = k_1 + k_2$)

15. สปริงสองตัวต่อขนานกัน ค่าคงที่รวมของสปริงได้แก่สมการใด

ตอบ $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. สปริงตัวหนึ่งมีค่าคงที่ 19 N/mm ถูกกดให้หดตัวไป 15 mm จงหาขนาดของแรงสปริง



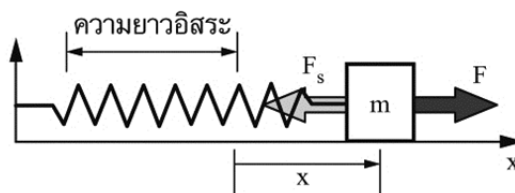
วิธีทำ จากสมการที่ (8.3) $F_s = -k \cdot x$

แทนค่า $F_s = -(19 \text{ N/mm})(-15 \text{ mm})$

$F_s = 285 \text{ N}$

ตอบ

2. สปริงตัวหนึ่งมีค่าคงที่ 29 N/mm ถูกดึงให้ยืดตัวออก 22 mm จงหาขนาดของแรงสปริง



วิธีทำ จากสมการที่ (8.3)

$$F_s = -k \cdot x$$

แทนค่า

$$F_s = -(29 \text{ N/mm})(22 \text{ mm})$$

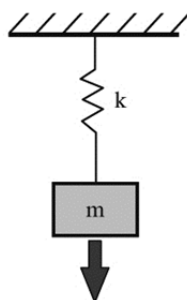
$$F_s = -638 \text{ N}$$

ตอบ

3. สปริงตัวหนึ่งแขวนวัตถุที่มีน้ำหนัก 6 kg แล้วยืดออก 145 mm จงหา

(ก) ค่าคงที่ของสปริง

(ข) สปริงจะยืดออกกี่มิลลิเมตร ถ้าเปลี่ยนเป็นห้อยวัตถุที่มีน้ำหนัก 3.5 kg



วิธีทำ $F = 6 \text{ kg}$, $x = 145 \text{ mm} = 145 \text{ mm}(1 \text{ m}/1,000 \text{ mm}) = 0.145 \text{ m}$

(ก) ค่าคงที่ของสปริง

จากสมการที่ (8.1) $F = k \cdot x$

$$k = \frac{F}{x}$$

แทนค่า

$$k = \frac{6\text{kg}(9.81\text{m/s}^2)}{0.145\text{m}}$$

$$k = 405.93 \text{ N/m}$$

ตอบ

(ข) สปริงจะยืดออก $x = \frac{F}{k}$

แทนค่า $x = \frac{3.5\text{kg}(9.81\text{m/s}^2)}{405.93\text{N/m}}$

$$x = 0.08458 \text{ m}$$

$$x = 0.08458 \text{ m}(1,000 \text{ mm/m})$$

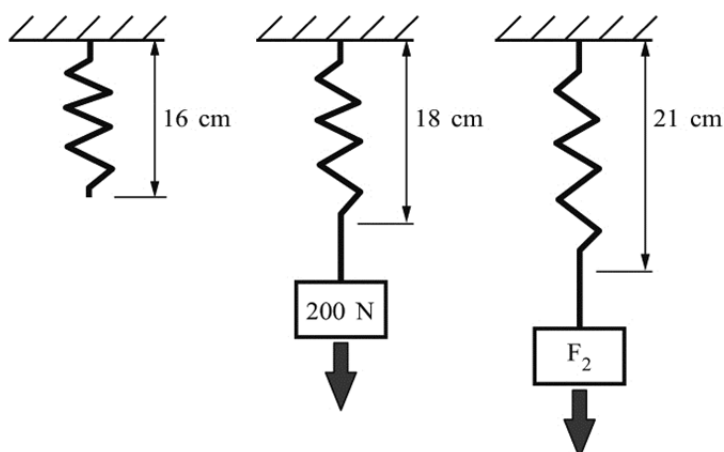
$$x = 84.58 \text{ mm}$$

ตอบ

4. สปริงตัวหนึ่งขณะที่ยังไม่มีแรงกระทำมีความยาว 16 cm เมื่อมีน้ำหนักไปแขวนไว้ 200 N สปริงจะยืดออก 18 cm จงหา

(ก) ค่าคงที่ของสปริง

(ข) น้ำหนักที่ไปแขวนสปริงแล้วยืดออก 21 cm



วิธีทำ

$$x_1 = 16 \text{ cm}, \quad x_2 = 18 \text{ cm}, \quad x_3 = 21 \text{ cm}$$

$$F_0 = 0, \quad F_1 = 200 \text{ N}, \quad F_2 = ?$$

(ก) ค่าคงที่ของสปริง

จากสมการที่ (8.1) $\Delta F = k \Delta x$

$$(F_1 - F_0) = k(x_2 - x_1)$$

แทนค่า $(200 \text{ N} - 0) = k(18 \text{ cm} - 16 \text{ cm})$

$$k = \frac{200\text{N}}{2 \text{ cm}}$$

$$k = 100 \text{ N/cm}$$

ตอบ

(จ) น้ำหนักที่ไปแขวนสปริงแล้วยืดออก 21 cm

$$\text{จากสมการที่ (8.1) } \Delta F = k \Delta x$$

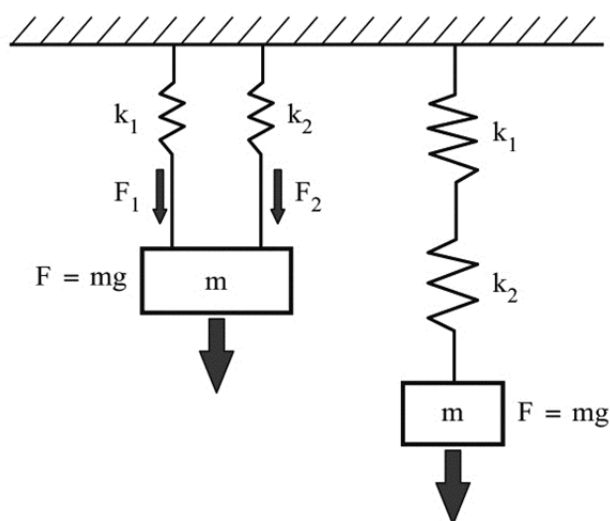
$$(F_2 - F_0) = k(x_2 - x_1)$$

$$\text{แทนค่า} \quad (F_2 - 0) = 100 \text{ N/cm} (21 \text{ cm} - 16 \text{ cm})$$

$$F_2 = 500 \text{ N}$$

ตอบ

5. สปริงสองตัว มีค่าคงที่ 30 N/mm จงหาค่าคงที่รวมของสปริง เมื่อสปริงทั้งสองต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน



วิธีทำ สปริงต่ออนุกรมกัน

$$\text{จากสมการที่ (8.8)} \quad k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

$$\text{แทนค่า} \quad k = \frac{30 \text{ N/mm} \times 30 \text{ N/mm}}{(30 + 30) \text{ N/mm}}$$

$$k = \frac{900 (\text{N/mm})^2}{60 \text{ N/mm}}$$

$$k = 15 \text{ N/mm}$$

ตอบ

สปริงต่อขนานกัน

$$k = k_1 + k_2$$

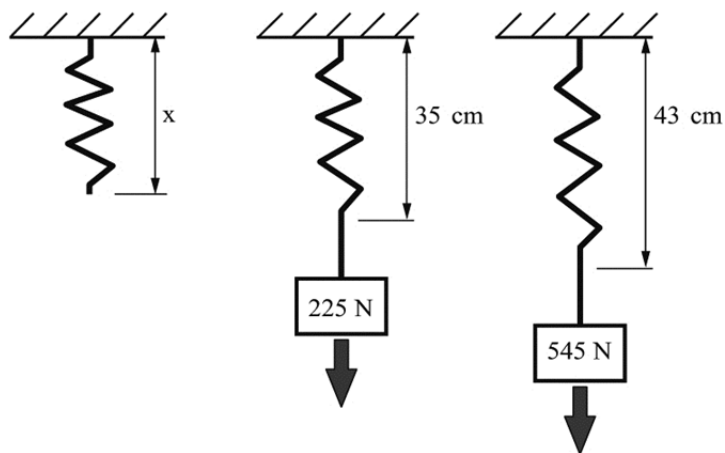
$$k = 30 \text{ N/mm} + 30 \text{ N/mm}$$

$$k = 60 \text{ N/mm}$$

ตอบ

6. สปริงตัวหนึ่งเมื่อน้ำหนักไปแขวนไว้ 225 N สปริงจะยืดออก 35 cm และเมื่อเพิ่มน้ำหนักเป็น 545 N สปริงจะยืดออก 43 cm จงหา

(ก) ค่าคงที่ของสปริง (ข) ความยาวอิสระของสปริง



วิธีทำ

$$\begin{array}{lll} x_0 = ?, & x_1 = 35 \text{ cm}, & x_2 = 43 \text{ cm} \\ F_0 = 0, & F_1 = 225 \text{ N}, & F_2 = 545 \text{ N} \end{array}$$

(ก) ค่าคงที่ของสปริง

จากสมการที่ (8.1) $\Delta F = k \Delta x$

$$(F_2 - F_1) = k(x_2 - x_1)$$

แทนค่า $(545 \text{ N} - 225 \text{ N}) = k(43 \text{ cm} - 35 \text{ cm})$

$$k = \frac{320 \text{ N}}{8 \text{ cm}}$$

$$k = 40 \text{ N/cm}$$

ตอบ

(ข) ความยาวอิสระของสปริง

จากสมการที่ (8.1) $\Delta F = k \Delta x$

$$(F_1 - F_0) = k(x_1 - x_0)$$

แทนค่า $(225 \text{ N} - 0) = 40 \text{ N/cm} (35 \text{ cm} - x)$

$$225 \text{ N} = 1,400 \text{ N} - 40x$$

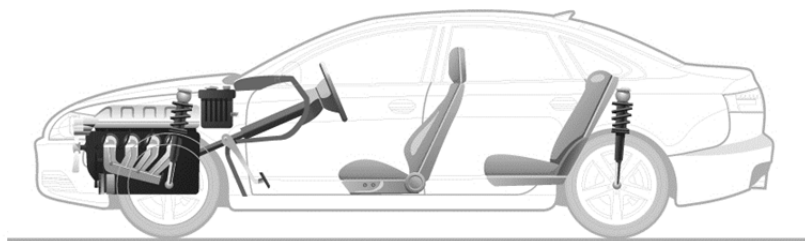
$$40x = 1,400 \text{ N} - 225 \text{ N}$$

$$x = \frac{1,175 \text{ N}}{40 \text{ N/cm}}$$

$$x = 29.375 \text{ cm}$$

ตอบ

7. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,200 กิโลกรัม และมีโช้กอัพสี่ตัว แต่ละตัวใช้สปริงยาว 0.5 เมตร สปริงจะต้องแข็งแรงเท่าไร สมมติว่าโช้กอัพแต่ละตัวต้องรองรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 300 กิโลกรัม



วิธีทำ โช้กอัพแต่ละตัวต้องรองรับน้ำหนักได้ไม่ต่ำกว่า 300 กิโลกรัม

$$\therefore F = mg$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} F &= (300 \text{ kg})(9.81 \text{ m/s}^2) \\ &= 2,943 \text{ N} \\ F &\approx 2,950 \text{ N} \end{aligned}$$

สปริงในโช้กอัพอย่างน้อยต้องรับแรงกด 2,943 N ที่มีระยะยุบตัวสูงสุด 0.5 m

จากสมการที่ (8.3)

$$\begin{aligned} F &= k \cdot x \\ k &= \frac{F}{x} \end{aligned}$$

แทนค่า

$$\begin{aligned} k &= \frac{2,950 \text{ N}}{0.5 \text{ m}} \\ k &= 5,900 \text{ N/m} \end{aligned}$$

สปริงที่ใช้ในโช้กอัพคันนี้จะต้องมีค่าคงที่ของสปริงอย่างน้อย 5,900 N/m แต่ในความเป็นจริง เราจะต้องเพิ่มค่าเป็นสองเท่าเพื่อให้สามารถรับการกระแทกกับหลุมบ่อได้จริง ๆ

$$\therefore k \approx 11,800 \text{ N/m}$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 9 คลัตช์

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. คลัตช์ทำหน้าที่อะไร

ตอบ (ตัดต่อการส่งกำลังงานที่ถ่ายทอดมาจากเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรต้นกำลังไปสู่ระบบส่งกำลัง)

2. คลัตช์อัตโนมัติในระบบส่งกำลังเรียกว่าอะไร

ตอบ (ทอร์ค คอนเวอร์เตอร์ (Torque Converter))

3. คลัตช์มีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ อะไร

ตอบ (ส่วนจับ ส่วนตาม และส่วนที่ทำให้เกิดการ ทำงาน)

4. แผ่นผ้าคลัตช์ทำจากอะไรบ้าง

ตอบ (ฝ้ายทกโยหินทกโยหินหล่อแผ่นโยหินหล่อแผ่นผงโลหะและแผ่นเซอร์เมต)

5. อุปกรณ์ที่ทำให้ชุดคลัตช์ทำงานมี 2 ระบบ ได้แก่ อะไร

ตอบ (ระบบกลไก และระบบไฮดรอลิกส์)

6. คลัตช์กรวยใช้ทำงานกับระบบส่งกำลังในรถยนต์ประเภทใด

ตอบ (รถแข่ง รถแข่งแรลลี่ และรถยนต์ออฟ-โรด (off-road))

7. แรงกดของคลัตช์หาจากสูตรใด

$$\text{ตอบ } (F = \frac{\pi p}{4} (D^2 - d^2))$$

8. แรงบิดของคลัตช์หาจากสูตรใด

$$\text{ตอบ } (T = \frac{F f}{3} \left[\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right])$$

9. ข้อดีของคลัตช์กรวยคืออะไร

ตอบ (ส่งถ่ายแรงบิดได้สูงกว่าคลัตช์แบบแผ่นเมื่อมีขนาดเดียวกัน)

10. แรงกดและแรงบิดที่คลัตช์สามารถส่งกำลังงานได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยใด
 ตอบ (แรงกดในแนวแกนเพลา เพื่อกดแผ่นกดคลัตช์ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน จำนวนผิวสัมผัสของแผ่นคลัตช์และรัศมีเฉลี่ยสุทธิ)
11. ฟลูอิด คัปปลิงจะมีส่วนประกอบ 3 ส่วน ได้แก่อะไร
 ตอบ (ตัวเรือนชุดขับและชุดตามและน้ำมันไฮดรอลิกส์)
12. ชุดคลัตช์จะถูกกดส่งกำลังงานได้ด้วยอุปกรณ์อะไร
 ตอบ (แผ่นสปริงกดคลัตช์)
13. ข้อต่อจำกัดแรงบิดมีหน้าที่อะไร
 ตอบ (ทำให้เกิดการลื่นไถล เมื่อมีภาระถึงค่าที่ตั้งไว้เป็นการตัดการส่งกำลัง)
14. อุปกรณ์ที่ไปกดแผ่นสปริงกดคลัตช์ได้แก่อะไร
 ตอบ (ลูกปืนกดคลัตช์)
15. โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ที่ใช้กับมอเตอร์สตาร์ทรถยนต์ได้แก่อะไร
 ตอบ (คลัตช์แบบลูกกลิ้ง)
16. คลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ได้แก่อะไร
 ตอบ (ขดลวดสนาม โรเตอร์ แผ่นกดคลัตช์)
17. คลัตช์แม่เหล็กไฟฟ้าในรถยนต์ใช้เป็นอุปกรณ์ใด
 ตอบ (อุปกรณ์ตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศรถยนต์)
18. โอเวอร์รันนิ่งคลัตช์ที่ใช้กับเครื่องกว้าน(Winch) ได้แก่อะไร
 ตอบ (คลัตช์ล้อเฟือง)
19. ฟลูอิด คัปปลิงในระบบส่งกำลังรถยนต์เรียกว่าอะไร
 ตอบ (ทอร์ค คอนเวอร์เตอร์)

20. ชิ้นส่วนในแผ่นคลัตช์ที่ช่วยลดการสั่นในขณะต่อส่งกำลังงานและเพื่อให้การส่งกำลังเป็นไปอย่างนุ่มนวล ได้แก่อะไร

ตอบ (สปริงหน่วงการสั่น (Damping Springs))

21. โอเวอร์รันนิงคลัตช์ที่ใช้ในลิฟต์ให้ปลอดภัย ได้แก่อะไร

ตอบ (ตลับลูกปืนคลัตช์ทางเดียว)

