Shafts and Shaft Components

Part 1 : Shaft layout

2103320 Des Mach Elem
Mech. Eng. Department
Chulalongkorn University

Introduction

เพลา (Shaft) คือชิ้นส่วนหมุน โดยปกติจะมีหน้าตัดรูปวงกลม ใช้ส่งกำลังหรือการเคลื่อนที่

แกน (Axle) คือชิ้นส่วนที่ไม่หมุน และไม่รับแรงบิด ใช้สำหรับรองรับชิ้นส่วนที่หมุน

สิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบเพลา

1. วัสดุทำเพลา
2. ลักษณะรูปร่าง และการประกอบกับชิ้นส่วนอื่นๆ
3. Stress and strength
   - Static strength
   - Fatigue strength
4. Deflection and rigidity
   - Bending deflection
   - Torsional deflection
   - Slope at bearing and shaft-supported elements
   - Shear deflection due to transverse loading of short shaft
5. Vibration due to natural frequency

Shaft Materials

การออกแบบในเบื้องต้นมักเลือกใช้ low or medium carbon steel ก่อนเนื่องจากมีราคาถูก ส่วนใหญ่จะใช้เหล็กผ่านการรีดเย็น (Cold drawn steel) ทำเพลาจนถึงขนาดประมาณ 3 นิ้ว
ตัวอย่างเหล็กในกลุ่มนี้ ได้แก่ **ANSI/AISI 1020-1050** (JIS S20C-S50C)

หากต้องการความแข็งแรงมากขึ้น หรือต้องการลดขนาดเพลา อาจเลือกใช้ Alloy steels
ตัวอย่างเหล็กในกลุ่มนี้ ได้แก่ **ANSI/AISI 1340-50, 3140-50, 4140, 4340, 5140, 8650**

โดยปกติไม่จำเป็นจะต้องชุบแข็งเพลา เว้นแต่เพลาถูกออกแบบให้เป็น journal ซึ่งสัมผัสกับ bearing ที่รองรับเพลา
ตัวอย่างเหล็กที่ใช้ชุบแข็ง ได้แก่ **carburizing grades of ANSI/AISI 1020, 4320, 4820, 8620**

สามารถเทียบ Material grade ของ Standard ต่าง ๆ เช่น AISI, JIS, DINได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทางอินเตอร์เน็ต

Axial Layout of Components

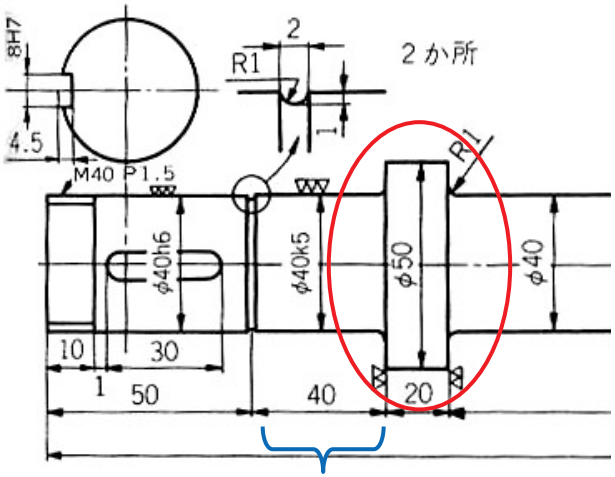
ข้อคิดในการจัดวางส่วนประกอบบนเพลาในแนวแกน

1. เพลาจะต้องได้รับการรองรับโดย Bearing (โดยปกติจะใช้ 2 ตัว และอาจมากกว่าถ้าเพลายาว)
2. การประกอบชิ้นส่วนอื่นที่ปลายเพลา ควรประกอบให้อยู่ใกล้แบริ่ง เพื่อลด deflection ของเพลาในส่วนนั้น
3. สำหรับชิ้นส่วนที่ไม่ได้อยู่ปลายเพลาก็ควรประกอบใกล้แบริ่งเช่นกัน เพื่อลด bending moment และ deflection
4. หากเป็นไปได้ ไม่ควรออกแบบเพลาให้ยาวมาก เพลายาวจะทำให้มี bending moment และ deflection มาก
5. การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ บนเพลา ต้องคำนึงถึงการเว้นช่องว่าง เพื่อการหล่อลื่น หรือเพื่อการถอดประกอบด้วย
6. การควบคุมตำแหน่งส่วนต่างๆ บนเพลา ทำโดยใช้ บ่าเพลา (shoulder), nut & washer, sleeves และอาจใช้ retaining ring หรือ set screw กรณีที่ภาระน้อยๆ

Shoulder & Sleeves

การทำบ่า (Shoulder)

การทำให้เพลามีลักษณะเป็นขั้น เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เท่ากัน เพื่อให้สะดวกต่อการประกอบ

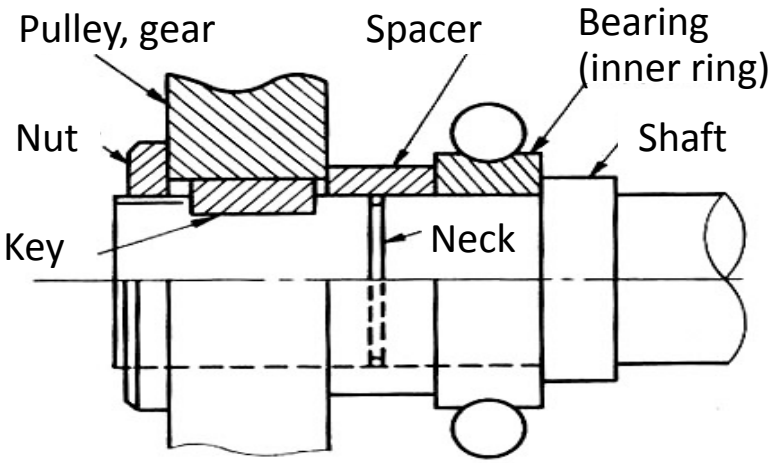


- ต้องการใส่แบริ่ง (เฟือง พูลเล่ย์)
- ความเผื่อใช้ประมาณ k5 (Transition fit)
- ต้องใช้การทุบอัดเข้าไป

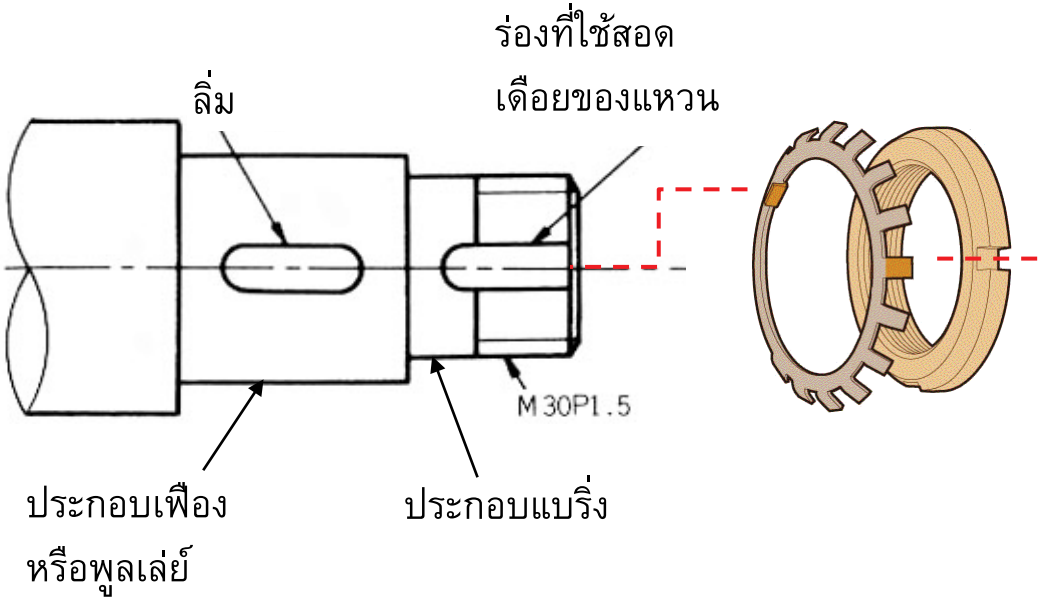
ถ้าไม่ทำบ่าจะประกอบลำบาก ไม่สามารถทุบอัดให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการพอดีได้

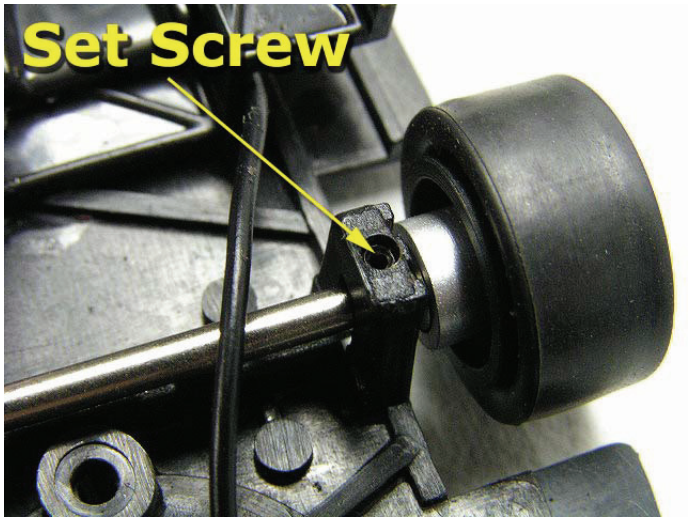
Sleeves/ Spacer

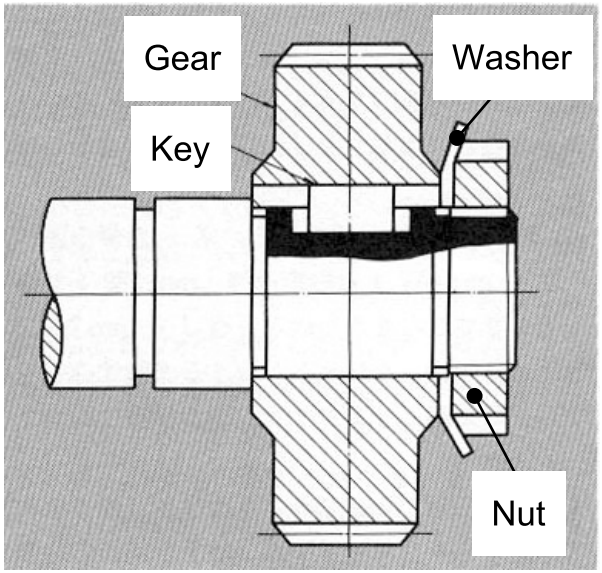
ต้องการประกอบแบริ่ง กับพูลเล่ย์ หรือ เฟือง โดยไม่ต้องการลดขนาดเพลา

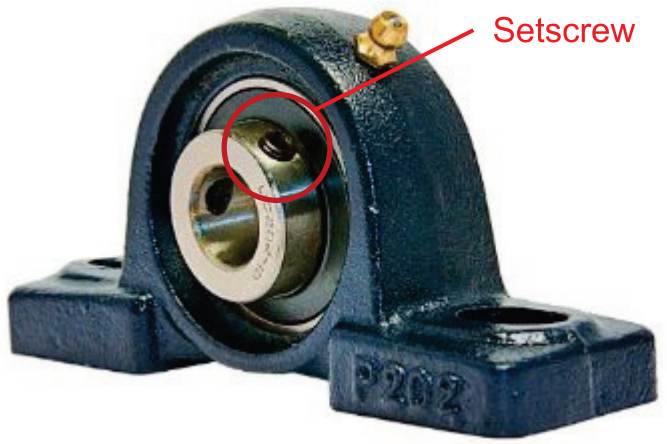


Nut-Washer & Setscrew





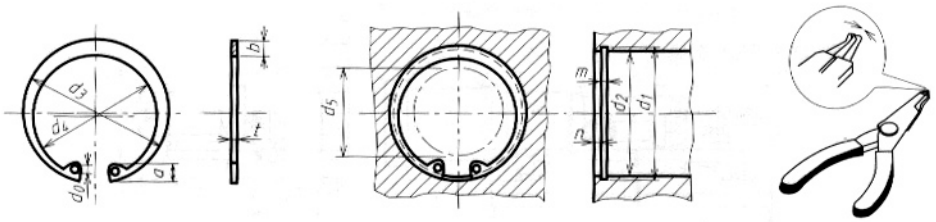




Retaining ring

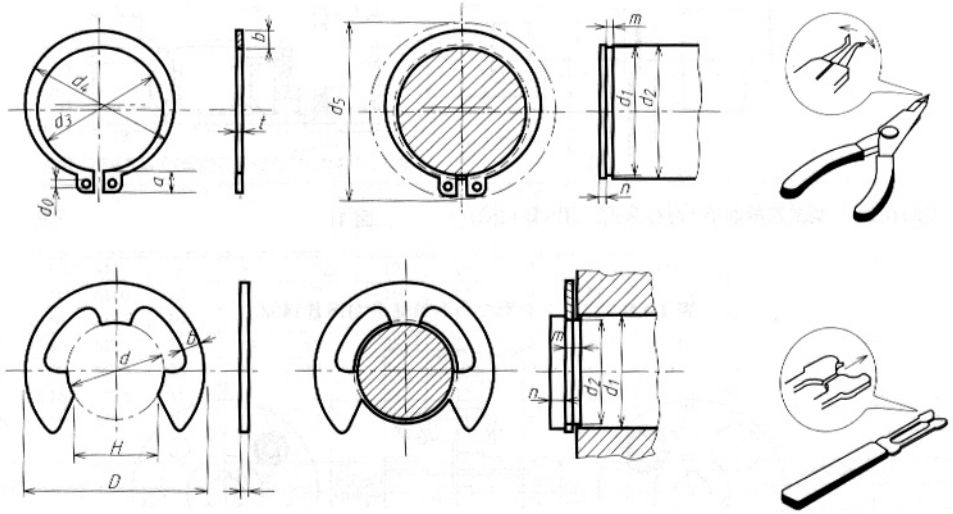
ใช้กับรูเพลา

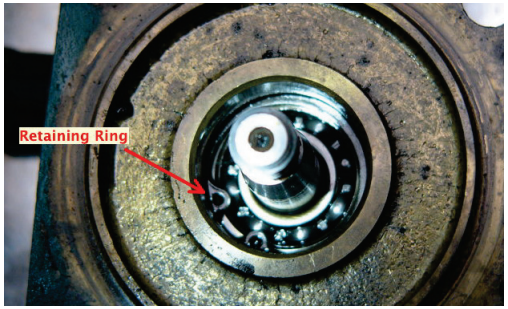
Internal ring



ใช้กับเพลา

External ring

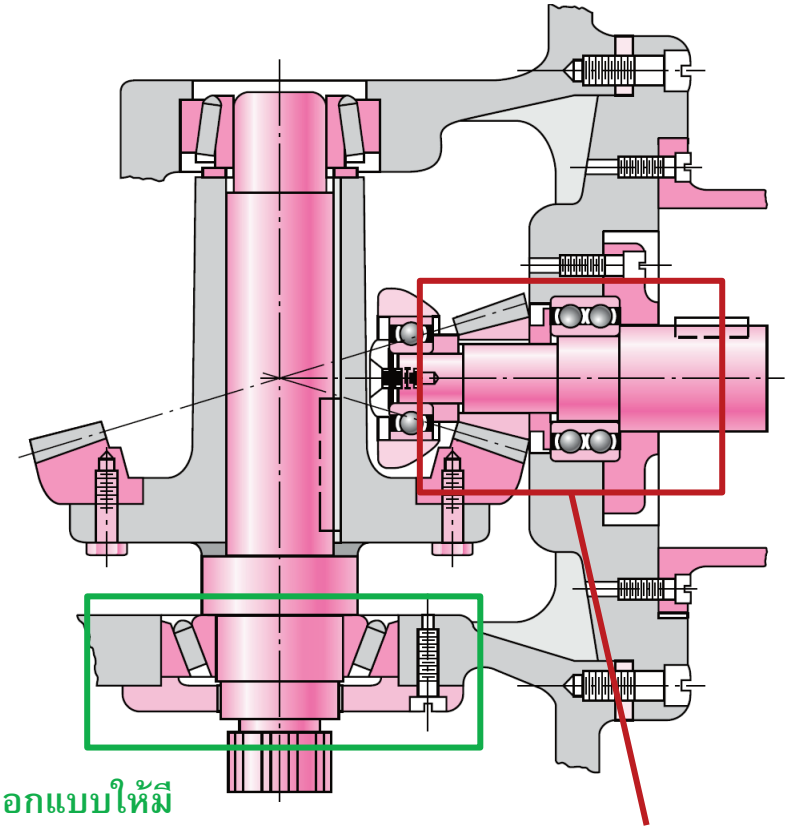




Retaining ring ใช้กำหนดตำแหน่งในแนวแกน ไม่สามารถรับภาระในแนวแกนที่มากๆ ได้

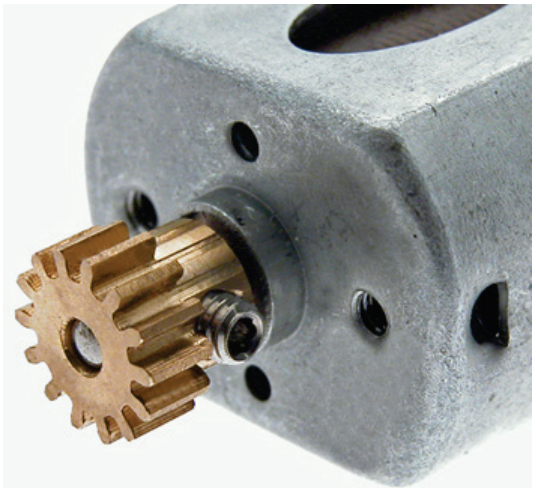
Supporting Axial Loads

1. หากมีภาระในแนวแกน เช่น จาก Helical gear หรือ Bevel gear แรงจะถูกถ่ายไปสู่เพลา bearing และ housing ตามลำดับ
2. ภาระในแนวแกนเพลาสามารถรับได้โดยการออกแบบให้มีบ่าเพลา หรือมีโครงสร้างอื่นที่ช่วยรับภาระ
3. Retaining ring ใช้ในกรณีที่ภาระมีค่าน้อยเท่านั้น



