บทที่ 5
วิเคราะห์และสรุปผลโครงงาน

5.1 คุณสมบัติเชิงกล

5.1.1 ความแข็ง (Hardness)

ในการทำกรรมวิธีทางความร้อน จะมีความสัมพันธ์กับความแข็งของเหล็ก โดยที่อุณหภูมิการอบคืนตัวจะแปรผกผันกับค่าความแข็งของเหล็กหรือกล่าวได้ว่า ค่าอุณหภูมิในการอบคืนตัวสูงขึ้นค่าความแข็งของเหล็กก็จะลดลงซึ่งเป็นเพราะว่าการทำการอบคืนตัวที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เหล็กมีการจัดเรียงตัวของเกรนใหม่

เหล็กที่ผ่านการอบคืนตัวจะมีการจัดเรียงเกรนใหม่ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของเกรนเปลี่ยนแปลงไปจึงทำให้ความแข็งของเหล็กเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน หรืออาจเกิดจากที่ผ่านการชุบในน้ำซึ่งจะมีอัตราการเย็นตัวสูง เมื่อชุบแล้วทำให้ชิ้นงานเกิดรอยแตกร้าว ซึ่งมีผลทำให้เกรนผิดรูปไป หรือเรียกว่าการเกิด สลิบ ซึ่งจะส่งผลต่อความแข็งของเหล็กเช่นกัน

5.1.2 ความทนต่อแรงกระแทก

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

1.ในการทำกรรมวิธีทางความร้อนจะมีความสัมพันธ์ความทนต่อแรงกระแทก โดยที่อุณหภูมิใน การอบคืนตัวจะแปลผันตรงกับความทนต่อแรงกระแทก กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิอบคืนตัวสูงขึ้นค่าความทนต่อแรงกระแทกก็จะสูงขึ้นด้วย หรือ อุณหภูมิอบคืนตัวสูงขึ้นค่าของพลังงานของการกระแทกเหล็กก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

2.เหล็กที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนจะมีการจัดเรียงเกรนใหม่ซึ่งมีผลทำให้โครงสร้างและสมบัติเชิงกลของเหล็กเปลี่ยนไป ส่งผลให้ขนาดของเกรนเปลี่ยนไปทำให้ความทนต่อแรงกระแทกเปลี่ยนไปเช่นกัน

5.1.3 ความทนต่อแรงดึง

จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า

1.ในการทำกรรมวิธีทางความร้อนมีความสัมพันธ์กับค่าความทนต่อแรงดึง ซึ่ง อุณหภูมิในการทำการอบคืนตัวจะแปลผกผันกับความทนต่อแรงดึง กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิในการอบคืนตัวสูงขึ้นค่าความทนต่อแรงดึงก็จะลดลง

2. เนื่องจากชิ้นงานเหล็กที่ผ่านการในการทำกรรมวิธีทางความร้อนจะมีการจัดเรียงเกรนใหม่ ทำให้โครงสร้างและสมบัติเชิงกลของเหล็กเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของเกรนเปลี่ยนไปจึงทำให้ความทนต่อแรงดึงเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน

5.1.4 **เปอร์เซ็นต์การยืดตัว** Elongation (at tensile stress)

จากการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ในการทำกรรมวิธีทางความร้อนมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การยืดตัวโดยจะแปลผันตรงกับอุณหภูมิในการทำการกรรมวิธีทางความร้อน เมื่ออุณหภูมิในการอบคืนตัวสูงขึ้นก็จะทำให้เปอร์เซ็นต์การยืดตัวของเหล็กสูงขึ้นไปด้วย

5.1.5 **ความยืดหยุ่น** (Modulus of Elasticity)

จากการทดสอบสรุปได้ว่าในการทำกรรมวิธีทางความร้อนมีความสัมพันธ์กับค่าของ Modulus of Elasticity และค่าของ Modulus of Elasticity ก็จะมีความสัมพันธ์กับค่าของความแข็งและความทนต่อแรงดึงของเหล็กในทิศทางเดียวกัน ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ค่าของ Modulus of Elasticity จะแปลผกผันกับอุณหภูมิในการทำการอบคืนตัวซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิในการทำการอบคืนตัวสูงขึ้น ค่าของ Modulus of Elasticity ก็จะลดลง

5.2 โครงสร้างจุลภาค

จากการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคนั้นพบว่าในการทำกรรมวิธีทางความร้อนจะส่งผลต่อโครงสร้างจุลภาคกล่าวคือ ในการทำกรรมวิธีทางความร้อนจะมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคในลักษณะแปรผันตรงกับขนาดของเกรน คือ ถ้าอุณหภูมิในการทำการอบคืนตัวสูงก็จะทำให้เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเกิดขึ้นจากคาร์ไบด์จะรวมตัวกับเฟอร์ไรท์และมีการเปลี่ยนรูปเป็นซีเมนต์ไตร์ และเมื่ออุณหภูมิในการอบคืนตัวสูงขึ้นซีเมนต์ไตร์จะมีขนาดโตขึ้นทำให้ความแข็งของเหล็กลดลงแต่แรงกระแทกสูงจะขึ้นและอัตราการเย็นตัวของสารชุบคือ น้ำและอากาศ ก็จะมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคด้วย คือ ถ้าอัตราการเย็นตัวของเหล็กสูงเหล็กก็จะมีขนาดของเกรนเล็ก แต่ก็ไม่เป็นไปตามนี้เสมอไป เพราะตัวแปรที่สำคัญมาจากการอบคืนตัว

5.3 สรุปการวิเคราะห์ผล

ค่าคุณสมบัติต่างๆเมื่อผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening และ Annealing ส่งผลให้คุณสมบัติด้านต่างๆของเหล็กทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างกันดังนี้

5.3.1 เหล็กAISI 1010

การอบชุบแบบ Hardening และ Annealing ที่อุณหภูมิ 800 °C และ ทำให้เย็นตัวด้วยตัวกลาง คือ น้ำ,อากาศ ส่งผลให้โครงสร้างทางจุลภาคของเหล็ก AISI 1010 เปลี่ยนแปลงไปจากแบบที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนใดๆเลย โดยที่โครงสร้างทางจุลภาคของเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening และ Annealing จะมีขนาดของโครงสร้างจุลภาคที่เล็กลง เนียงจากการอบชุบโลหะให้มีอุณหภูมิถึง 800 °C เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีขนาดของเกรนเล็กกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดังตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18 เพราะว่าน้ำทำให้เกิดอัตราการเย็นตัวของเหล็กได้เร็วกว่าอากาศ ถ้าอัตราการเย็นตัวของเหล็กสูงเหล็กก็จะมีขนาดของเกรนเล็กลง จึงส่งผลให้คุณสมเชิงกลด้านอื่นๆนั้นเปลี่ยนไปจากเหล็ก AISI 1010 ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนด้วยดั้งนี้

5.3.1.1 ด้านความแข็งของโลหะ

เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing เนียงมาจากสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวขณะทำกรรมวิธีทางความร้อน ซึ่ง น้ำสามารถทำให้เย็นตัวได้เร็วกว่าอากาศ เมื่อเย็นตัวได้เร็วกว่าขนาดเกรนก็มีขนาดเล็กกว่า ขนาดเกรนยิ่งเล็กยิ่งพบว่ามีคุณสมบัติด้านความแข็งสูง น้ำเป็นสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวจากการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ขณะเดียวกัน อากาศเป็นสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวจากการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

ดังนั้น การทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ได้ค่าคุณสมบัติด้านแข็งสูงกว่าการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.1.2 ด้านการทนต่อแรงกระแทก

เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดังนั้นค่าการทนทานต่อแรงกระแทกของ เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จึงน้อยกว่า เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing เพราะว่ายิ่งแข็งมากก็จะมีความเปราะ และ แตกหักได้ง่าย

ดังนั้น การทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ได้ค่าคุณสมบัติด้านแข็งสูงกว่าการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing แบบ Hardening จึงเปราะและแตกหักได้ง่ายกว่าแบบ Annealing ดังนั้นการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จึงได้ค่าการทนทานต่อแรงกระแทกน้อยกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.1.3 **ด้านการทนทานต่อแรงดึง**

เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าการทนทานต่อแรงดึงจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า เมื่อมีความแข็งมาก การดึงให้ยืดออกจนขาดก็ทำได้ยากเช่นกัน แต่ถ้าหักชิ้นงานจะสามารถทำได้ง่ายเพราะยิ่งแข็งก็เปราะและหักได้ง่าย
ดังนั้น เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardeningจะมีค่าการทนทานต่อแรงดึงสูงกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.1.4 **ระยะการยืดตัว** Elongation (at tensile stress)

เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าการทนทานต่อแรงดึงจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า เมื่อมีความแข็งมาก การดึงให้ยืดออกจนขาดก็ทำได้ยากเช่นกัน ดังนั้นเมื่อยืดได้ยากระยะในการยืดตัวขณะที่ทำการดึงชิ้นงานจึงมีระยะที่สั้น ดังนั้น เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening มีระยะในการยืดตัวได้น้อยกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.1.5 **ความยืดหยุ่น** (Modulus of Elasticity)

เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าความยืดหยุ่นจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า ยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงให้ขาดได้ยากเหมือนกับว่ามีแรงสปริงดึงต้านไว้ขณะทำการพยายามดึงให้ขาด แรงดังกล่าวนี้เองเป็นแรงที่ก่อให้เกิดความยืดหยุ่นของตัวชิ้นงาน
ดังนั้น เหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening มีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.2 **เหล็กอะลูมิเนียม**

การอบชุบแบบ Hardening และ Annealing ที่อุณหภูมิ 500 °C และ ทำให้เย็นตัวด้วยตัวกลาง คือ น้ำ,อากาศ ส่งผลให้โครงสร้างทางจุลภาคของเหล็ก AISI 1010 เปลี่ยนแปลงไปจากแบบที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนใดๆเลย โดยที่โครงสร้างทางจุลภาคของเหล็กอะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening และ Annealing จะมีขนาดของโครงสร้างจุลภาคที่เล็กลง เนียงจากการอบชุบโลหะให้มีอุณหภูมิถึง 500 °C เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีขนาดของเกรนเล็กกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดังตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18 เพราะว่าน้ำทำให้เกิดอัตราการเย็นตัวของเหล็กได้เร็วกว่าอากาศ ถ้าอัตราการเย็นตัวของเหล็กสูงเหล็กก็จะมีขนาดของเกรนเล็กลง จึงส่งผลให้คุณสมเชิงกลด้านอื่นๆนั้นเปลี่ยนไปจากเหล็กอะลูมิเนียมที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนด้วยดั้งนี้

5.3.2.1 **ด้านความแข็งของโลหะ**

เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing เนียงมาจากสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวขณะทำกรรมวิธีทางความร้อน ซึ่ง น้ำสามารถทำให้เย็นตัวได้เร็วกว่าอากาศเมื่อเย็นตัวได้เร็วกว่าขนาดเกรนก็มีขนาดเล็กกว่า ขนาดเกรนยิ่งเล็กยิ่งพบว่ามีคุณสมบัติด้านความแข็งสูง น้ำเป็นสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวจากการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ขณะเดียวกันอากาศเป็นสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวจากการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

ดังนั้น การทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ได้ค่าคุณสมบัติด้านแข็งสูงกว่าการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.2.2 **ด้านการทนต่อแรงกระแทก**

เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก อะลูมิเนียมที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดังนั้นค่าการทนทานต่อแรงกระแทกของ เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จึงน้อยกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing เพราะว่ายิ่งแข็งมากก็จะมีความเปราะ และ แตกหักได้ง่าย

ดังนั้น การทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ได้ค่าคุณสมบัติด้านแข็งสูงกว่าการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing แบบ Hardening จึงเปราะและแตกหักได้ง่ายกว่าแบบ Annealing ดังนั้นการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จึงได้ค่าการทนทานต่อแรงกระแทกน้อยกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.2.3 **ด้านการทนทานต่อแรงดึง**

เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าการทนทานต่อแรงดึงจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า เมื่อมีความแข็งมาก การดึงให้ยืดออกจนขาดก็ทำได้ยากเช่นกัน แต่ถ้าหักชิ้นงานจะสามารถทำได้ง่ายเพราะยิ่งแข็งก็เปราะและหักได้ง่าย

ดังนั้น เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardeningจะมีค่าการทนทานต่อแรงดึงสูงกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.2.4 **ระยะการยืดตัว** Elongation (at tensile stress)

เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าการทนทานต่อแรงดึงจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า เมื่อมีความแข็งมาก การดึงให้ยืดออกจนขาดก็ทำได้ยากเช่นกัน ดังนั้นเมื่อยืดได้ยากระยะในการยืดตัวขณะที่ทำการดึงชิ้นงานจึงมีระยะที่สั้น

ดังนั้น เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening มีระยะในการยืดตัวได้น้อยกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.2.5 **ความยืดหยุ่น** (Modulus of Elasticity)

เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก AISI 1010 ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าความยืดหยุ่นจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า ยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงให้ขาดได้ยากเหมือนกับว่ามีแรงสปริงดึงต้านไว้ขณะทำการพยายามดึงให้ขาด แรงดังกล่าวนี้เองเป็นแรงที่ก่อให้เกิดความยืดหยุ่นของตัวชิ้นงาน

ดังนั้น เหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening มีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นมากกว่าเหล็ก อะลูมิเนียม ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.3 **เหล็กทองเหลือง**

การอบชุบแบบ Hardening และ Annealing **ที่อุณหภูมิ** 650 °C และ ทำให้เย็นตัวด้วยตัวกลาง คือ น้ำ,อากาศ ส่งผลให้โครงสร้างทางจุลภาคของเหล็ก ทองเหลือง เปลี่ยนแปลงไปจากแบบที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนใดๆเลย โดยที่โครงสร้างทางจุลภาคของเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening และ Annealing จะมีขนาดของโครงสร้างจุลภาคที่เล็กลง เนียงจากการอบชุบโลหะให้มีอุณหภูมิถึง 650 °C เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีขนาดของเกรนเล็กกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดังตารางที่ 4.17 และตารางที่ 4.18 เพราะว่าน้ำทำให้เกิดอัตราการเย็นตัวของเหล็กได้เร็วกว่าอากาศ ถ้าอัตราการเย็นตัวของเหล็กสูงเหล็กก็จะมีขนาดของเกรนเล็กลง จึงส่งผลให้คุณสมเชิงกลด้านอื่นๆนั้นเปลี่ยนไปจากเหล็ก ทองเหลือง ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อนด้วยดั้งนี้