22. โอเวอร์รันนิงคลัตช์ที่ใช้ส่งกำลังในรถจักรยานยนต์ ได้แก่อะไร

ตอบ (คลัตช์แรงเหวี่ยง)

23. ตลับลูกปืนคลัตช์ทางเดียวมีการประยุกต์ใช้งานได้ 3 แบบ ได้แก่อะไร

ตอบ (1. โอเวอร์รันนิงคลัตช์ 2. คลัตช์ป้องกันการหมุนย้อนกลับ 3. คลัตช์ดัชนี)

24. โอเวอร์รันนิงคลัตช์ที่ใช้กับเครื่องเล่นในสวนสนุก ได้แก่อะไร

ตอบ (ตลับลูกปืนคลัตช์ทางเดียว)

25. ลูกปืนในตลับลูกปืนคลัตช์ทางเดียวจะมีลักษณะอย่างไร

ตอบ (ลูกกลิ้งที่มีลักษณะเป็นรูปทรง 8 เหลี่ยมแบบไม่สมมาตร)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีคำนวณ

1. คลัตช์เปียกแบบหลายแผ่นถูกออกแบบมาสำหรับส่งแรงบิด $80 \text{ N}\cdot\text{m}$ เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเนื้อที่ที่จะนำไปติดตั้ง เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของแผ่นคลัตช์จะต้องไม่เกิน 90 mm กำหนดวัสดุเคียวทานให้เป็น molds และ steel disks มี $f = 0.08$ (ขณะเปียก) และ $P = 1,200 \text{ kPa}$ จงหา

(ก) ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

(ข) จำนวนแผ่นคลัตช์

(ค) แรงกด

วิธีทำ $d_o = 90 \text{ mm}, \quad r_o = 45 \text{ mm}, \quad P = 1,200 \text{ kPa}$

$f = 0.08, \quad T = 80 \text{ N}\cdot\text{m}$

(ก) จากสมการที่ (9.5) $r_i = 0.58 r_o$

แทนค่า $r_i = 0.58(45)$

$r_i = 26.1 \text{ mm}$

ตอบ

(ข) จากสมการที่ (9.3) $T = \pi f P r_i (r_o^2 - r_i^2) n$

แทนค่า $80 = \pi(0.08)(1,200 \times 10^3 \text{ Pa})(0.0261)(0.045^2 - 0.0261^2 \text{ m})n$

$$\frac{80 \text{ N} \cdot \text{m}}{10.57 \text{ Pa m}} = n$$

$$n = \frac{80 \text{ N} \cdot \text{m}}{10.57 \text{ Pa m}} \frac{\text{Pa}}{\text{N/m}^2}$$

$$n = 7.57$$

n คือฟลักซ์ต้องเป็นคู่ ดังนั้นใช้ $n = 8$

จากสมการที่ (9.6) จำนวนแผ่นคลัตช์ $= \frac{n}{2} + \left(\frac{n}{2} + 1\right)$

แทนค่า จำนวนแผ่นคลัตช์ $= \frac{8}{2} + \left(\frac{8}{2} + 1\right) = 9$

ตอบ

(ค) จากสมการที่ (9.4) $T = F f \frac{r_o - r_i}{2} n$

$$F = \frac{2 T}{f(r_o - r_i) n}$$

$$F = \frac{2(80)}{0.08(0.045 - 0.0261) 9}$$

$$F = 11,678 \text{ N} = 11.68 \text{ kN}$$

ตอบ

2. คลัตช์กรวยอันหนึ่ง มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.5 มีมุมเอียง 20° แรงกดของสปริง 300 N มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 280 mm เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 180 mm จงหาแรงบิดที่คลัตช์กรวยสามารถถ่ายทอดได้

วิธีทำ $f = 0.5, \alpha = 20^\circ, F = 300 \text{ N},$

$$r_o = 140 \text{ mm} = 0.14 \text{ m} \quad r_i = 90 \text{ mm} = 0.09 \text{ m}$$

จากสมการที่ (9.4) $T = \frac{F f (r_o + r_i)}{2 \sin \alpha}$

แทนค่า $T = \frac{300(0.5)(0.140 + 0.09)}{2 \sin (20^\circ)}$

$$T = 50.44 \text{ N} \cdot \text{m}$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 10 รางเลื่อน

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. รอกเลื่อนจะมี 3 รูปแบบได้แก่อะไร

ตอบ (แบบตัววีกลับหัว แบบเรียบ แบบหางเหยี่ยว)

2. รางเลื่อนแบบตลับลูกปืนจะมีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วน ได้แก่อะไร

ตอบ (1. รางเลื่อน 2. ถังตลับลูกปืน 3. ฝาครอบป้องกันฝุ่น)

3. รางเลื่อนแบบรางด้านข้างสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท ได้แก่อะไร

ตอบ (1. รางเลื่อนตลับลูกปืนกลม (Linear Bearing with Balls)

2. รางเลื่อนตลับลูกกลิ้ง (Linear Bearing with Rollers))

4. ชิ้นส่วนประกอบที่เคลื่อนที่จะติดตั้งกับส่วนใดของรางเลื่อน

ตอบ (ติดตั้งกับถังราง)

5. รางเลื่อนแบบรางด้านข้างแบบใดแข็งแรงที่สุด

ตอบ (รางเลื่อนตลับลูกกลิ้ง)

6. บอลสกรูจะมีองค์ประกอบ 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่อะไร

ตอบ (เพลาสกรูและนอตลูกปืน)

7. ร่องลูกปืนที่พบมากที่สุดของบอลสกรูจะเป็นแบบใด

ตอบ (ร่องลูกปืนแบบโกรริค)

8. เส้นผ่านศูนย์กลางพิชช์ของลูกปืนจะวัดจากไหนถึงไหน

ตอบ (วัดจากจุดศูนย์กลางของลูกปืนด้านหนึ่งไปยังจุดศูนย์กลางของลูกปืนอีกด้านหนึ่งของเพลาสกรู)

9. ระยะนำคือระยะจากไหนถึงไหน

ตอบ (คือระยะจากยอดเกลียวหนึ่งถึงอีกยอดเกลียวหนึ่ง)

10. ระบายแบบใดที่เคลื่อนที่ได้ไกล

ตอบ (ระบายแบบสามสตาร์ท)

11. ระบบหมุนกลับของนอตลูกปืนจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่อะไร

ตอบ (แบบลูกปืนหมุนกลับภายนอก และแบบลูกปืนหมุนกลับภายใน)

12. ระบบหมุนกลับของนอตลูกปืนแบบใดที่นอตลูกปืนมีขนาดใหญ่และประกอบง่าย

ตอบ (แบบลูกปืนหมุนกลับภายนอก)

13. การหล่อลื่นบอลสกรูไม่ควรใช้สารหล่อลื่นชนิดใด

ตอบ (สารหล่อลื่นแข็งชนิดแกรไฟต์)

14. การหล่อลื่นบอลสกรูจะนิยมใช้สารหล่อลื่นชนิดใด

ตอบ (จาระบี)

15. บอลสกรูแบบใดที่เหมาะสมสำหรับการทำงานที่ความเร็วสูง

ตอบ (แบบลูกปืนหมุนกลับที่ปลาย)

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีการคำนวณ

1. บอลสกรูตัวหนึ่ง มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร และระบาย 5 มิลลิเมตรรับภาระในแนวแกนเฉลี่ย 100 N ที่ความเร็วรอบเฉลี่ย 1,000 rpm กำหนดให้ใช้ตัวประกอบภาระ 1.2 จงหาอายุของบอลสกรูถ้าอัตราแรงกระทำกับบอลสกรูขณะกำลังหมุน 2,000 N

วิธีทำ $C_a = 2,000 \text{ N}$, $F_a = 50 \text{ N}$, $d = 15 \text{ mm}$, $l = 5 \text{ mm}$

$N = 1,000 \text{ rpm}$, $f = 1.2$,

$$\text{จากสมการที่ (9.1)} \quad L_{10} = \left(\frac{C_a}{f F_a} \right)^3 \times 10^6$$

$$\text{แทนค่า} \quad L_{10} = \left(\frac{2,000 \text{ N}}{1.2 \times 100 \text{ N}} \right)^3 \times 10^6$$

$$L_{10} = 4,629.63 \times 10^6 \text{ rev}$$

ตอบ

จากสมการที่ (9.2)

$$L_h = \left(\frac{10^6}{60 \times N} \right) \left(\frac{C_a}{f F_a} \right)^3$$

แทนค่า

$$L_h = \left(\frac{10^6}{60 \times 1,000 \text{ rpm}} \right) \left(\frac{2,000 \text{ N}}{1.2 \times 100 \text{ N}} \right)^3$$

$$L_h = 16.67 \times 4,629.63$$

$$L_h = 77,176 \text{ hr}$$

ตอบ

จากสมการที่ (9.4)

$$L_d = \left(\frac{\ell}{10^6} \right) \times L_{10}$$

แทนค่า

$$L_d = \left(\frac{5 \text{ mm}}{10^6} \right) \times 4,629.63 \times 10^6$$

$$L_d = 23,148.15 \text{ km}$$

ตอบ

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 11 โมดูลส่งพลังงาน

จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ถึงส่งพลังงานจะมีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนได้แก่อะไร
 ตอบ (ส่วนที่ 1 ได้แก่ ถึงส่วนบนและรางเกลียวภายในถึง ส่วนที่ 2 ได้แก่ ชุดกำเนิดแรงดันที่อยู่ด้านล่างของถึงส่งพลังงาน)
2. ถึงส่งพลังงานจะมี 4 แบบได้แก่อะไร
 ตอบ (1. ถึงทรงกระบอก 2. ถึงทรงกรวย 3. ถึงแบบขั้น 4. ถึงโพลิอะไมด์)
3. ถึงส่งพลังงานจะทำงานแบบสั้นโดยอาศัยอะไร
 ตอบ (ด้วยการสั้นซึ่งสร้างขึ้นจากการสั้นทางแม่เหล็กไฟฟ้าแล้วถูกแปลงเป็นการสั้นทางกล)
4. ถึงส่งพลังงานจะเคลื่อนไหวในแนวตั้งด้วยอุปกรณ์ชนิดใด
 ตอบ (สปริงเหิน)
5. ข้อดีของการใช้ถึงส่งพลังงานได้แก่อะไร
 ตอบ (ชิ้นส่วนที่ไม่อยู่ในตำแหน่งกลับไปยังถึงส่งพลังงาน และถูกการสั้นกลับขึ้นไปบนรางใหม่)
6. วัสดุทำสายพานของโมดูลส่งพลังงานทำจากอะไร
 ตอบ (ผ้า ยาง แผ่นโลหะ หรือตาข่ายพลาสติก)
7. โมดูลส่งพลังงานแบบลูกกลิ้งจะมีลูกกลิ้ง 2 แบบได้แก่อะไร
 ตอบ (แบบลูกกลิ้งหมุนอิสระหรือแบบควบคุมลูกกลิ้งด้วยไฟฟ้า)
8. โมดูลส่งพลังงานแบบใดใช้ส่งพลังงานที่มีน้ำหนักมากเป็นหลัก
 ตอบ (โมดูลส่งพลังงานแบบโซ่)
9. โมดูลลำเลียงสไปรัลจะมีมุมเอียงกี่องศา
 ตอบ (จะมีมุมเอียงประมาณ 11 องศาหรือน้อยกว่า)

10. โมดูลส่งชิ้นงานแบบสกรูเมื่อมีมุมเอียงเพิ่มขึ้นจะเกิดอะไรขึ้น

ตอบ (อัตราการส่งชิ้นงานจะลดลง)

11. โมดูลลำเลียงสไปรัลและโมดูลลิฟท์ลำเลียงชิ้นงานเหมาะสำหรับการลำเลียงในลักษณะใด

ตอบ (เหมาะสำหรับการลำเลียงส่งผลิตภัณฑ์ที่บรรจุหีบห่อขึ้นที่สูงในโรงงานที่มีพื้นที่การใช้งานจำกัด)

12. ข้อเสียของโมดูลลำเลียงชิ้นงานแบบลูกกลิ้งได้แก่อะไร

ตอบ (ชิ้นงานจะต้องมีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมเพื่อจะได้ไม่ตกเข้าไปอยู่ในร่องระหว่าง
การหมุนของลูกกลิ้ง)