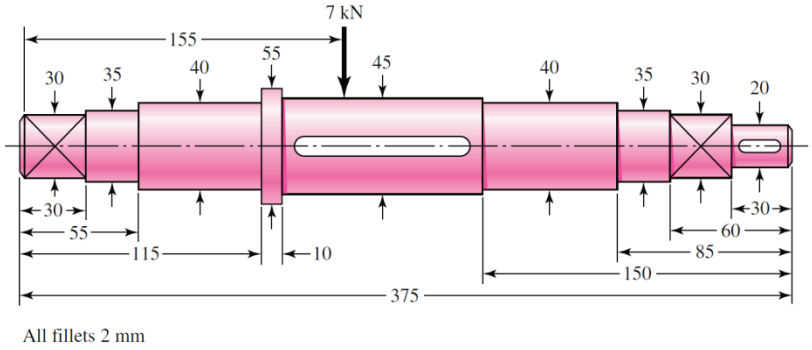
Providing for Torque Transmission

1. วิธีที่จะส่งแรงบิดระหว่างอุปกรณ์ที่ติดบนเพลากับเพลา สามารถทำได้โดยวิธีต่างๆ เช่น ใช้ key, splines, setsrews, pin, press or shrink fits
2. Setscrews หรือการ press or shrink fits ใช้ในกรณีแรงบิดน้อยๆ เท่านั้น
3. ชิ้นส่วนส่งแรงบิดให้ key, pin มักถูกออกแบบให้เสียหายก่อน เมื่อแรงบิดมีค่ามากกว่าที่ออกแบบไว้ ทำให้ชิ้นส่วนอื่นๆ ไม่เกิดความเสียหาย

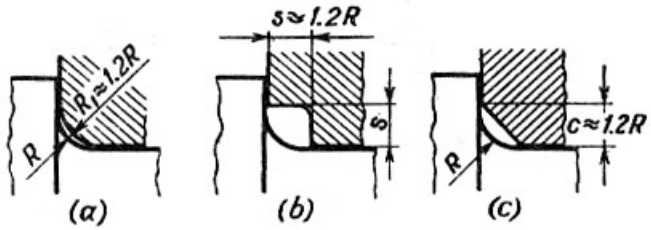


Assembly and Disassembly

1. การทำบ่าเพลาทำให้การประกอบสะดวกขึ้น ทำให้รูปร่างเพลาจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางมากสุดที่ตรงกลาง และเรียวลงไปทางปลายทั้งสองด้าน
2. การประกอบทำโดยใส่ชิ้นส่วนต่างๆ เข้าจากปลายเพลาทั้งสองด้าน
3. การทำ fillet นอกจากเพื่อลด stress concentration แล้วยังต้องคำนึงถึงการประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ให้แนบสนิทกับบ่าเพลาด้วย
4. อาจใช้การเซาะร่องตรงบ่าเพลาเพื่อให้การประกอบกับชิ้นส่วนอื่นๆ ประกอบได้สนิท

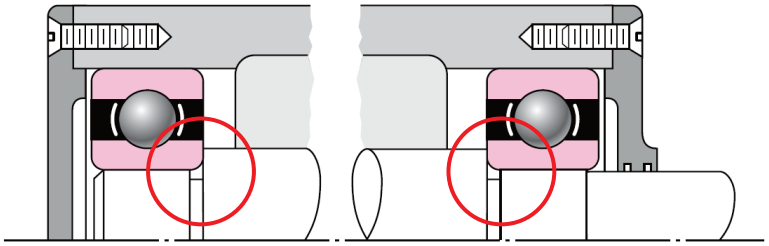


All fillets 2 mm



$R_{hub} > R_{fillet}$ จะประกอบกันได้สนิท

$R_{hub} < R_{fillet}$ จะประกอบกันไม่พอดี



Reducing stress concentration

รูปร่างบริเวณบ่าเพลาอาจถูกดัดแปลงเพื่อลด Stress concentration ดังนี้

1. Large radius under cut
2. Large radius relief groove into the back of the shoulder

สร้าง dead zone เพื่อไม่ให้มี stress concentration

3. Large radius relief groove into the small diameter

วิธีนี้อาจทำให้เพลาอ่อนแอลงเนื่องจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลดลง แต่ก็นิยมทำเพราะสะดวกในการประกอบ