

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้า (Electrical discharge machining : EDM) เป็นกระบวนการแปรรูปวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้กับการขจัดเนื้อวัสดุที่สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ขจัดเนื้องานได้ยากด้วยวิธีธรรมดา เช่น วัสดุที่มีความแข็งสูง [Shankar, Jain, & Sundarajan, 1997] เนื่องจากกระบวนการขจัดเนื้อวัสดุด้วยวิธีการสปาร์ค จะเกิดขึ้นโดยการจ่ายประจุไฟฟ้าอิเล็กโตรดไปยังชิ้นงานผ่านของเหลวไดอิเล็กตริกในขณะที่มีสภาพเป็นไอออนพื้นที่เล็กๆ ที่เกิดการปลดปล่อยประจุไฟฟ้า จะเกิดความร้อนที่สูงมากจนกระทั่งเกิดการหลอมละลายหรือการกลายเป็นไอของวัสดุชิ้นงาน และถูกพัดพาออกไปโดยของเหลวไดอิเล็กตริก [Kalpakjial & Schmid, 2006] โดยทั่วไปแล้วในการขจัดเนื้อชิ้นงานด้วยวิธีการสปาร์ค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขจัดเนื้อชิ้นงานด้วยวิธีการสปาร์คโดยอิเล็กโตรดแบบแท่ง (Die-sinking EDM) จะสนใจลักษณะเฉพาะของการขจัดเนื้องาน (Machining characteristics) 3 อย่างด้วยกัน คือ อัตราการขจัดเนื้องาน (Material removal rate: MRR) ความหยาบผิวของชิ้นงาน (Surface roughness) และอัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโตรด (Electrode wear ratio: EWR) เนื่องจากลักษณะเฉพาะของการขจัดเนื้องานทั้ง 3 อย่างที่กล่าวมามีอิทธิพลต่อต้นทุนของกระบวนการแปรรูปและคุณภาพของชิ้นงานที่ได้ [Guu, & Hocheng, 2001, Abu Zeid, 1997]

กระบวนการขจัดเนื้องานด้วยวิธีการสปาร์คนั้น จะมีข้อดีในการกัดชิ้นงานด้วยวัสดุที่มีรูปร่างพิเศษ หรือกัดวัสดุที่มีความแข็ง เช่น แม่พิมพ์พลาสติก แม่พิมพ์โลหะ วัสดุคาร์ไบด์ และวัสดุทางด้านวิศวกรรม แต่ทั้งนี้การสปาร์คนั้นถูกใช้อย่างกว้างขวางในด้านวิศวกรรมการผลิต แต่ก็ยังมีข้อเสียอยู่ โดยหนึ่งในข้อเสียที่สำคัญนั้นก็คือ ประสิทธิภาพการกัดชิ้นงานของการสปาร์คมีค่าต่ำ และค่าความหยาบของพื้นผิวของชิ้นงานมีค่ามาก [Wang et al., 2002, Songmei, & Wansheng, 1998] ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ จึงได้มีการนำกระบวนการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิก (Ultrasonic Vibration : USV) เข้ามาเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งการขัดแกะชิ้นงานโดยการสั่นนี้จะให้หลักการของคลื่นความถี่เหนือเสียงจากเครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic Machining : USM) ไปทำให้เกิดการสั่นที่บริเวณชุดเครื่องมือ

เพื่อส่งต่อกำลังไปยังวัสดุกัดกร่อน ซึ่งอยู่ในสภาพที่เป็นสารละลายผสมผงขัด ผงขัดที่อยู่ในสารละลายนี้จะมีคมตัด ซึ่งจะถูกส่งไปขัดสีกับผิวชิ้นงานให้ส่วนดังกล่าวหลุดออกไปได้ ซึ่งระบบการขัดแคะด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิกนี้ จะเหมาะกับการปฏิบัติการกับชิ้นงานที่เปราะหรือทำจากวัสดุที่แข็ง ชิ้นงานที่นำและไม่นำกระแสไฟฟ้า เช่น เซรามิกส์ แก้ว และคาร์ไบด์ หรือแม้กระทั่งโลหะ เช่น เหล็กไร้สนิม ไทเทเนียม นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับชิ้นงานที่ต้องการผิวสำเร็จที่มีความเรียบสูง แต่กระบวนการนี้ยังมีข้อจำกัด โดยชุดเครื่องมือจะเกิดการสึกกร่อนมากกว่าอัตราการขจัดเนื้องาน ปรับจูนเครื่องบ่อยครั้ง และไม่เหมาะกับการปฏิบัติการกับวัสดุที่อ่อน [Pandey, & Shan, 1980, Jain, 2002, Gilmore, 1991]

กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก (EDM combined with Ultrasonic Vibration : EDM/USV) เป็นการประยุกต์โดยการนำการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิกเข้ามาทำงานร่วมกันกับกระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถเข้ามาช่วยแก้ไขทั้งสองข้อเสียนั้นได้ โดยการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิกจะทำให้เกิดกลุ่มฟองอากาศในสารไดอิเล็กตริกบริเวณที่จะเกิดการสปาร์ค ซึ่งฟองอากาศเกิดขึ้นได้นั้นเนื่องมาจากโครงสร้างของของเหลวตัวกลางได้รับคลื่นอัลตราโซนิก จะถูกบีบอัดและคลายตัวเข้าไปมาเป็นจำนวนหลายพันรอบ ทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น [Atchley, & Crum, 1998] ฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะเป็นตัวที่เข้าไปช่วยไล่ ขจัด พัดพาให้เศษวัสดุชิ้นงานทั้งที่หลุดออกและที่ยังติดอยู่บริเวณผิวชิ้นงานที่เกิดจากการสปาร์คให้หลุดออกได้ง่ายขึ้น เศษและอนุภาคโลหะในช่องว่างที่เกิดมากขึ้นจะทำให้เกิดการสะสมก่อรูปเป็นสะพานตัวนำไฟฟ้า ทำให้เกิดการสปาร์คที่ผิดปกติหรือเกิดการอาร์คขึ้นทำให้ผิวชิ้นงานและอิเล็กโทรดถูกทำลาย ด้วยเหตุนี้เองจึงต้องมีการไล่หรือขจัดเศษอนุภาคโลหะออกไปจากช่องว่างให้ได้มากที่สุดโดยใช้ระบบการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิก ในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการทำงานของกระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้าให้สูงมากยิ่งขึ้น โดยนำกระบวนการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิกเข้ามาทำงานร่วมกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับเครื่องกัดโลหะด้วยไฟฟ้าด้วยการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิก

1.2.2 พัฒนาคุณภาพงานด้วยกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

1.2.3 ศึกษาผลจากการกำหนดความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่มีต่อคุณสมบัติในการแปรรูปโลหะด้วยกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ได้แก่ กระแสไฟฟ้า ผงขัด

1.2.4 ศึกษาผลของอนุภาคที่เกิดจากการสปาร์คในกระบวนการกัดโลหะด้วยไฟฟ้า

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

1.3.1 ชิ้นงานทดลองเป็นเหล็กเพลาชาว (JIS SS400)

1.3.2 อิเล็กโทรดที่ใช้คือ แท่งทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร กัดชิ้นงานลึก 0.3 มิลลิเมตร

1.3.3 สารไดอิเล็กตริกและผงขัดที่ใช้ คือ น้ำมันแร่เกรด Shell EDM Fluid 2A และ ซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ขนาด 50 ไมโครเมตร (μm)

1.3.4 ความต่างศักย์วงจรเปิด (Open-circuit voltage, V_g) คือ 250 โวลท์ และค่าปัจจัยประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 50%

1.3.5 ผลการทดลอง ประเมินจาก

1. อัตราการขจัดเนื้องาน (Material Removal Ratio, MRR)
2. อัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรด (Electrode Wear Ratio : EWR)
3. ความหยาบผิวเฉลี่ย (Average surface roughness)
4. ลักษณะความหนาชั้นหลอมสีขาว (White layer)
5. รอยแตกร้าวขนาดเล็ก (Micro-cracks)

1.4 ระเบียบวิธีในการวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการกัดชิ้นงานด้วยไฟฟ้า

1.4.2 ศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 ออกแบบการทดลอง เตรียมชิ้นงาน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิจัย

1.4.4 ปฏิบัติการทดลองกัดชิ้นงานด้วยไฟฟ้าในน้ำมันแร่

1.4.5 ทดสอบหาค่าอัตราการขจัดเนื้องานและค่าอัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรดที่เกิดจากการสปาร์ค

1.4.6 ตรวจสอบและทำการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของชิ้นงานหลังการสปาร์ค ด้วยเครื่องวัดความหยาบผิว และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Scanning electron microscope, SEM)

1.4.7 ตรวจสอบชั้นหลอมสีขาวที่เกิดจากการสปาร์ค

1.4.8 บันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ

1.4.9 สรุปผลการทดลองการกัดชิ้นงานเหล็กเพลลาขาวด้วยไฟฟ้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกัดโลหะด้วยไฟฟ้า

1.5.2 ทราบถึงผลจากการทำงานร่วมกันของกระบวนการกัดด้วยไฟฟ้า และการสั่น ด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิก ที่มีผลต่อการแปรรูป และความหยาบผิวของชิ้นงาน ในการแปรรูป เหล็กเพลลาขาว ด้วยกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก

1.5.3 ได้องค์ความรู้พื้นฐานในการแปรรูปโลหะ ด้วยกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก