บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

2.1 แนวคิดเบื้องต้นของระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

ระบบการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้น อาศัยหลักการเปลี่ยนแรงเสียดทานเป็นพลังงานความร้อนในการเชื่อมชิ้นงานให้ติดกันโดยพลังงานความร้อนที่ชิ้นงานทั้งสองได้รับนั้นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว ได้แก่ แรงบิด ความเร็วรอบ ระยะเวลาในการให้แรงในแนวแกน ค่าแรงในแนวแกนในแต่ละช่วงของการเชื่อม เป็นต้น ซึ่งพลังงานความร้อนกับตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.1

$$P = 2\pi nT \tag{2.1}$$

โดยที่

P คือกำลังความร้อนที่เกิดขึ้นในกระบวนการเชื่อม (Watt)

n คือความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ขับเพลาในการเชื่อม (rpm)

T คือค่าแรงบิดที่เกิดขึ้นจากการเอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดขึ้น (N.m)

2.2 การคำนวณแรงในกระบอกสูบ

เนื่องจากในการออกแบบเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานนี้ จะต้องใช้กระบอกไฮดรอลิกส์ในการสร้างแรงอัดชิ้นงานเชื่อมโดยแรงที่ได้จากกระบอกสูบสามารถหาได้แรงที่ได้
จากสมการที่ 2.2

$$F = \frac{P}{A} \tag{2.2}$$

เมื่อ P คือความดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์ (N/m^2, psi)

A คือพื้นที่หน้าคัดของลูกสูบ (m^2, in^2)

2.3 ระบบไฮดรอลิกส์ [1]

ส่วนประกอบของชุดต้นกำลังไฮดรอลิกส์มีดังนี้

1. ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์ (Hydraulics pump)
2. ข้อต่อเพลา (Coupling)
3. มอเตอร์ไฟฟ้า(Electric motor)
4. ถังเก็บน้ำมันหรือแท้งก์ (Tank)
5. วาล์วระบายความดันน้ำมันหรือวาล์วนิรภัย (Safety valve)
6. กรองน้ำมัน (Filter)
7. ท่อและข้อต่อต่างๆ
8. วาล์วเปิด-ปิดน้ำมัน (Shut – off valve)
9. กระบอกไฮดรอลิกส์
10. เกจวัดแรงดัน

2.3.1 ปั๊มน้ำมันไฮดรอลิกส์ (Hydraulics pump)

ปั๊มที่นิยมใช้ในระบบไฮดรอลิกส์เป็นประเภทดูด – อัด ซึ่งมีหลายแบบตามโครงสร้างและหลักการทำงาน ดังนั้นจึงเลือกปั๊มแบบเฟือง (Gear pump) ขนาดความดันใช้งานไม่น้อยกว่า100 bar เพราะมีโครงสร้างภายในแบบง่าย และราคาถูกกว่าปั๊มชนิดอื่นที่กำลังม้าเท่ากัน ปั๊มนี้ยังสามารถทำงานที่ความดันสูง ๆ ได้ สามารถใช้กับงานหนัก และทำงานที่รอบสูง ๆได้

2.3.2 ข้อต่อเพลา (Coupling)

การหมุนปั๊มไฮดรอลิกส์ด้วยการขับตรง (Direct drive) การติดตั้งปั๊มให้ถูกหมุนขับโดยตรงด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ความเร็วรอบของมันจะต้องพอดีกับอัตราความเร็วของปั๊มและมีข้อควรระวังในการติดตั้งอย่างมากคือ แนวตรงกันของปั๊มกับมอเตอร์ไฟฟ้า การที่ติดตั้งได้ไม่ตรงแนวกันจะทำให้เกิดแรงด้านข้างทำให้แบริ่งสึกหรอหรืออายุการใช้งานสั้นลงเพื่อป้องกันความผิดพลาดเกี่ยวกับแนวการติดตั้งไม่ได้ศูนย์กัน จะติดตั้งโดยการใช้ข้อต่อแบบหน้าแปลนที่ยืดหยุ่นได้

2.3.3 มอเตอร์ไฟฟ้า(Electric motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับปั๊ม จึงจำเป็นจะต้องเลือกมอเตอร์ให้เหมาะกับความดันสูงสุดที่กระบอกสูบต้องการ เพื่อใช้ยกโหลดหรือหมุนขับโหลด และไม่สูงเกินกำลังม้าของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับปั๊ม

การหากำลังม้าของมอเตอร์ไฟฟ้า ที่จะใช้ขับปั๊มให้ได้อย่างรวดเร็วกระทำได้โดยวิธีประมาณค่าอย่างคร่าว ๆ จาก ที่อัตราการไหล 1 แกลลอนต่อนาที ความดัน 1500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ต้องใช้กำลังขับเคลื่อน 1 แรงม้า หรือสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3 ดังนี้

$$Power = \frac{Q \times P}{\eta_m \times \eta_p} \qquad (2.3)$$

เมื่อ $Power$ คือ กำลังงานที่ใช้ในการขับปั๊มในทางทฤษฎี (Nm/min, kW, and HP)

Q คือ ปริมาณการส่งจ่ายน้ำมันของปั้ม (l/ min)

P คือ ความดันของน้ำมันที่ใช้งาน (Kpa, bar/14.5 psi)

η_m คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้า มีค่า 80 เปอร์เซ็นต์

η_p คือ ประสิทธิภาพของปั๊ม แบ่งออกเป็น 2 อย่าง

ถ้าเป็นปั๊มใหม่มีค่า 80 เปอร์เซ็นต์

ถ้าเป็นปั๊มเก่ามีค่า 60 เปอร์เซ็นต์

2.3.4 ถังเก็บน้ำมันหรือแท็งก์ (Tank)

ถังเก็บน้ำมันทำมาจากแผ่นโลหะที่นำมาเชื่อมติดกัน ประสิทธิภาพของถังเก็บน้ำมันแต่ละถังจะต้องจ่ายน้ำมันให้เพียงพอกับการทำงานและระบายความร้อนได้ดี โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) หน้าที่ของถังเก็บน้ำมัน

1. เก็บสะสมและจ่ายน้ำมันให้เพียงพอกับความต้องการในระบบ

จำนวนน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน ต้องมีเพียงพอที่จะจ่ายให้กับระบบ เมื่อปั๊มจ่ายน้ำมันเข้าไปในระบบ ปริมาณของน้ำมันภายในถังจะลดลง และปริมาณของน้ำมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำมันจากระบบไหลกลับถัง มิฉะนั้นระดับน้ำมันภายในถังเก็บจะขึ้น ๆ ลง ๆ ตลอดเวลาที่ระบบไฮดรอลิกส์ทำงาน นอกจากนี้ปริมาณของน้ำมันไฮดรอลิกส์ ที่มีอยู่ในถังเก็บ จะต้องมีมากกว่าปริมาณน้ำมันที่จ่ายออกไปประมาณ 3 ถึง 5 เท่า

2. ระบายความร้อนของน้ำมันออกได้ในสภาวะการทำงานปกติ

ความร้อนที่เกิดขึ้นในน้ำมัน เกิดความเสียดทานของลูกสูบและก้านสูบกับกระบอกสูบ การสูญเสียจากความดันลดผ่านวาล์วและข้อต่อตลอดจนท่อต่างๆ พลังงานที่สูญเสียเหล่านี้จะกลับ

แปรสภาพเป็นความร้อนถ่ายเทให้กับน้ำมัน ทำให้น้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความร้อนจากน้ำมันในถังเก็บจะกระจายผ่านผนังของถังเก็บน้ำมันออกมา แล้วอากาศที่อยู่รอบ ๆ ถังเก็บน้ำมันจะพาความร้อนออกไป

3. แยกสิ่งสกปรก และสารมลทินต่าง ๆ ออกจากน้ำมัน

น้ำมันที่ไหลอยู่ในระบบไฮดรอลิกส์จะพัดพาเอาฝุ่น ผง และส่วนที่สึกหรอของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบออกมากับน้ำมัน เมื่อน้ำมันไหลกลับถัง ฝุ่นผงและสารมลทินต่าง ๆ เหล่านั้นมีน้ำหนักมากกว่าน้ำมันจึงตกตะกอนลงสู่ก้นถัง

(2) ส่วนประกอบของถังเก็บน้ำมัน

1. ท่อดูดน้ำมัน

เป็นท่อที่ต่อให้น้ำมันไหลผ่านไส้กรองส่งขึ้นไปยังท่อดูดของปั๊มควรอยู่ห่างจากก้นถังไม่เกิน 5 เซนติเมตร และปลายท่อให้อยู่ใต้ระดับน้ำมันตอนที่มีระดับต่ำสุดอย่างน้อย 1.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดูด

2. ท่อน้ำมันไหลกลับ

เป็นท่อที่ต่อให้น้ำมันจากระบบหลังจากใช้งานแล้วไหลกลับเข้าสู่ถังเก็บน้ำมัน ที่ปลายท่อควรบากไว้เป็นแนวเอียงทำมุมประมาณ 45 ° เพื่อป้องกันน้ำมันไหลกลับมาพุ่งชนก้นถังเก็บโดยตรง ด้านที่ตัดเอียงให้หันไปทางผนังด้านข้าง เพื่อให้น้ำมันไหลวนไปตามผนังด้านขางของถังเก็บน้ำมัน

3. ท่อระบายน้ำมัน

เป็นท่อที่ต่อเข้ากับรูระบายน้ำมันของวาล์วตาง ๆ วาล์วเหล่านี้ต้องมีรูระบายน้ำมันที่เป็นส่วนเกินไหลออกสู่ถังเก็บน้ำมันได้ มิฉะนั้นการทำงานของลิ้นภายในวาล์วจะทำงานไม่เต็มที่

4. ช่องระบายอากาศ

มีหน้าที่ถ่ายเทอากาศให้มีความดันภายในถังกับภายนอกถังเก็บน้ำมันเท่ากัน เพื่อให้หมุนเวียนของน้ำมันภายในถังเก็บหมุนเวียนได้สะดวก

5. แผ่นยึดอุปกรณ์ ติดตั้งอยู่บนฝาของถังเก็บน้ำมัน

เพื่อติดตั้งชุดส่งกำลังของระบบ มีไว้ เพื่อเสริมความแข็งแรง เมื่อติดอุปกรณ์ต่าง ๆ แล้วไม่ทำให้เกิดการยุบ

6. ช่องเติมน้ำมัน

ติดตั้งอยู่ด้านบน ในช่องเติมควรมีตะแกรงทีมีขนาดรูไม่ต่ำกว่า 30 ไมครอน ไว้กรองสิ่งสกปรก และมีเนื้อที่ใหญ่เพียงพอสำหรับการเติมน้ำมันได้อย่างสะดวก

7. เกจวัดระดับน้ำมัน

ติดอยู่ใกล้กับช่องเติมน้ำมัน เพื่อเอาไว้ดูปริมาณของน้ำมันขณะเติมน้ำมัน

8. ไส้กรองน้ำมัน

ไส้กรองน้ำมันเป็นอุปกรณ์ทีสำคัญชิ้นหนึ่งของระบบซึ่งไฮดรอลิกส์ที่จะขาดเสียมิได้ โดยจะมีหน้าที่แยกฝุ่นผง และเศษโลหะทีเกิดจากการสึกหรอของอุปกรณ์ที่ปะปนมากับน้ำมันออกไป เพื่อให้ได้น้ำมันที่สะอาด

9. รูถ่ายน้ำมัน

รูถ่ายน้ำมันจะติดตั้งอยู่ที่จุดต่ำสุดของก้นถัง มีไว้เพื่อถอดเปิดเปลี่ยนน้ำมัน

2.3.5วาล์วระบายความดันน้ำมันหรือวาล์วนิรภัย (Safety valve)

วาล์วระบายความดันน้ำมันหรือวาล์วนิรภัย มีหน้าที่ควบคุมความดันน้ำมันใช้งานในระบบไฮดรอลิกส์ สามารถตั้งค่าความดันสูงสุดที่ต้องการในระบบไอดรอลิกส์ และป้องกันอันตรายที่เกิดจากความดันน้ำมันสูงเกินไป

2.3.6 ท่อและข้อต่อต่างๆ

ในการเลือกชนิดและขนาดของท่อไฮดรอลิกส์จะต้องพิจารณาจากองค์ประกอบหลายประการ คือ อัตราการไหลของระบบที่ต้องการ ความดันในขณะทำงานรวมทั้งเส้นทางการไหล กล่าวคือ

1. ท่อไฮดรอลิกส์ควรมีขนาดพอเหมาะ ไม่ควรเลือกใช้ขนาดเล็กเกินไปเพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียความดันภายในท่อมาก ประสิทธิภาพของระบบจะลดลง

2. ควรใช้ท่อไฮดรอลิกส์ที่มีความยาวพอดี เพื่อหลีกเลียงการใช้ข้อต่อมาก

3. ผิวภายในของท่อควรจะเรียบ ไม่มีการหักงอหรือเชื่อมต่อกันมากนัก และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอ

2.3.7 วาล์วเปิด-ปิดน้ำมัน (Shut – off valve)

การเลือกใช้วาล์วเปิดปิดน้ำมันจะเลือกวาล์วควบคุมทิศทางแบบสปูลเลื่อน วาล์วแบบสปูลนี้มีสปูลหรือแกนภายในวาล์วซึ่งเลื่อนไปมาได้ ร่องแกนถูกเลื่อนไปตรงกับช่องต่าง ๆ ที่วาล์วต่อถึงกัน น้ำมันก็จะไหลผ่านไปได้และปิดเมื่อร่องแกนเลื่อนพ้นไป แบบสปูลเลื่อนเป็นที่นิยมใช้มากในวาล์วควบคุมทิศทางของระบบไฮดรอลิกส์เพราะมีความสมดุลของแรงที่กระทำกับแกนจึงง่ายต่อการควบคุมแม้จะใช้ในระบบที่มีความดันสูง

2.3.8 กระบอกไฮดรอลิกส์

กระบอกไฮดรอลิกส์จะเลือกใช้กระบอกสูบสองทาง เป็นตัวทำงานที่มีรูรับน้ำมันเข้าและออกอยู่ด้านหัวลูกสูบ และด้านก้านสูบทั้ง 2 ทาง การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ

1. ลูกสูบเคลื่อนที่ออกเพื่อไปผลักดันชิ้นงาน กระทำได้โดยให้น้ำมันเข้าทางด้านหัวลูกสูบและให้น้ำมันออกทางด้านก้านสูบ

2. ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าเพื่อดึงชิ้นงานเข้ามา กระทำโดยให้น้ำมันเข้าทางด้านก้านสูบ และให้น้ำมันออกทางด้านหัวลูกสูบ การคำนวณแรงลูกสูบทางทฤษฎี สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

2.3.9 เกจวัดแรงดัน

เกจวัดแรงดันใช้เป็นตัวบอกค่าความดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์ ซึ่งทำได้ง่ายโดยการต่อท่อน้ำมันเข้าทางรูด้านล่างของเกจ เมื่อมีความดันน้ำมันเกิดขึ้นในระบบ เข็มของเกจวัดความดันจะชี้บอกค่าได้ทันที โดยสเกลบอกค่าความดัน โดยทั่วไปหน่วยที่ใช้จะมีหน่วยเป็นบาร์ (Bar)

2.4 พื้นฐานของคลัทซ์ [2]

คลัทซ์มีหน้าที่เชื่อมต่อเพลาหมุน 2 อัน โดยเพลาข้างหนึ่งหมุน จากการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ หรือมอเตอร์ ส่วนเพลาอีกข้างหนึ่งไปต่อเข้ากับตัวหนีบจับ เช่นหัวสว่าน หรือ ล้อ เป็นต้น คลัทซ์จะต่อเพลาทั้งสองข้างนี้ให้หมุนด้วยความเร็วรอบที่เท่ากัน หรือ มีความเร็วรอบที่ต่างกันก็ได้ และถ้าคลัทซ์แยกเพลานี้ออกจากกัน เพลาด้านหนึ่งจะหมุน อีกด้านหนึ่งจะไม่หมุน สปริงจะถูกกดลงบนแผ่นกดคลัทซ์ (Pressure plate) ดังรูปที่ 2.1 เกิดแรงกดไปที่แผ่นคลัทซ์ (clutch disc) รูปที่ 2.2 ทำให้ล้อหมุนตามไฟล์วีล เครื่องยนต์สามารถส่งผ่านกำลังไปที่ล้อรถได้

รูปที่ 2.1 แผ่นกดคลัทซ์ (pressure plate) [2]

แรงที่กดแผ่นคลัทซ์ขึ้นอยู่กับแรงกดของสปริง และแรงเสียดทาน ระหว่างแผ่นคลัทซ์และไฟล์วีล แรงเสียดทานนี้เกิดจากความขรุขระของแผ่นคลัทซ์ที่กระทำบนพื้นผิวของไฟล์วีล เมื่อเหยียบคลัทซ์ สายเคเบิลหรือลูกสูบไฮโดรลิกทำให้ Release fork กดไปที่ลูกปืนและทำให้ลูกปืนเลื่อนไปในแนวระดับ (throw-out bearing) กดอัดเข้ากับไดอะแฟรมสปริง และแผ่นกดคลัทซ์จะแยกออกจากแผ่นคลัทซ์ สุดท้าย แผ่นคลัทซ์จะแยกออกจากการหมุนของเครื่องยนต์

รูปที่ 2.2 แผ่นคลัทซ์ [2]

สปริงในแผ่นคลัทซ์ที่เห็นอยู่ภายในรูปที่ 2.2 นั้นจะช่วยช่วยทำให้การเชื่อมต่อมีความต่อเนื่อง ไม่เกิดการกระแทกขึ้น วัสดุที่ใช้ทำแผ่นคลัทซ์นั้นมีอายุการใช้งานที่จำกัด เมื่อใช้ไปนานๆแล้ว เกิดการเสื่อมสภาพ แรงเสียดทานน้อยลง ลักษณะของแรงเสียดทานเหมือนกับที่เกิดในแผ่นเบรก เมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง เนื้อของแผ่นวัสดุที่ทำคลัทซ์จะน้อยลง ทำให้คลัทซ์เกิดการลื่นไถลได้ คือเพลาที่มีการส่งกำลังหมุนด้วยความเร็วรอบค่าหนึ่ง แต่เพลาที่รับกำลังด้วยความเร็วรอบที่น้อยกว่า การส่งถ่ายกำลังของในกรณีนี้จะถือว่าสูญเสียไปมากเมื่อแผ่นคลัทซ์หลวมการหมุนของเพลาทั้งสองมีความเร็วรอบที่ไม่เท่ากัน เพราะเกิดการลื่นไถลขึ้นการหลวมของคลัทซ์เกิดจากหลายสาเหตุ สาเหตุหนึ่งเกิดเหยียบคลัทซ์ค้าง หรือเราเรียกกันว่า เลี้ยงคลัทซ์ ทำให้แผ่นคลัทซ์หมดเร็ว

คลัทซ์ยังถูกใช้ในอุปกรณ์อื่นๆอีกหลายอุปกรณ์ เช่น

- เกียร์ออโต้ เป็นคลัทซ์ชนิดพิเศษ ต้องต่อเข้ากับเกียร์แบบเพลนนีตารี่ (planetary gear)

- คอมเพรสเซอร์ของแอร์ ใช้คลัทซ์แบบแม่เหล็ก โดยใช้ไฟฟ้าป้อนให้กับคอยล์ ถ้าต้องการให้คลัทซ์เชื่อมต่อ และถ้าปิดไฟคลัทซ์ก็จะแยกตัวออก

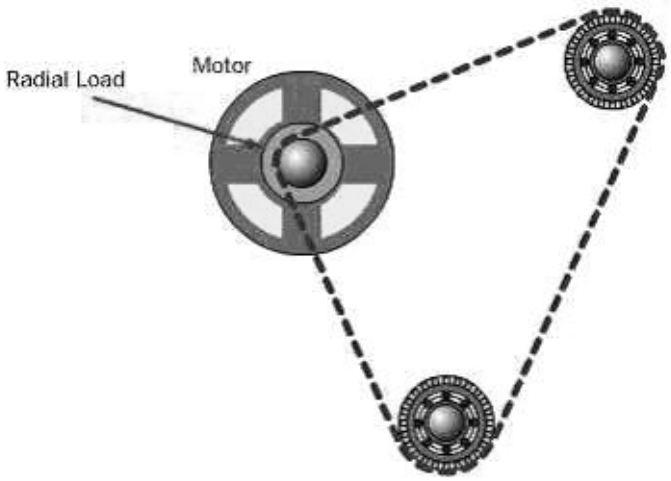
- พัดลมระบายความร้อนของรถยนต์บางรุ่นใช้เทอร์โมสตัท ควบคุมการทำงานของคลัทซ์ เทอร์โมสตัทจะคอยตรวจจับอุณหภูมิว่าถึงเวลาที่คลัทซ์ควรต่อหรือจาก

- เลื่อยโซ่ (chain saw) ใช้คลัทซ์แบบแรงหนีศูนย์ ซึ่งจะสามารถหยุดการทำงานของเลื่อยโดยไม่ต้องหยุดเครื่องจักร

2.5 พื้นฐานการทำงานของแบริ่ง [2]

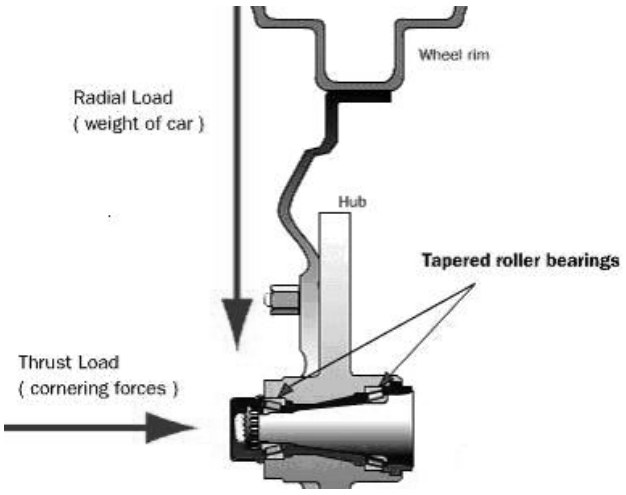
การเคลื่อนที่แบบเลื่อน นั้นจะมีความเสียดทานที่เพิ่มขึ้น ระหว่างพื้นที่ของมวลสองก้อนที่เสียดสีกัน เมื่อพื้นที่มากขึ้นความขรุขระที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานก็ยิ่งมาก แต่ถ้าเป็นการเคลื่อนที่แบบกลิ้งพื้นที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย ความขรุขระที่ทำให้เกิดแรงเสียดทานก็ยิ่งน้อยแรงเสียดทานจะลดลงอย่างมาก แบริ่งทำจากลูกบอลโลหะขนาดเล็กที่ผิวเรียบลื่น ทำให้การหมุนหรือกลิ้งเป็นไปได้สะดวก ราวกับไม่มีแรงเสียดทาน ลูกบอลสามารถรับน้ำหนักขณะที่หมุนแบริ่ง ถูกออกแบบมารับแรงสองประเภทคือ แรงแนวรัศมี (Radial) และ แรงแนวแกน (Thrust) ขึ้นอยู่กับการใช้งานใน

ขณะนั้น เช่น อาจรับแรงในแนวรัศมี หรือ แนวแกนอย่างใดอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือต้องรับทั้งสองแรงพร้อมกัน



รูปที่ 2.3 แสดงแบริ่งที่รับแรงในแรงรัศมี[2]

แบริ่งในรูปที่ 2.3 นี้รับแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ซึ่งเกิดจากแรงตึงของสายพาน แต่ถ้าเป็นแบริ่งที่ใช้สำหรับรับภาระของเก้าอี้หมุน ก็จะมีการรับแรงในแนวแกนเท่านั้น



รูปที่ 2.4 แบริ่งของกระดุมล้อรถ รับแรงทั้งสองแนวคือ แรงแนวแกน และแรงในแนวรัศมี [1]

แบริ่งของกระดุมล้อรถดังรูปที่ 2.4 นั้นแรงในแนวรัศมี มาจากน้ำหนักของรถ ส่วนแรงในแนวแกนมาจากแรงที่เกิดจากการเลี้ยว

โดยชนิดของลูกปืนนั้นมีดังนี้

2.5.1 บอลแบริ่ง (Ball bearing)

เป็นแบริ่งที่นิยมใช้กันมากสุด ตั้งแต่รองเท้าสเก็ต จนไปถึง ฮาร์ดดิสก์ บอลแบริ่งนั้นสามารถรับแรงได้ทั้งสองแนว แต่เป็นแรงที่มีขนาดไม่มากนัก โดยมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ภาพตัดของบอลแบริ่ง [2]

แรงถูกส่งผ่านจากวงนอก ไปวงใน โดยมีลูกบอลเป็นตัวกลางกลิ้งอยู่ จุดสัมผัสของลูกบอล ระหว่าง วงนอกและในเป็นจุดเล็กๆ จึงช่วยให้การหมุน เรียบ และลื่น อย่างไรก็ตามถ้ารับแรงมากๆ ทำให้ลูกบอลบิดตัวได้

2.5.2 โรลเลอร์แบริ่ง

นิยมใช้สำหรับออกแบบสายพานลำเลียง ที่ต้องรับแรงในแนวรัศมีมากเป็นพิเศษ ดังนั้นแบริ่งแบบนี้ ส่วนที่กลิ้งจึงเป็นรูปทรงกระบอก จุดสัมผัสระหว่างวงนอก และวงใน เป็นเส้นไม่ใช่จุด ทำให้สามารถรับน้ำหนักในแนวรัศมีได้มากกว่า บอลแบริ่ง อย่างไรก็ตามโรลเลอร์แบริ่งไม่ได้ออกแบบมาเพื่อรับน้ำหนักในแนวแกน ดังรูปที่2.6

รูปที่ 2.6 ภาพตัดของโรลเรอร์แบริ่ง [2]

2.5.3 บอลทรัสต์แบริ่ง

นิยมใช้กับเก้าอี้หมุน หรือโต๊ะหมุน เป็นต้น ไม่สามารถรับแรงใน แนวรัศมีได้

2.5.4 โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง

ใช้สำหรับ รับแรงในแนวแกนที่มีขนาดมากๆ ตัวอย่างของ โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง [1]

2.5.5 เทปเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง

ใช้สำหรับรับแรงในแนวแกนและรัศมีที่มีขนาดมากๆ ตัวอย่างดังแสดงในรูปที่ 2.8 เช่น กระดุมล้อของรถยนต์ เป็นต้น

รูปที่ 2.8 เทปเปอร์โรลเลอร์ทรัสต์แบริ่ง [2]

2.5.6 ลูกปืนเฉพาะงาน

แบริ่งที่ออกแบบเฉพาะมีมากมาย เช่น แบริ่งแม่เหล็ก และโรลเลอร์แบริ่งขนาดยักษ์ ตัวอย่างเช่น

2.5.6.1 แบริ่งแม่เหล็ก

เครื่องจักรที่หมุนด้วยความเร็วสูงมากๆ เช่นล้อที่ใช้เก็บพลังงาน ล้อพวกนี้ต้องมีขนาดใหญ่ และหมุนด้วยความเร็วสูงตลอด ปกติที่ใช้กันอยู่ มีความเร็วรอบประมาณ 50,000 รอบต่อนาที (rpm) ถ้าเป็นแบริ่งธรรมดา ตัวลูกกลิ้งสามารถหลอมเหลวเนื่องจากความร้อน จึงต้องเปลี่ยนไปใช้แบริ่งแบบแม่เหล็ก ซึ่งไม่มีชิ้นส่วนเคลื่อนไหว โดยเพลาหมุนลอยอยู่และไม่สัมผัสกับพื้นผิวโลหะด้วยอำนาจแม่เหล็ก จึงไม่เกิดความร้อนแต่อย่างใด อย่างไรก็ตามแบริ่งแม่เหล็กราคาสูง จึงยังไม่เป็นที่นิยมใช้

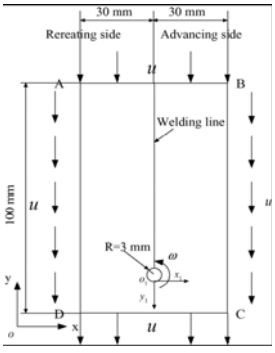
2.5.6.1 แบริ่งขนาดยักษ์

ย้อนยุคกลับไปเมื่อคนอิยิปต์สร้างปิรามิด พวกเขาใช้ขอนไม้หนุนก้อนหิน และกลิ้งไป นั่นแหละคือ ยุคแรกของแบริ่งขนาดยักษ์ เราสามารถประยุกต์เทคโนโลยีนี้ไปใช้กับอาคารที่ป้องกันแผ่นดินไหวได้ อาคารสมัยใหม่ ที่ตั้งอยู่ในบริเวณเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว สามารถใช้เทคโนโลยีแบริ่งขนาดยักษ์ ป้องกันอาคารได้ทั้งหลัง ตัวอาคารทั้งหมดตั้งอยู่บนเสา ไม่น้อยกว่า 267 ต้น โดยแต่ละต้นวางอยู่บนลูกบอลโลหะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเมตรครึ่ง ลูกบอลกลิ้งอยู่บนฐานโค้ง ดังนั้นตัวอาคารกับฐานรากแยกออกจากกัน เมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น พื้นดินเคลื่อนที่ไป 20 นิ้ว เสาที่อยู่ข้างบนไม่เคลื่อนที่ตาม ดังนั้นตัวอาคารทั้งหลังยังสามารถตั้งอยู่ได้ เพราะอาคารไม่สั่นไปตามพื้นดิน

2.6 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

2.6.1 การจำลองการเชื่อมด้วยความเสียดทานแบบ Fictions stir welding โดยวิธีไฟไนอิลิเมนต์ [3]

การคำนวณทางกลศาสตร์ของแข็งด้วยวิธีการทาง Finite element นั้นได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ศึกษาลักษณะของความเครียดที่เกิดขึ้นในกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทาน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นลักษณะของการกระจายตัวของความเครียดของวัสดุใน 2 มิติ โดยจะสามารถสังเกตการณ์เคลื่อนตัวของวัสดุในช่วงที่มีการเชื่อม โดยที่แบบจำลองนั้นจะอาศัยการจำลองพื้นผิวที่มีการสัมผัสกันและมีการเสียรูปแบบ Plastics deformation ด้วยวิธีการทาง Thermo – Mechanics โดยอ้างอิงสมการของ “Arbitrary Lagrangian–Eulerian” โดยมีลักษณะของโมเดลดังรูปที่ 2.9



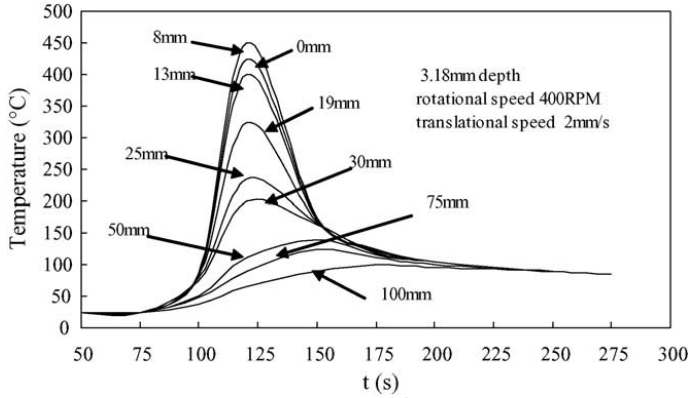
รูปที่ 2.9 ลักษณะทางเรขาคณิตของแบบจำลองชิ้นงานเพื่อทดสอบการเชื่อมด้วยความเสียดทาน [3]

ซึ่งการจำลองนั้นจะจำลองโดยใช้โปรแกรม Abacus โดยคุณสมบัติของวัสดุเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินั้นจะมีลักษณะดังในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1แสดงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุ [3]

Temperature-dependent material properties for AL6061-T6			
T(C)	(GPa)	σ_u *(MPa)*	
25.00	66.94	278.12	0.330
100.00	63.21	260.68	0.334
148.89	61.32	251.24	0.335
204.44	56.80	221.01	0.336
260.00	51.15	152.26	0.338
315.56	47.17	73.87	0.360
371.11	43.51	36.84	0.400
426.67	28.77	21.58	0.410
482.22	20.20	10.49	0.420

โดยผลลัพธ์ที่ดังแสดงในแผนในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาในการเชื่อมที่ความเร็วรอบในการเชื่อมชิ้นงานที่ 400RPM [3]

ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงว่า

ต้นแบบตัวอย่างที่ถูกสร้างเพื่อทดสอบการเชื่อมด้วยความเสียดทานของอัลลอย เพื่อสร้างความเข้าใจในกลไกของ การเชื่อมด้วยความเสียดทาน โดยการประมวลผลและการจำแนกความเครียดที่เหลือของแผ่นงานที่เชื่อม

1) วัตถุบนด้านหน้าของรูปแบบการเชื่อมจะเกิด fluidized

2) วัตถุข้างหลังหมุดมีการเสียรูปอย่างมากโดยเฉพาะในบริเวณ $0^{o} < ø < 30^{o}$ และ $330^{o} < ø < 360^{o}$

3) ความเครียดตามยาวสูงที่สุดที่เกิดขึ้นใกล้ (R+1~2) mm ออกไปจากเส้นที่เชื่อม

4) บริเวณของความเครียดสัมพันธ์กันกับการหลอม

5) การเพิ่มของความเร็วหัว Pin ในการเชื่อมแบบ SFW จะทำให้ตามยาวสูงที่สุดความตึงเครียดที่เหลือเพิ่ม

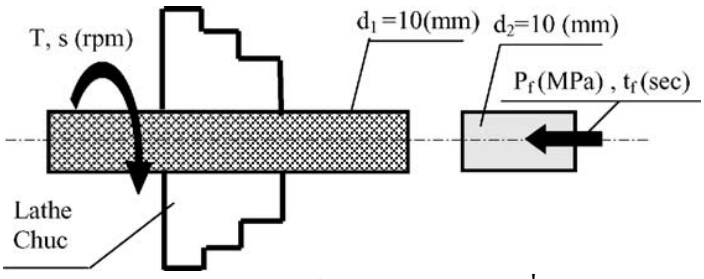
2.6.2 การจำลองการเชื่อมด้วยความเสียดทานแบบ Continuous driveโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ [4]

เป็นการศึกษาผลของหน้าตัดในการเชื่อมด้วยความเสียดทาน ที่มีผลต่อคุณภาพของงานเชื่อมโดยวัสดุที่ใช้คือเหล็กเบอร์ AISI 1040 ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุที่ใช้ในการทดสอบ [4]

Material	C (%)	P (%)	S (%)	Mn (%)	Si (%)	Ni (%)	Cr (%)
AISI 1040	0.35 0.44	0.04	0.05	0.75	0.20	–	–

โดยในการทดสอบใช้ชิ้นงานที่เป็นเหล็ก AISI 1040 ที่มีลักษณะทางเรขาคณิตดังรูปที่ 2.11

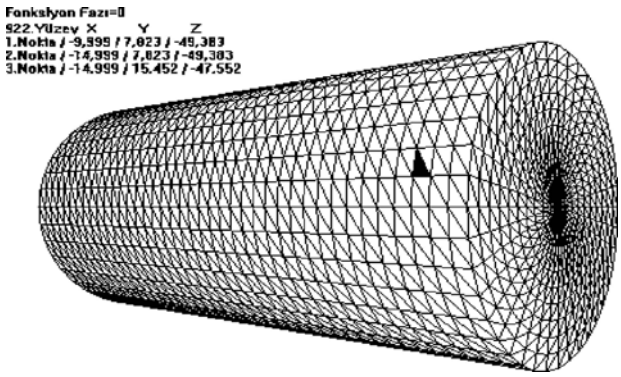


รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการวางอุปกรณ์ในการอ้างอิงการเชื่อมด้วยความเสียดทาน [4]

โดยในการจำลองการเชื่อมด้วยความเสียดทานด้วยคอมพิวเตอร์นั้น มีความต้องการขั้นพื้นฐานทางฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ดังนี้

- The programmed Microsoft® Visual Basic TM 6.0 is as codified.
- 3d Models 3D Studio Max® has been prepared by R3
- Some of covers have been prepared by some parts as minimum needs:
- System (Microsoft® Windows 95/98/Me)
- 64 MB Ram
- 3D with an accelerator as 16 MB screen card.
- Microsoft® DirectX 7 or more.

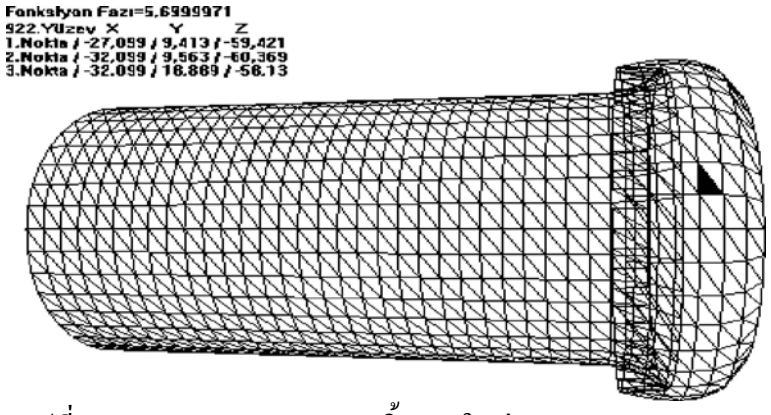
โดยลักษณะของการจำลองการเชื่อนั้นมีลักษณะเป็นชิ้นงานหน้าตัดกลมดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงแบบจำลองของชิ้นงาน [4]

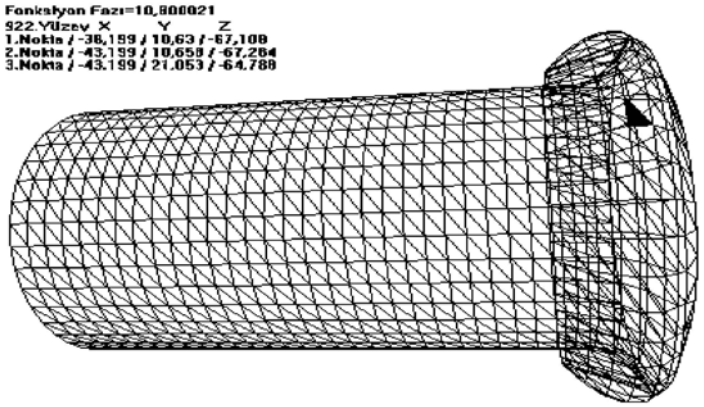
โดยการแบ่งชิ้นงานออกเป็น 4720 โพลิกอน จากนั้นก็ทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานขณะทำการเชื่อมในเฟสต่างๆ โดยให้ดำเนินไปอย่างช้าๆ ด้วยการแทนเงื่อนไขด้วย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะแทนจุดต่างๆในระบบพิกัด x,y,z ซึ่งเป็นระบบสามมิติ โดยเมื่อมีการทำการจำลองการเชื่อมด้วยความเสียดทานในระยะที่ 2 ชิ้นงานที่ได้ใส่ความสัมพันธ์ดังสมการข้างบนจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงแบบจำลองของชิ้นงานในช่วง Heating phase [4]

และเมื่อการเชื่อมดำเนินถึงระยะสุดท้ายของการเชื่อมชิ้นงานจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงแบบจำลองของชิ้นงานในช่วง Forging phase [4]

2.7 ความสัมพันธ์พื้นฐานของตัวแปรที่มีผลต่อการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

ถ้าให้ความเร็วในการหมุนชิ้นงานมีค่าคงที่แล้ว ถ้าแรงดันที่ใช้ในเฟสของการให้ความร้อนมีค่าต่ำแล้วจะทำให้เกิดการสูญเสียความยาวเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าใช้แรงดันขนาดต่ำจะได้อุณหภูมิที่สูงแต่ค่าความร้อนรวมจะมีค่าต่ำ เพราะเมื่อมีการสูญเสียความยาวของชิ้นงานโดยที่ส่วนของโลหะที่ถูกให้ความร้อนจะถูกสลัดออกเป็นสะเก็ด

และถ้าให้แรงดันตลอดช่วงเฟสการให้ความร้อนคงที่แล้ว ความเร็วในการหมุนชิ้นงานที่ต่ำจะทำให้มีอัตราการสูญเสียความยาวที่ต่ำกว่าการใช้ความเร็วสูง ถ้าให้ความเร็วมี่พื้นผิวมีมีค่าที่สูงมากกว่า 1000 S.F.M จะทำให้ช่วงการให้ความร้อน (Heating phase) นานขึ้นโดยไม่ทำให้คุณภาพของงานเชื่อมดีขึ้น

2.8 การเผื่อความยาวสำหรับการเชื่อมด้วยความเสียดทาน

เนื่องจากในกระบวนการเชื่อมด้วยความเสียดทานนั้น เป็นลักษณะของการหมุนโดยต่อเนื่อง ดังนั้นจึงสามารถที่จะควบคุมความยาวของชิ้นงานได้ และเพราะว่าเนื่องจากแหล่งให้ความร้อนนั้นสามารถที่จะทราบความปริมาณความร้อนที่แน่นอน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะปรับตั้งเครื่องเชื่อมด้วยความเสียดทานนี้ให้สามารถเชื่อมชิ้นงานให้ได้ความยาวตามที่ได้ออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งรอยเชื่อมโดยทั่วไปนั้นมีระยะเผื่ออยู่ประมาณ 0.02 นิ้ว

2. 9 การทดสอบโลหะ

ในการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ มีจุดสำคัญสองข้อที่ต้องพิจารณาคือ

1. ภาระที่กระทำบนชิ้นส่วนนั้นๆ
2. ความต้านทานของวัสดุ ต่อภาระที่กระทำนั้นๆ ตราบใดที่ความต้านทานของวัสดุสูงกว่าภาระที่กระทำบนชิ้นส่วนนั้น ชิ้นส่วนนั้นก็จะสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของผู้ออกแบบ แต่ถ้าความต้านทานของวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนนั้นต่ำกว่าภาระที่ชิ้นส่วนได้รับ ก็จะเกิดความเสียหายขึ้นบนชิ้นส่วนนั้นๆ หรือเครื่องจักรทั้งระบบได้ ซึ่งการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลให้มีประสิทธิภาพและประหยัดนั้น จำเป็นต้องทราบคุณสมบัติและความต้านทานของวัสดุ และคุณสมบัติเหล่านี้ก็จะได้จากการทดสอบเท่านั้น นอกจากนี้เพื่อสร้างความมั่นใจว่า ชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์โลหะกรรม ที่ผลิตขึ้นมานั้นจะสามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ และจะไม่เกิดความเสียหายขึ้นในอายุการใช้งานที่กำหนดไว้

บางครั้งจะมีการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงานโลหะขึ้นมา หรือบางทีก็มีการทดสอบชิ้นงานที่มี artificial defects ต่างๆ เพื่อที่จะทราบถึงความต้านทานของชิ้นงานนั้นๆ ต่อภาระที่กระทำ เพื่อเป็นแนวทางที่จะตัดสินใจเมื่อพบปัญหาที่เกิดขึ้น ความเสียหายกับชิ้นงานในระหว่างการใช้งาน ตัวอย่าง เช่น การนำเอาภาชนะอัดความดันมาเซาะร่องแล้วอัดความดันจนระเบิด หรือเชื่อมภาชนะอัดความดัน โดยตั้งใจให้มีจุดบกพร่อง แล้วนำมาศึกษาพฤติกรรม ของภาชนะต่อภาระที่กระทำ ประเภทต่างๆ เป็นต้น

การทดสอบวัสดุจะทำให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความรู้ในพฤติกรรมของวัสดุ และจะนำไปสู่การออกแบบที่ประหยัด นอกจากนี้ความเข้าใจในเรื่องพฤติกรรมของวัสดุขจัดความกลัวที่เกิดจากความไม่รู้อย่างถ่องแท้ และความเข้าใจอย่างผิดๆ ที่จะทำให้เกิดความฟุ่มเฟือยโดยไม่จำเป็นและอาจก่อให้เกิดความเสียหายในด้านเศรษฐกิจส่วนรวมได้

2.10 การปรับปรุงคุณสมบัติโดยการเปลี่ยนโครงสร้างจุลภาค

การที่เฟสและโครงสร้างจุลภาคในวัตถุอาจถูกดัดแปลงได้ จึงทำให้สามารถเลือกคุณสมบัติผสมที่ต้องการสำหรับแต่ละงานงานที่จะถูกนำไปใช้ โครงสร้างจุลภาคของโลหะเฟสเดียวจะถูกเปลี่ยนแปลงได้โดย การเปลี่ยนรูปถาวร และการตกผลึกใหม่ ซึ่งเป็นผลให้มีการเปลี่ยนในคุณสมบัติด้วย

คุณสมบัติของวัสดุหลายเฟสอาจจะถูกเปลี่ยนและควบคุมได้โดยวิธีการคล้ายๆ กับที่ได้กล่าวมาแล้วสำหรับวัสดุเฟสเดียว นอกจากนี้แล้วยังมีการควบคุมเพิ่มเติมสำหรับโครงสร้างจุลภาคในวัตถุหลายเฟส จำนวนสัมพันธ์ของเฟสต่างๆ อาจถูกเปลี่ยนแปลงได้ ขนาดเกรนของเฟสภายในโครงสร้างจุลภาคอาจถูกเปลี่ยนแปลงได้ รูปร่างและการกระจายของเฟสต่างๆ อาจถูกดัดแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างแต่ละวิธีนี้สามารถดัดแปลงคุณสมบัติของวัตถุได้

2.10.1 อิทธิพลของขนาดเฟสต่อคุณสมบัติทางกล

ความหยาบของโครงสร้างจุลภาคของวัตถุมีผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกลของวัตถุ ในเหล็กกล้าโครงสร้างจุลภาคผสมของเฟอร์ไรท์และคาร์ไบด์ที่ละเอียดมากจะมีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนเท่ากัน แต่มีโครงสร้างจุลภาคที่หยาบกว่า

2.10.2 กระบวนการทางความร้อนต่าง ๆ

(1) กระบวนการทำให้แข็งโดยอายุ(Age hardening processes)

การเพิ่มของความแข็งจะเห็นได้ชัดขณะที่มีการตกตะกอนขั้นแรก จากสารละลายแข็งอิ่มตัวยวดยิ่ง การที่รู้ว่าเริ่มมีการเกิดตะกอน ก็เพราะว่าการเพิ่มของความแข็ง นี้ วิธีการทำให้แข็งนี้จึงถูกเรียกบ่อยๆ ว่า Age hardening เพราะเกิดขึ้นตามเวลา โลหะผสมซึ่งจะถูกทำให้แข็งโดยวิธีนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการละลายได้ ซึ่งลดลงตามอุณหภูมิ เพื่อจะให้ได้สารละลายแข็งที่อิ่มตัวยวดยิ่งมีโลหะผสมอยู่มากทีเดียวที่มีคุณสมบัตินี้ ตัวอย่างของการนำวิธีการทำให้โลหะผสมแข็งโดยวิธีนี้ ก็คือการสร้างเครื่องบินหมุดย้ำอลูมิเนียม จะใส่ง่ายและเข้าไปแน่นดีกว่า แต่ในสภาพนี้หมุดย้ำมีความแข็งแรงไม่พอ ดังนั้นจึงได้เลือกเอาโลหะผสมของอลูมิเนียมซึ่งชุบเย็นให้เป็นสารละลายที่อิ่มตัวยวดยิ่งได้แล้วจะแข็งตัวตามที่อุณหภูมิห้อง

(2) กระบวนการทำให้เกิดกราไฟท์ (Graphitization processes)

คาร์ไบด์ในเหล็กและเหล็กกล้าดูเหมือนที่มีเสถียรมาก แต่จากการวัดที่ถูกต้องมากบ่งว่าคาร์บอนที่อยู่ในรูปของกราไฟท์ มีเสถียรภาพในเหล็กและเหล็กกล้ามากกว่าคาร์บอนที่อยู่ในรูปของคาร์ไบด์ เหล็กคาร์ไบด์จะแยกตัวไปเป็น เหล็กกราไฟท์ ถ้ามีเวลาพอ แต่ในเหล็กกล้าโดยทั่วไปแล้วไม่มีวิธีง่ายๆ สำหรับ เปลี่ยนคาร์บอนในคาร์ไบด์ไปเป็นกราไฟท์ ดังนั้นโดยทั่วไปแล้วเหล็กคาร์ไบด์จะเป็นเฟสที่มีเสถียรไม่เต็มที่คล้ายกับแก้ว และจะอยู่ในรูปนี้เป็นเวลาอันยาวนานที่อุณหภูมิห้อง ถึงแม้จะมีข้อเสียอยู่บ้าง เหล็กหล่อเทาก็ถูกใช้อย่างกว้างขวางในงานที่มีคุณสมบัติอื่นที่ดีมีความสำคัญ อย่างเช่น อุณหภูมิหลอมเหลวที่ต่ำของเหล็กหล่อเทา ทำให้เทลงไปในแบบที่มีความวิจิตรพิสดารมากได้ง่าย นอกจากนี้กราไฟท์ยังทำให้โลหะกลึงได้ง่าย และราคาก็ไม่สูงด้วย คุณสมบัติที่ไม่เห็นชัดก็คือ ความสามารถในการลดแรงสั่นสะเทือนเพราะว่ารูของกราไฟท์ในเหล็ก ทำให้การถ่ายทอดความสั่นสะเทือนเป็นไปได้ไม่เต็มที่ ทำให้เหล็กหล่อเทาถูกนำไปใช้ฐานเครื่องจักรกลหนักต่างๆ มากมาย