5.3.3.1 **ด้านความแข็งของโลหะ**

เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing เนียงมาจากสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวขณะทำกรรมวิธีทางความร้อน ซึ่ง น้ำสามารถทำให้เย็นตัวได้เร็วกว่าอากาศ เมื่อเย็นตัวได้เร็วกว่าขนาดเกรนก็มีขนาดเล็กกว่า ขนาดเกรนยิ่งเล็กยิ่งพบว่ามีคุณสมบัติด้านความแข็งสูง น้ำเป็นสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวจากการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ขณะเดียวกัน อากาศเป็นสารตัวกลางที่ทำให้เย็นตัวจากการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

ดังนั้น การทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ได้ค่าคุณสมบัติด้านแข็งสูงกว่าการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.3.2 **ด้านการทนต่อแรงกระแทก**

เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดังนั้นค่าการทนทานต่อแรงกระแทกของ เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จึงน้อยกว่า เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing เพราะว่ายิ่งแข็งมากก็จะมีความเปราะ และ แตกหักได้ง่าย

ดังนั้น การทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening ได้ค่าคุณสมบัติด้านแข็งสูงกว่าการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing แบบ Hardening จึงเปราะและแตกหักได้ง่ายกว่าแบบ

Annealing ดังนั้นการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จึงได้ค่าการทนทานต่อแรงกระแทกน้อยกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.3.3 **ด้านการทนทานต่อแรงดึง**

เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าการทนทานต่อแรงดึงจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า เมื่อมีความแข็งมาก การดึงให้ยืดออกจนขาดก็ทำได้ยากเช่นกัน แต่ถ้าหักชิ้นงานจะสามารถทำได้ง่ายเพราะยิ่งแข็งก็เปราะและหักได้ง่าย

ดังนั้น เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardeningจะมีค่าการทนทานต่อแรงดึงสูงกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.3.4 **ระยะการยืดตัว** Elongation (at tensile stress)

เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าการทนทานต่อแรงดึงจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า เมื่อมีความแข็งมาก การดึงให้ยืดออกจนขาดก็ทำได้ยากเช่นกัน ดังนั้นเมื่อยืดได้ยากระยะในการยืดตัวขณะที่ทำการดึงชิ้นงานจึงมีระยะที่สั้น

ดังนั้น เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening มีระยะในการยืดตัวได้น้อยกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.3.3.5 **ความยืดหยุ่น** (Modulus of Elasticity)

เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening จะมีความแข็งมากกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing ดั้งนั้นค่าความยืดหยุ่นจึงมากด้วยเช่นกัน เพราะว่า ยิ่งแข็งก็ยิ่งดึงให้ขาดได้ยากเหมือนกับว่ามีแรงสปริงดึงต้านไว้ขณะทำการพยายามดึงให้ขาด แรงดังกล่าวนี้เองเป็นแรงที่ก่อให้เกิดความยืดหยุ่นของตัวชิ้นงาน

ดังนั้น เหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Hardening มีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นมากกว่าเหล็ก ทองเหลือง ที่ผ่านการทำกรรมวิธีทางความร้อนแบบ Annealing

5.4 ปัญหาข้อเสนอแนะ

1. การค้นหาข้อมูลของเหล็ก AISI 1010 เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงทำได้ค่อนข้างยาก

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบแรงกระแทกภายในมหาวิทยาลัยเสียทำให้ต้องนำไปทดสอบภาย นอกมหาวิทยาลัย

3. การปาดผิวหน้าชิ้นงานเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ทดสอบความแข็งถ้าปาดไม่เรียบทำให้เสียเวลาใน การขัดชิ้นงานทดสอบ

4. การขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบแรงดึงค่อนข้างยากเพราะชิ้นงานมีขนาดเล็ก เนื่องจากตัวจับชิ้นงานของเครื่องทดสอบแรงดึงมีขนาดเล็ก

5. การทดสอบแรงดึงกับโลหะชนิดทองเหลือง ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากตัวยึดจับของเครื่องทดสอบแรงดึงไม่สามารถจับชิ้นงานประเภททองเหลืองอยู่ได้ จึงต้องทำการออกแบบอุปกรณ์ที่ช่วยในการจับโลหะชนิดทองเหลืองเพิ่มเติม