บทที่ 1

บทนำ

ความเบื้องต้น

ปัจจุบันอุตสาหกรรมในประเทศมีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานด้านโลหะจำนวนมาก เช่น โรงงานผลิตชิ้นส่วนหรืออะไหล่รถยนต์ โรงงานผลิตสายไฟ โรงงานหล่อเหล็ก เป็นต้น ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาประเทศที่สำคัญยิ่ง ในปีหนึ่ง ๆ ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราให้กับต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ในการซื้อเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำมาใช้ในอุตสาหกรรม และยังต้องสูญเสียเงินตราในการซ่อมบำรุงเครื่องด้วย ดังนั้นถ้าเราสามารถศึกษาและพัฒนาเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำได้เองแล้ว ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมาก เพราะสามารถลดเงินตราออกนอกประเทศ อีกทั้งยังเป็นการพึ่งพาเทคโนโลยีของตัวเอง ทำให้มีความคล่องตัวในการซ่อมบำรุงและยังเป็นพื้นฐานในการพัฒนาอุตสาหกรรมทางด้านนี้ต่อไปภายภาคหน้า

การให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดความร้อนในชิ้นงานที่เป็นโลหะโดยการเหนี่ยวนำของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งค้นพบโดย Michael Faraday ในปี ค.ศ.1831 [P.G.Simpson,1966] จากการทดลองของ Michael Faraday พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจรทางขดปฐมภูมิ จะก่อให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นทางด้านทุติยภูมิถ้าขดทุติยภูมิเป็นวงจรปิด ต่อมา Lenz และ Neumann พบว่า กระแสเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะมีทิศทางที่ตรงข้ามกับสนามแม่เหล็กที่เป็นตัวเหนี่ยวนำ หลักการเหล่านี้ได้นำไปใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มอเตอร์ หม้อแปลง และอื่น ๆ กระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ดังกล่าวข้างต้น มักจะก่อให้เกิดความร้อนที่เป็นกำลังการสูญเสียและไม่เป็นที่ต้องการอย่างเช่นกำลังสูญเสียเกิดขึ้นกับแกนหม้อแปลงและมอเตอร์ แต่ปรากฏการณ์นี้กลับสามารถนำมาใช้ประโยชน์ เช่น ใช้ในการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่เป็นโลหะโดยการเหนี่ยวนำ

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำจะประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ จ่ายพลังงานให้กับขดลวดเหนี่ยวนำ ขดลวดเหนี่ยวนำจะสร้างสนามแม่เหล็กคล้องผ่านชิ้นงานทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนรอบชิ้นงาน(eddy current) ผลดังกล่าวทำให้

เกิดความร้อนขึ้นที่ชิ้นงานโดยที่ไม่มีการสัมผัสกันทางไฟฟ้าระหว่างขดลวดเหนี่ยวนำกับชิ้นงาน และยังเป็นการสร้างความร้อนให้เกิดขึ้นที่ชิ้นงานโดยตรง การให้ความร้อนโดยวิธีการเหนี่ยวนำ สามารถทำให้เกิดความร้อนเฉพาะตำแหน่งที่ได้ และช่วยลดปัญหามลภาวะเป็นพิษในอากาศ เมื่อเทียบกับการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานโดยการใช้เตา

ปรากฏการณ์ผิว(Skin Effect) เป็นปรากฏการณ์ที่สนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงคล้องผ่านชิ้นงานทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลวนรอบชิ้นงาน และจะหนาแน่นบริเวณใกล้ผิวชิ้นงาน ปรากฏการณ์นี้จะขึ้นกับความถี่ที่นำมาใช้งาน โดยความถี่ที่นำมาใช้งานจะมีผลต่อความลึกผิว(Skin Depth)ของชิ้นงาน โดยความลึกผิวของชิ้นงานจะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{\rho/(\pi\mu f)}$ ถ้าตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ จะได้ว่า ความลึกผิวจะแปรตาม $\sqrt{1/f}$ ดังนั้น ถ้าต้องการความลึกผิวไม่มาก ก็จะใช้ความถี่สูง และถ้าต้องการความลึกผิวมาก ก็จะใช้ความถี่ที่ไม่สูงมากนัก

การจำแนกเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่ใช้งานในปัจจุบันเมื่อพิจารณาจากลักษณะการใช้งานและความถี่ในการทำงาน สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ประเภทแรกใช้สำหรับการชุบแข็งผิวชิ้นงาน ที่ใช้ความถี่สูง ซึ่งได้จากหลอดสุญญากาศ และที่ใช้ความถี่ปานกลาง ซึ่งได้จากสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ จำพวก ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต ประเภทที่สองใช้สำหรับให้ความร้อนทั่วทั้งชิ้นงาน เช่น การหลอม การขึ้นรูปชิ้นงาน และการลดความเครียดในชิ้นงาน โดยความถี่ที่ใช้งานเป็นความถี่ต่ำ ซึ่งได้จากไฟฟ้ากระแสสลับจากโรงไฟฟ้า และความถี่ปานกลาง ที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขับเคลื่อนมอเตอร์ และสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ จำพวก ไทริสเตอร์

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่ทำการวิจัยและพัฒนาขึ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในลดความเครียดในชิ้นงานที่เป็นเหล็ก ความถี่ในการใช้งานเป็นความถี่ปาน-กลาง จึงใช้สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำจำพวก ไทริสเตอร์หรือเอสซีอาร์ โดยเอสซีอาร์ที่นำมาใช้งานจะเลือกเอสซีอาร์ที่มี turn off time สั้น ทำให้สามารถใช้ความถี่ในการทำงานได้สูง ประสิทธิภาพของเครื่องก็จะสูงขึ้น

การนำเอสซีอาร์มาใช้งานในวงจรอินเวอร์เตอร์นั้น ถ้าพิจารณาจากลักษณะการทำให้หยุดนำกระแสหรือการคอมมิวเตท สามารถจำแนกได้เป็น การคอมมิวเตทตามธรรมชาติ(Natural Commutation) ซึ่งการหยุดนำกระแสเกิดจากการลดลงของกระแสเองโดยธรรมชาติที่เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางของแรงดัน(Line Commutation) หรือเกิดจากพฤติกรรมของโหลด(Load Commutation) ส่วนอีกวิธีหนึ่ง การหยุดนำกระแสจะต้องใช้วงจรประกอบในการบังคับให้กระแสลดลงเป็นศูนย์หรือกลับทิศทางการนำ

กระแสเรียกว่า การคอมมิวเตทเชิงบังคับ(Force Commutation) การคอมมิวเตทแบบนี้มักจะมีความยุ่งยากมากกว่าวิธีแรก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือก การคอมมิวเตทตามธรรมชาติ ซึ่งเกิดจากพฤติกรรมของโหลด ทำให้วงจรอินเวอร์เตอร์มีความซับซ้อนน้อยลง อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้มีน้อยชิ้น และความน่าเชื่อถือของวงจรมีมากขึ้น

เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่ทำการวิจัยและพัฒนาขึ้น ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ ๆ ดังนี้

1) ขดลวดเหนี่ยวนำ(Induction Coil)

ขดลวดเหนี่ยวนำ เป็นขดลวดที่ใช้สำหรับสร้างสนามแม่เหล็กเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดความร้อนที่ชิ้นงาน ในงานวิจัยนี้ขดลวดเหนี่ยวนำจะมีการออกแบบให้สามารถการต่อตรงเข้ากับอินเวอร์เตอร์ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้หม้อแปลง(เหตุผลการไม่ใช้หม้อแปลงจะกล่าวไว้ในบทที่ 2)

2) แหล่งจ่ายไฟกระแสสลับความถี่ปานกลาง ประกอบด้วย วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ชนิด 3 เฟส ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และวงจรอินเวอร์เตอร์แบบกึ่งบริดจ์ ที่ทำหน้าที่แปลงผันไฟตรงที่ได้จากวงจรเรียงกระแส ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ 3500 เฮิรตซ์ เพื่อจ่ายพลังงานให้กับขดลวดเหนี่ยวนำโดยตรง วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้เอสซีอาร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เอสซีอาร์ทั้งสองจะสลับกันทำงานซึ่งคั่นการทำงานโดยไดโอดแต่ละตัวที่ต่อคร่อมเอสซีอาร์ตัวนั้น ๆ การทำงานของเอสซีอาร์อาศัยการคอมมิวเตทโดยโหลด เมื่อใช้การคอมมิวเตทโดยโหลด โหลดของอินเวอร์เตอร์จำเป็นต้องมีค่าตัวประกอบกำลังแบบนำหน้า(Leading Power Factor)

3) วงจรควบคุมและป้องกัน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำให้ทำงานได้สะดวก และป้องกันความผิดพลาดหรือผิดพร่องที่จะเกิดความเสียหายแก่วงจรภายในเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำในขณะใช้งาน

<u>วัตถุประสงค์การวิจัย</u>

เพื่อศึกษา ค้นคว้า และพัฒนา เครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำขนาด 12 กิโลโวลต์แอมแปร์ ความถี่ 3500 เฮิรตซ์ ที่ใช้เอสซีอาร์เป็นสวิตช์ เพื่อให้ความร้อนและลดความเครียดในแท่งเหล็ก

ขอบเขตและข้อกำหนดในการวิจัย

1) กำลังด้านขาออกของอินเวอร์เตอร์ 12 กิโลโวลต์แอมแปร์ และ 6.4 กิโลวัตต์

2) ความถี่ที่ภาคอินเวอร์เตอร์ 3500 เฮิรตซ์

3) แรงดันขาเข้า 3 เฟส 380 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์

4) สามารถให้ความร้อนแก่ชิ้นงานเหล็กทรงกระบอกตันที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 42 มิลลิเมตร

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1) สำรวจและค้นคว้าข้อมูลของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

2) ศึกษาทฤษฎีการให้ความร้อนโดยการเหนี่ยวนำและศึกษาขดลวดเหนี่ยวนำที่จะนำมาใช้ในการวิจัย

3) วิเคราะห์และออกแบบวงจรในแต่ละส่วนโดยการจำลองการทำงานของวงจรย่อส่วน(Model)ด้วยคอมพิวเตอร์

4) ออกแบบวงจรย่อส่วน(Model) ที่ทำการวิจัยทั้งหมดเพื่อดูแนวโน้มความเป็นไปได้ในการวิจัย

5) สร้าง ทดลอง และแก้ไขปรับปรุงวงจรย่อส่วน

6) วิเคราะห์และออกแบบวงจรในแต่ละส่วนโดยการจำลองการทำงานของวงจรจริงที่ทำการวิจัยด้วยคอมพิวเตอร์

7) สร้าง ทดลอง และแก้ไขวงจรที่ทำการวิจัยในแต่ละส่วน

8) นำแต่ละส่วนมาประกอบรวมกันและทดลองรวมกันทั้งหมด

9) แก้ไข ปรับปรุงวงจรและประเมินผลการทำงานของเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ

10) เขียนและพิมพ์วิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1) สามารถเข้าใจหลักการเทคนิค และปัญหาในการพัฒนาเครื่องให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ โดยมีความถี่ใช้งานภาคอินเวอร์เตอร์ 3500 เฮิรตซ์

2) หลักการและเทคนิคในการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำ ซึ่งอาจนำหลักการนี้ไปประยุกต์พัฒนา หรือวิจัยการให้ความร้อนแบบเหนี่ยวนำที่มีลักษณะอื่นอีก เช่น

เตาหลอมโลหะโดยการเหนี่ยวนำ เตาหุงต้มอาหารโดยการเหนี่ยวนำ การเชื่อมท่อในแนวยาวโดยการเหนี่ยวนำ เป็นต้น

3) ทำให้ช่วยลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และช่วยลดการสูญเสียเงินตราในการซื้อเทคโนโลยีเหล่านี้ได้มากขึ้นด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย