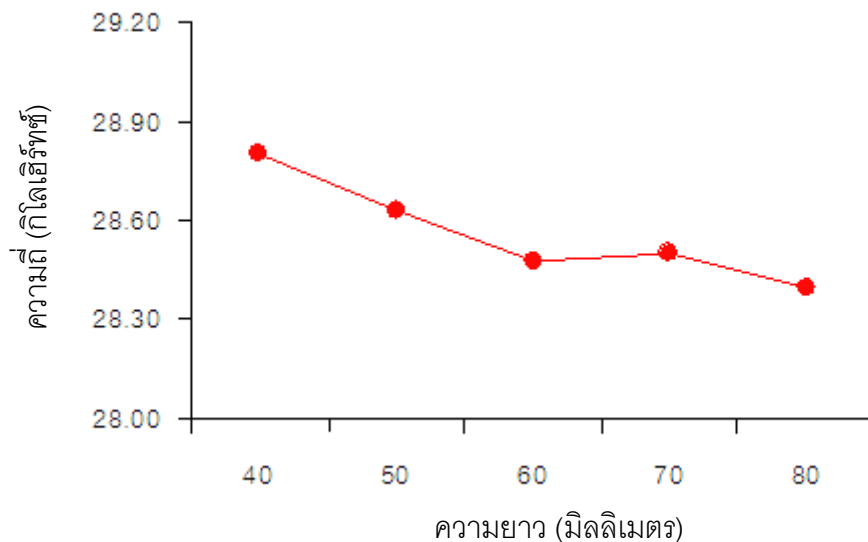


บทที่ 4

ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 การศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนระยะความยาวของฮอว์นต่อความถี่

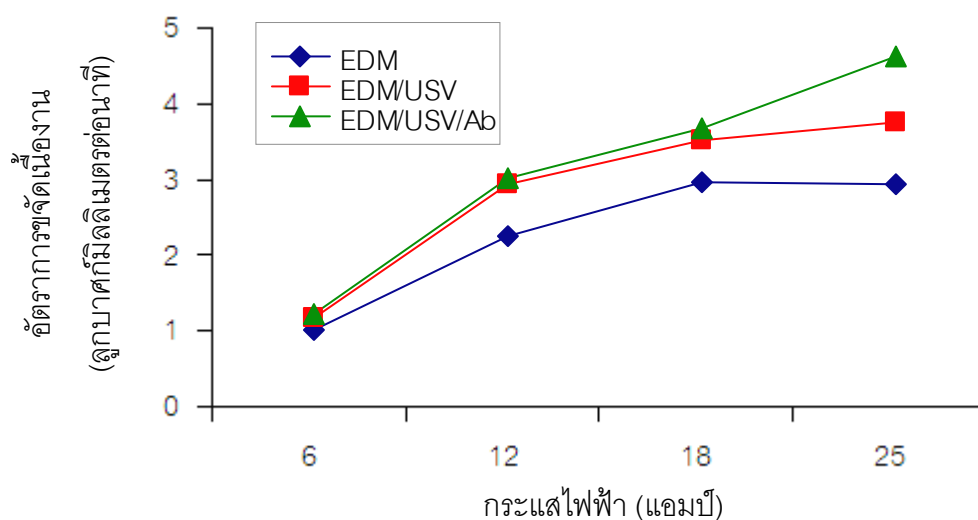
ขั้นตอนแรกได้วัดความถี่เพื่อตรวจสอบผลของความถี่ต่อความยาวของอิลีกโตรด เพื่อให้มั่นใจว่าในการสีกหรือของอิลีกโตรดระหว่างการสปาร์คจะมีผลต่อค่าความถี่หรือไม่ โดยความถี่ของเครื่องอยู่ที่ 28 กิโลเฮิร์ตซ์ ความถี่ที่ปลายอิลีกโตรดถูกวัดด้วยเลเซอร์ (Laser Vibrometer) ภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงความยาวของฮอว์นที่ระยะ 40 - 80 มิลลิเมตร ซึ่งผลที่ได้ คือ ความยาวที่ระยะดังกล่าวมีผลต่อความถี่น้อยมาก ความถี่ที่วัดได้อยู่ในช่วง 28-29 กิโลเฮิร์ตซ์



ภาพที่ 4.1

ผลของการเปลี่ยนระยะความยาวของอิลีกโตรดต่อความถี่

4.2 การศึกษาถึงผลของกระบวนการสปาร์ค (EDM) กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก (EDM/USV) และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ (EDM/USV/Ab) ต่ออัตราการขจัดเนื้องาน (Material Removal Rate ; MRR)

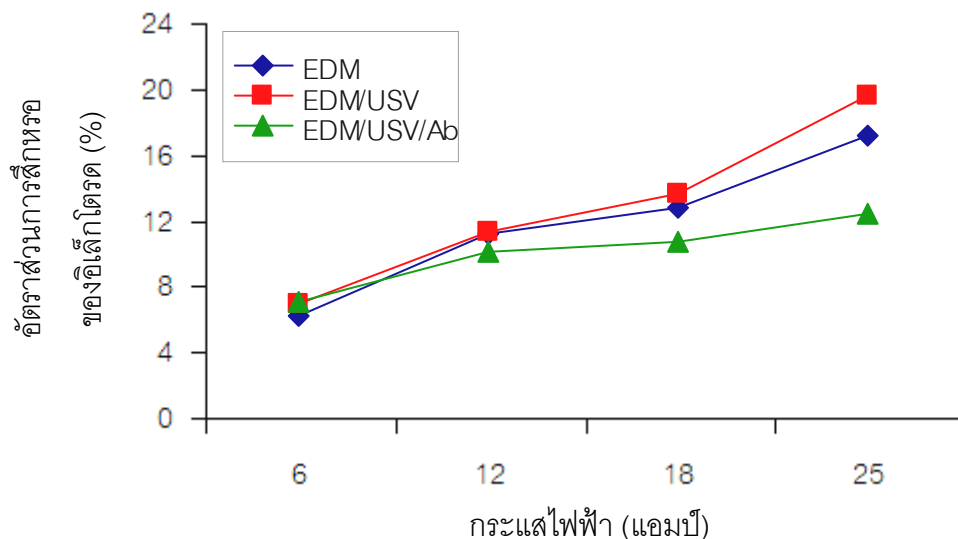


ภาพที่ 4.2
อัตราการขจัดเนื้องานของชิ้นงานเหล็กเพลลาขาว

ภาพที่ 4.2 แสดงถึงอัตราการขจัดเนื้องานของการกัดชิ้นงานเหล็กเพลลาขาว ภายใต้เงื่อนไขควบคุมของกระบวนการสปาร์ค, กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ที่ค่ากระแสไฟฟ้า 6, 12, 18, และ 25 แอมป์ และค่าปัจจัยประสิทธิภาพ 50% จากภาพแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของค่ากระแสไฟฟ้าที่มีผลต่ออัตราการขจัดเนื้องาน เมื่อทำการพิจารณาเปรียบเทียบอัตราการขจัดเนื้องานที่ได้จากทั้งสามกระบวนการ จะเห็นได้ว่าอัตราการขจัดเนื้องานจากกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงซิลิคอนคาร์ไบด์ มีค่ามากกว่ากระบวนการสปาร์ค และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามค่ากระแสไฟฟ้า ขณะที่กระบวนการสปาร์คจะมีค่ามากขึ้นเช่นกัน แต่จะลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

สาเหตุที่เป็นดังนี้ เนื่องจากเมื่อกระแสไฟฟ้าสูงขึ้นเศษอนุภาคโลหะที่เกิดจากการสปาร์คจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและเพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาจจะถูกขจัดด้วยระบบฉีดพ่นของของเหลวตัวกลาง (flushing) อย่างเดียวไม่พอ ทำให้ความหนาแน่นของอนุภาคโลหะหรือเศษโลหะในช่องว่างมีมากขึ้น จึงทำให้เกิดการสะสมของเศษอนุภาคโลหะก่อรูปเป็นสะพานตัวนำไฟฟ้า ทำให้การดิสชาร์จหรือการสปาร์คครั้งต่อไปขาดเสถียรภาพ และอาจทำให้เกิดการลัดวงจร ทำให้การสปาร์คขาดหายไป ประสิทธิภาพการกัดเซาะจึงลดลง [ทวีป จีระประดิษฐ์, 2538] แต่เมื่อพิจารณาอัตราการขจัดเนื้องาน ระหว่างกระบวนการสปาร์ค, กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด พบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าสูงขึ้น อัตราการขจัดเนื้องานก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน เนื่องจากทั้งสองกระบวนการดังกล่าว ได้มีการเพิ่มระบบการสั่นด้วยความถี่อัลตราโซนิกเข้าไปในกระบวนการสปาร์ค จะทำให้เกิดการสั่นขึ้นที่ปลายแท่งอิเล็กโทรด ภายใต้ความถี่สูงที่จ่ายจากเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูงเข้าสู่บริเวณที่เกิดการสปาร์คระหว่างอิเล็กโทรดและชิ้นงาน ซึ่งการสั่นด้วยความถี่สูงนี้จะเข้าไปช่วยในการขจัดหรือขับไล่ให้อนุภาคเศษโลหะออกจากบริเวณที่เกิดการสปาร์ค ซึ่งจะทำให้เกิดการสปาร์คที่มีเสถียรภาพ ส่วนกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด จะพบว่าอัตราการขจัดเนื้องานใกล้เคียงกับกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกจนถึงค่ากระแสไฟฟ้า 18 แอมป์ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อถึงค่ากระแสไฟฟ้า 25 แอมป์ อัตราการขจัดเนื้องานที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากการเพิ่มระบบการสั่นด้วยความถี่อัลตราโซนิกดังที่ได้กล่าวในขั้นต้น แล้วยังมีการผสมผงอนุภาคหรือผงขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ลงในของเหลวตัวกลาง ซึ่งผงขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ที่ผสมในสารไดอิเล็กตริกจะเข้าไปช่วยไล่เศษได้มากขึ้น จึงทำให้อโอกาสในการสปาร์คเกิดได้มากขึ้น

4.3 การศึกษาถึงผลของกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ ต่ออัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรด



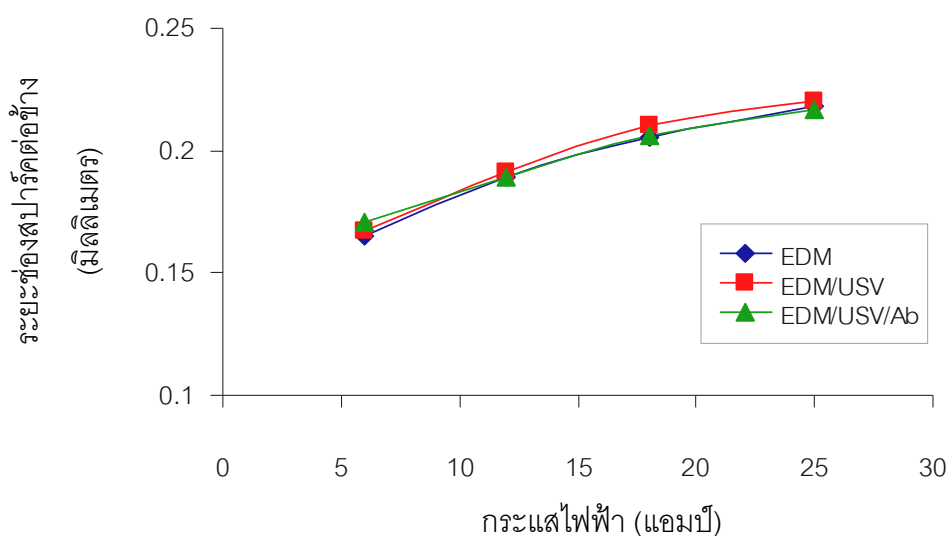
ภาพที่ 4.3

อัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรดของชิ้นงานเหล็กเพลลาขาว

ภาพที่ 4.3 แสดงถึงอัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรด ของการกัดชิ้นงานเหล็กเพลลาขาว ภายใต้เงื่อนไขควบคุมของกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคผงซิลิคอนคาร์ไบด์ ค่าปัจจัยประสิทธิภาพ 50% จากภาพแสดงให้เห็นถึงผลของกระแไฟฟ้าต่ออัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรด พบว่าเมื่อกระแไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอัตราส่วนการสึกหรอมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเหมือนกันทั้งสามกระบวนการ โดยที่อัตราส่วนการสึกหรอจากกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เหตุเพราะการสั่นของระบบอัลตราโซนิกทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของอิเล็กโทรด ช่วยให้การไหลของของเหลวตัวกลางดีขึ้น ซึ่งจะไปทำให้อนุภาคหรือเศษโลหะที่ถูกสปาร์คถูกขับออกได้ง่าย ทำให้การสปาร์คมีประสิทธิภาพ จึงทำให้ประสิทธิภาพการสปาร์คเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ [ทวีป จีระประดิษฐ์, 2538] ซึ่งจะมีผลต่อการสึกหรอของอิเล็กโทรดโดยตรง และจากการพิจารณาอัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรด จากภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า อัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโทรดของกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตรา

เทคนิคที่ผสมอนุภาคผงขัดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่ำที่สุด ซึ่งผงอนุภาคจะเข้าไปขัดขวางและช่วยลดการเกิดการสปาร์คจากอิเล็กโตรดโดยตรง ดังนั้นจึงเป็นเหตุให้กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด มีอัตราส่วนการสึกหรอของอิเล็กโตรดต่ำ [Marek, &Jerzy,]

4.4 ช่องไฟในการสปาร์ค (Gap)

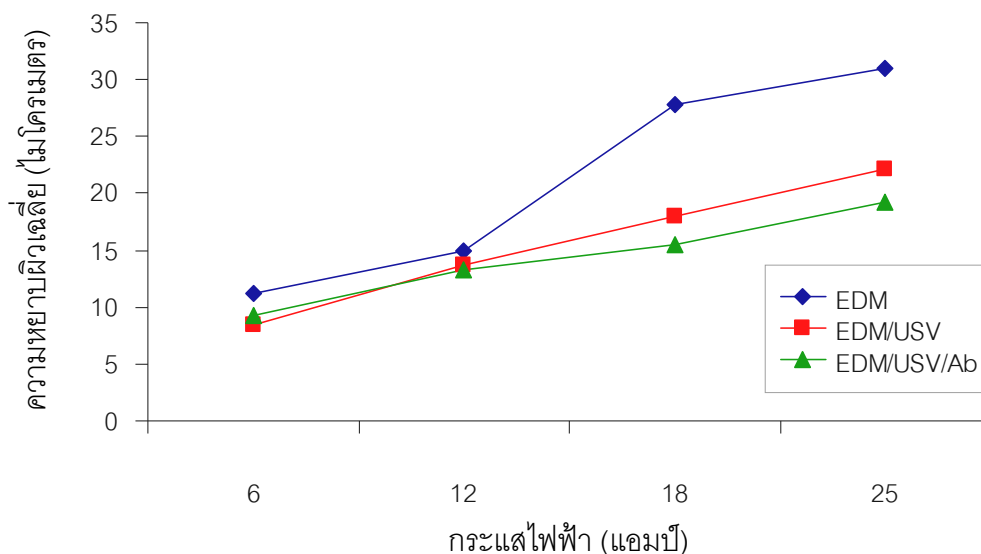


ภาพที่ 4.4

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับช่องสปาร์ค

จากภาพที่ 4.4 เป็นการเปรียบเทียบช่องสปาร์คต่อข้างที่เกิดจากกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด ซึ่งจะพบว่า ช่องสปาร์คต่อข้างที่เกิดจากกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก จะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับกระบวนการสปาร์ค และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามกระแสไฟที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่นำเอาอัลตราโซนิกเข้ามาทำงานร่วมกันกับกระบวนการสปาร์ค และการผสมผงอนุภาคหรือผงขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ในของเหลวตัวกลาง จะมีความแม่นยำ เทียบตรง ไม่แตกต่างจากกระบวนการสปาร์ค

4.5 การศึกษาถึงผลของกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ ต่อความหยาบผิวเฉลี่ย



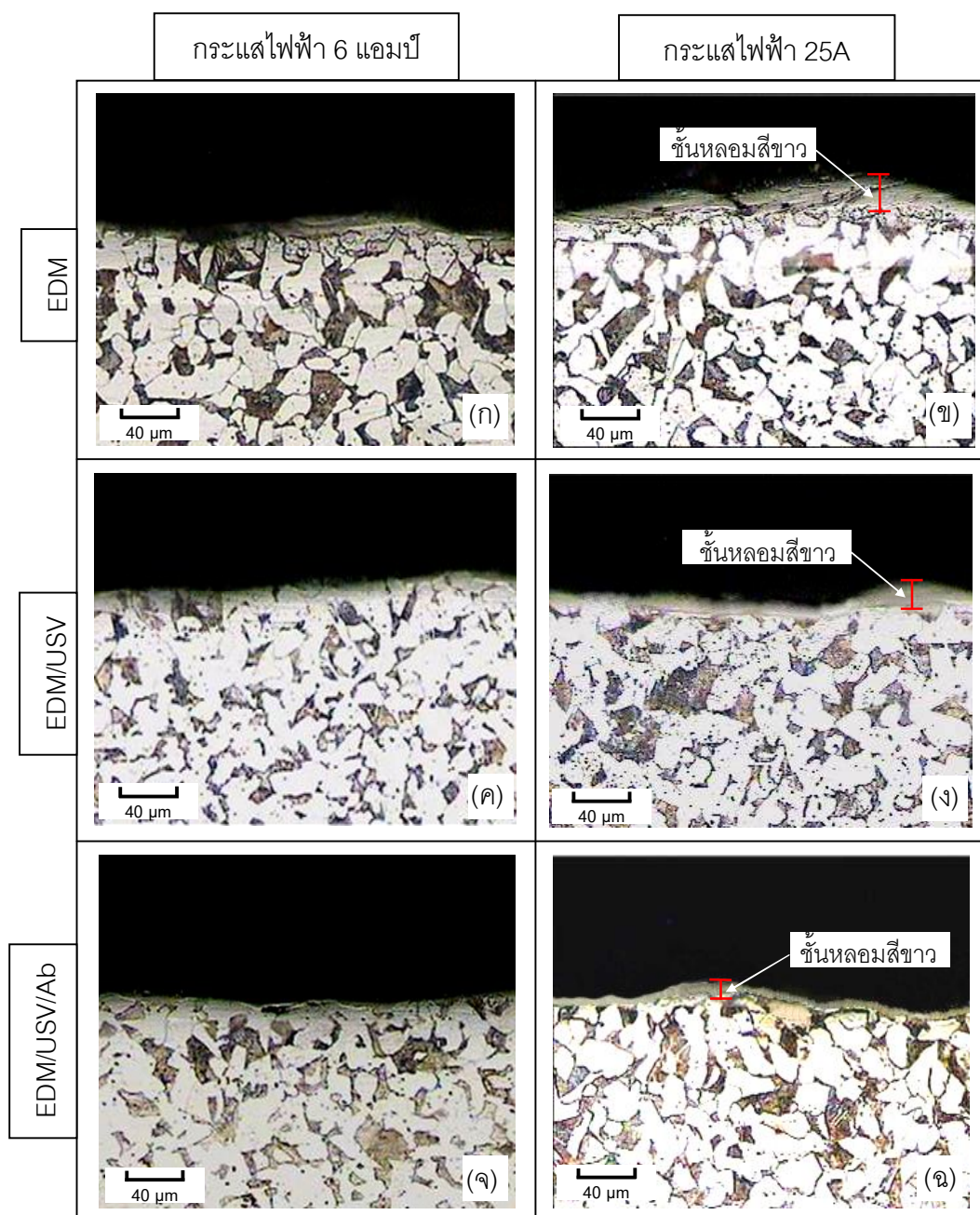
ภาพที่ 4.5
ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ของชิ้นงานเหล็กเพลลาขาว

จากภาพจะเป็นการเปรียบเทียบความหยาบผิวของทั้งสามกระบวนการ พบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ความหยาบผิวมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทั้งสามกระบวนการ โดยที่ความหยาบผิวจากกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงซิลิคอนคาร์ไบด์ จะให้ความหยาบผิวค่อนข้างต่ำกว่ากระบวนการสปาร์ค และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และเมื่อทำการพิจารณาที่กระแสไฟฟ้าที่มีค่าต่ำ (6 แอมป์) ความหยาบผิวของทั้งสามกระบวนการมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาที่กระแสไฟฟ้าสูง (25 แอมป์) จะเห็นได้ว่ากระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงซิลิคอนคาร์ไบด์มีค่าต่ำที่สุด เหตุที่ความหยาบผิวของกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงซิลิคอนคาร์ไบด์ มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักและมีค่าน้อยกว่าความหยาบผิวจากกระบวนการสปาร์ค และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก เหตุเพราะการสั่นด้วยคลื่นความถี่อัลตราโซนิกที่ปลายแท่งอิเล็กโทรดอาจจะไปช่วยทำให้เศษโลหะหรืออนุภาคโลหะที่เกิดจากการสปาร์คถูกขจัดได้โดยง่าย

ไม่ทำให้เกิดการสปาร์กที่ผิดปกติ ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสปาร์กขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ที่ผิวชิ้นงาน นอกจากนี้การสั้นของอิเล็กโทรดที่เกิดจากเครื่องกำเนิดคลื่นเสียงความถี่สูง จะส่งผ่านไปยังอนุภาคผงขัดที่ผสมเข้าไปในสารไดอิเล็กตริก ซึ่งจะทำให้อนุภาคของผงขัดเคลื่อนที่เข้าไปช่วยในการขัดหรือขจัดส่วนที่ขรุขระที่เกิดจากการสปาร์ก ดังนั้นความหนาของกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด จึงมีความเรียบมากกว่าสองกระบวนการข้างต้น

4.6 การศึกษาถึงผลของกระบวนการสปาร์ก กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ ต่อลักษณะความหนาชั้นหลอมสีขาว

ภาพที่ 4.6 แสดงพื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นงานเหล็กเพลลาขาวที่ถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ซึ่งชิ้นงานนี้ผ่านการกัดด้วยน้ำยา เปรียบเทียบกระบวนการสปาร์ก กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด โดยทั้งสามกระบวนการข้างต้น จะใช้กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์ และ 25 แอมป์ เวลาเปิด 25 ไมโครวินาที เวลาปิด 25 ไมโครวินาที และความต่างศักย์วงจรเปิด 250 โวลท์ เพื่อศึกษาวิเคราะห์ถึงลักษณะความหนาของชั้นหลอมสีขาว พบว่า เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการกัดสปาร์กจากทั้งสามกระบวนการ จะทำให้เกิดการหลอมละลายรวมตัวกันระหว่างอนุภาคที่ถูกแยกออกมาจากอิเล็กโทรดกับชิ้นงาน จากนั้นจะถูกทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วด้วยของเหลวตัวกลางจนกลายเป็นชั้นของแข็งปกคลุมอยู่บนผิวหน้าของชิ้นงาน ซึ่งมีลักษณะเนื้อเป็นสีขาว เมื่อพิจารณาการกัดสปาร์กชิ้นงานที่กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์ จะเห็นว่าชั้นหลอมสีขาวที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความหนาค่อนข้างน้อย ไม่แตกต่างกันมาก ดังภาพที่ 4.6 (ก), (ค) และ(จ) และตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาการกัดสปาร์กชิ้นงานที่กระแสไฟฟ้า 25 แอมป์ ของทั้งสามกระบวนการพบว่าชั้นหลอมสีขาวที่เกิดจะมีความหนามากกว่าชั้นหลอมสีขาวที่เกิดจากกระแสไฟฟ้า 6 แอมป์



ภาพที่ 4.6

พื้นที่ภาคตัดขวางของชิ้นงานที่แสดงให้เห็นลักษณะชั้นหลอมสีขาวที่ปกคลุมบริเวณผิวหน้าชิ้นงาน
ของแต่ละกระบวนการ ที่กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์ และ 25 แอมป์

จากภาพที่ 4.6 (ง) เมื่อเทียบกับ (ข) จะพบว่า เมื่อกััดสปาร์คร่วมกับคลื่นอัลตราโซนิก จะทำให้ชั้นหลอมสีขาวมีความหนาลดลง เพราะการสั่นของคลื่นอัลตราโซนิกทำให้เกิดฟองอากาศ ซึ่งฟองอากาศจะเข้าไปช่วยไล่ พัดพา เศษอนุภาคโลหะที่เกิดจากการสปาร์คที่บริเวณผิวหน้าชิ้นงานออก ซึ่งฟองอากาศเกิดจากของเหลวตัวกลางได้รับคลื่นอัลตราโซนิกจะถูกบีบอัด (compress) และคลายตัว (stretch) ซ้ำไปมาเป็นจำนวนหลายพันรอบ ทำให้เกิดฟองอากาศขึ้น และเมื่อผสมอนุภาคผงขัดก็จะได้ความหนาของชั้นหลอมสีขาวบางลงอีก ดังภาพที่ 4.6 (ฉ) ซึ่งผงอนุภาคจะเข้าไปช่วยลดพลังงานในการสปาร์ค จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของกระแสไฟฟ้าทั่วบริเวณพื้นผิวชิ้นงานแบบกระจาย [Singh, et al., 2005] การผสมผงอนุภาคในของเหลวตัวกลางนี้จะทำให้ความหนาของชั้นหลอมสีขาวลดลง [Pecas, &Henriques, 2003] เพราะผงอนุภาคจะเข้าไปขัดชั้นหลอมสีขาวออก

ตารางที่ 4.1

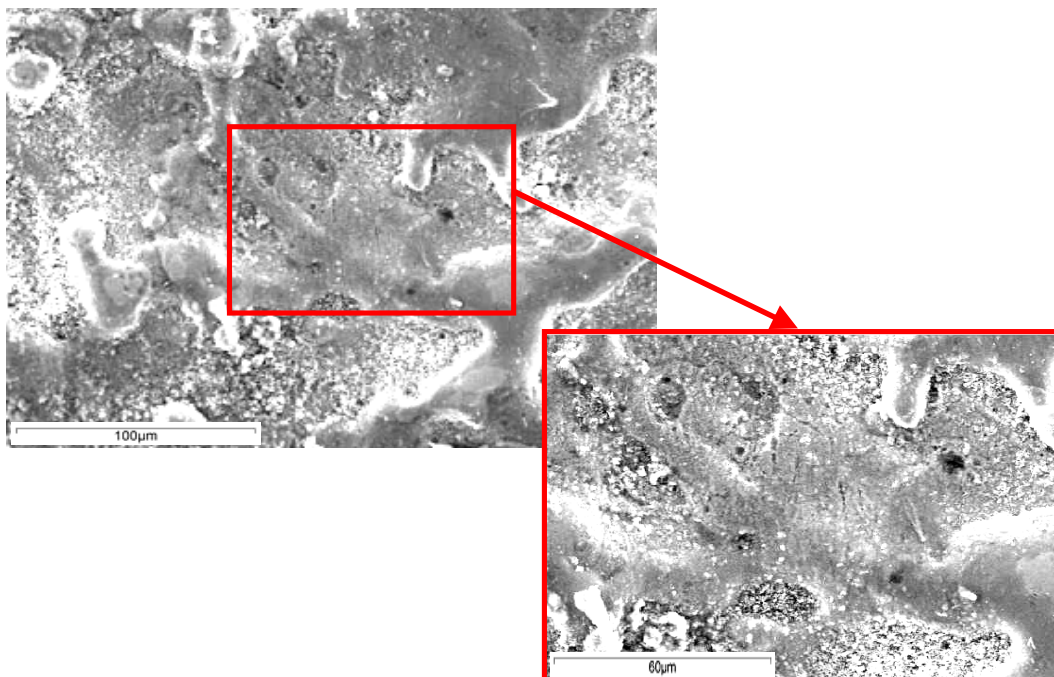
ความหนาของชั้นหลอมสีขาวในแต่ละกระบวนการ

กระแสไฟฟ้า (แอมป์)	ช่วงความหนาของชั้นหลอมสีขาว (ไมโครเมตร)			ความหนาของชั้นหลอมสีขาว (ไมโครเมตร)		
	EDM	EDM/USV	EDM/USV/Ab	EDM	EDM/USV	EDM/USV/Ab
6	8-17	4-13	4-8	8.94	5.46	4.47
25	7-26	13-22	8-18	17.89	12.92	9.44

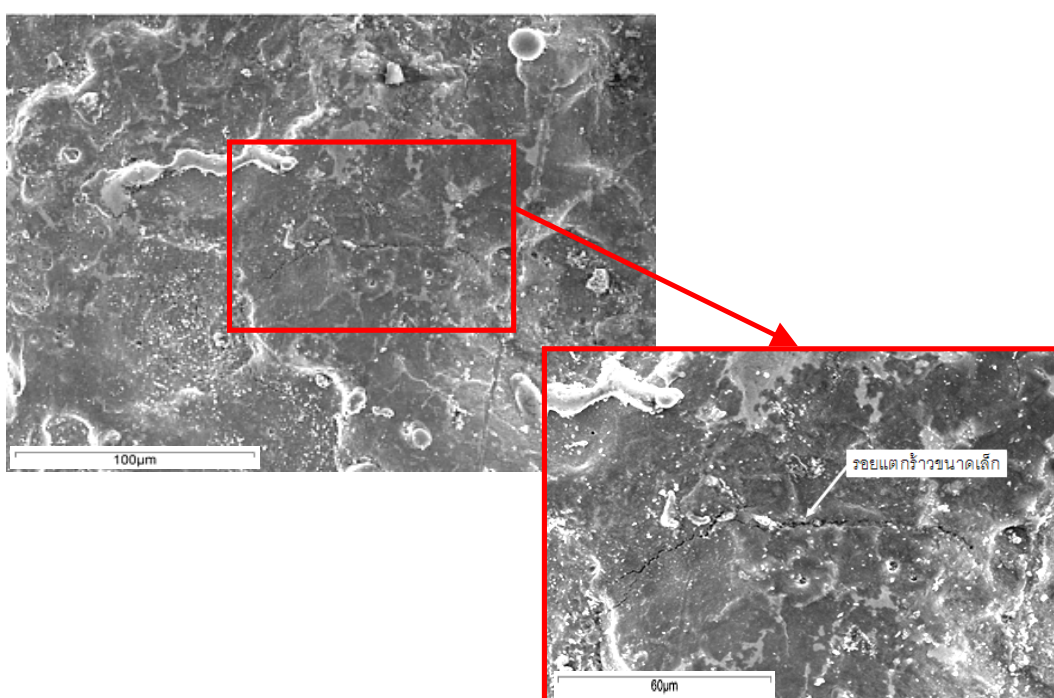
4.7 การศึกษาถึงผลของกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคซิลิคอนคาร์ไบด์ ต่อรอยแตกร้าวขนาดเล็กบริเวณผิวหน้าชิ้นงาน

จากภาพที่ 4.7 ถึงภาพที่ 4.9 แสดงรูปถ่ายผิวหน้าด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของวัสดุชิ้นงานเหล็กเพลาชาว ที่เกิดจากการสปาร์คที่กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์ และ 25 แอมป์ ปัจจัยประสิทธิภาพ 50% และความต่างศักย์วงจรเปิด 250 โวลท์ ของกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผงอนุภาคผงขัด จากผลการทดลองจะพบว่าเกิดรอยแตกร้าวบนบริเวณผิวหน้าชิ้นงานทุกกระบวนการ และการเพิ่มกระแสไฟฟ้าจะมีผลทำให้ลักษณะของผิวหน้าชิ้นงานมีความ

ขรุขระเพิ่มสูงขึ้น และรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเช่นเดียวกัน แต่ผลทั้งหมดเป็นเพียงการสังเกตและทำการวิเคราะห์จากรูปถ่ายผิวหน้าด้วย SEM ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงปริมาณความหนาแน่นของรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้นจริง ภาพแสดงรอยแตกร้าวสามารถวัดได้ตามวิธีของ O'Brien, Taylor และ Lee นั่นคือ การหาความยาวรวมของรอยแตกร้าวทั้งหมดในพื้นที่ทำการวัดมารวมกัน (Cr.S.Dn) [O'Brien, Taylor, et al., 2003] ผลการทดลองที่ได้แสดงดังภาพที่ 4.7 ถึงภาพที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบรอยแตกร้าวที่เกิดขึ้น เมื่อทำการพิจารณาที่ทุก ๆ กระบวนการและทุก ๆ ค่ากระแสไฟฟ้า พบว่า เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น รอยแตกร้าวขนาดเล็กต่อพื้นที่จะเพิ่มขึ้นในทุกกระบวนการ เนื่องมาจากพลังงานที่มากขึ้นจะส่งผลให้เกิดความเค้นที่ผิวชิ้นงาน และเกิดเป็นรอยแตกร้าวขนาดเล็กขึ้นมา ซึ่งความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการสปาร์ค ดังภาพที่ 4.7 และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก ดังภาพที่ 4.8 จะมีความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กไม่แตกต่างกันมากนัก แต่เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.9 กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัด จะพบว่าความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กจะมีค่าต่ำที่สุด และความรุนแรงของรอยแตกร้าวในแต่ละชิ้นงานจะมีค่าไม่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดจากทั้งสามกระบวนการ การที่ความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กของกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัดมีค่าต่ำ เนื่องมาจากแรงสั่นจากความถี่อัลตราโซนิกจะช่วยลดความเค้นตกค้างและผงขัดที่ผสมในของเหลวตัวกลาง ระหว่างการสปาร์คของเหลวตัวกลางที่มีผงขัดผสมอยู่จะยิ่งช่วยลดการเกิดความเค้นตกค้างที่ผิวของชิ้นงาน [Peças', &Henriques,2003, Singh, &Khamba, 2005] โดยขณะที่ทำการสปาร์ค กระแสไฟฟ้าจะสปาร์คต่อเนื่องกันระหว่างผงขัดที่กระจายตัวอยู่ในสารไดอิเล็กตริก และระยะช่องไฟที่ทำการสปาร์คมีมากขึ้น จึงทำให้พลังงานจากค่าไฟในการสปาร์คมีค่าต่ำลง ผลที่ได้คือ ความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กน้อยลงไปด้วย [Puert, et al., 2004; Lee, &Li, 2003]



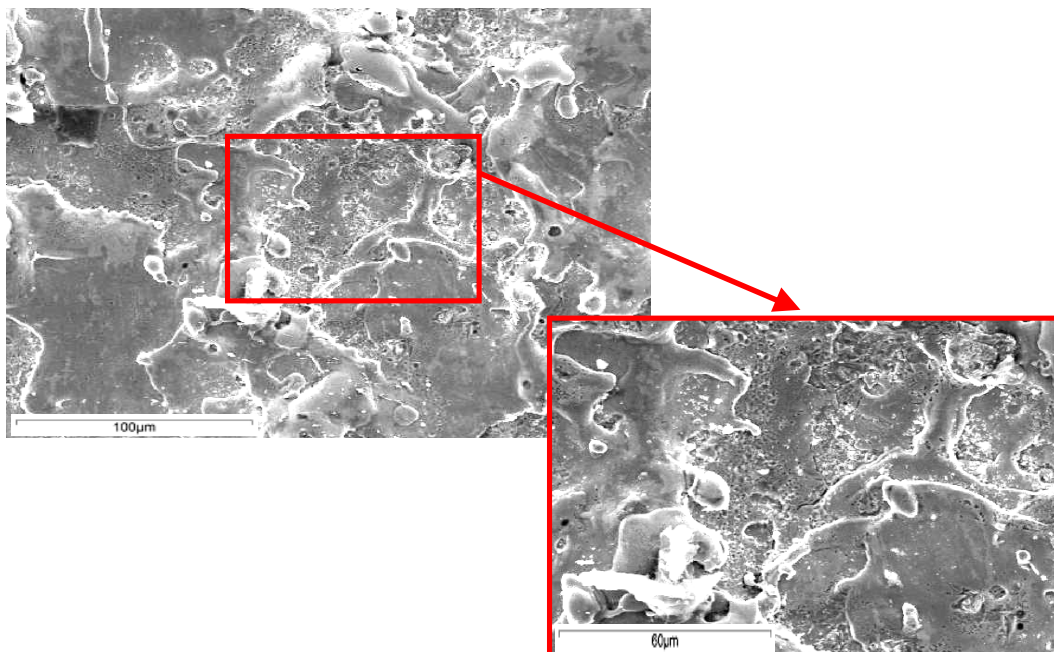
(ก) กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์



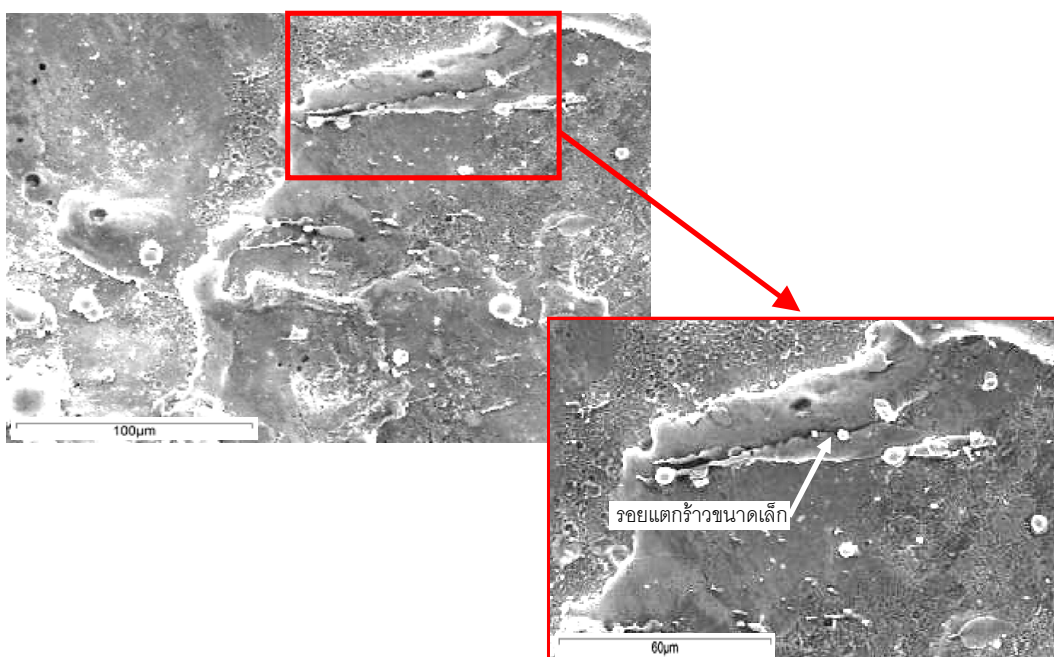
(ข) กระแสไฟฟ้า 25 แอมป์

ภาพที่ 4.7

รอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการสปาร์ค



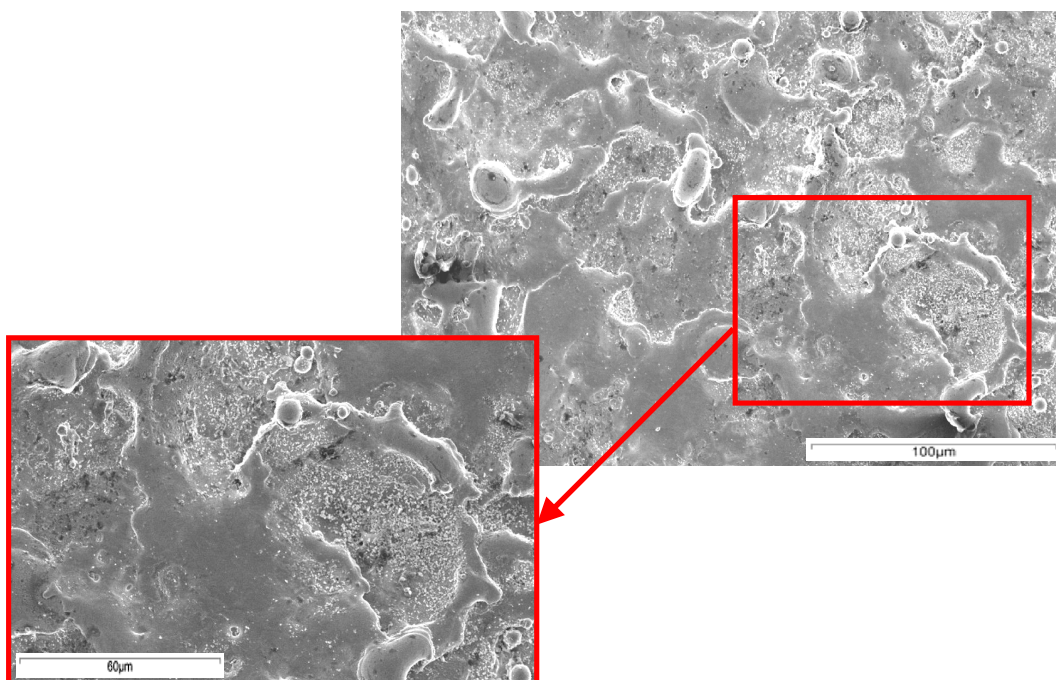
(ก) กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์



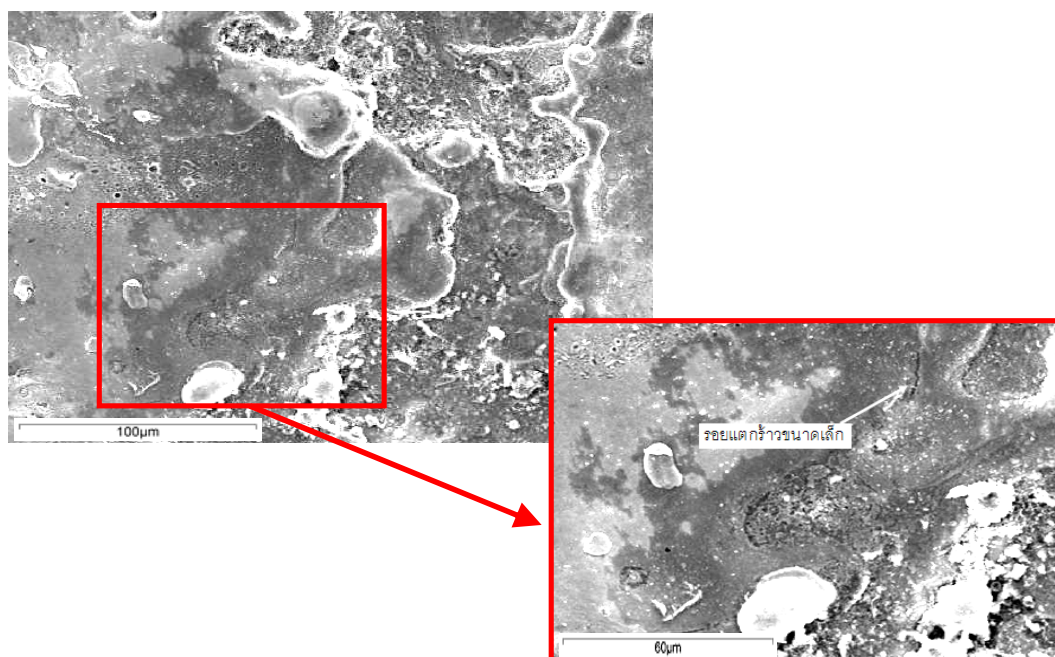
(ข) กระแสไฟฟ้า 25 แอมป์

ภาพที่ 4.8

รอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก



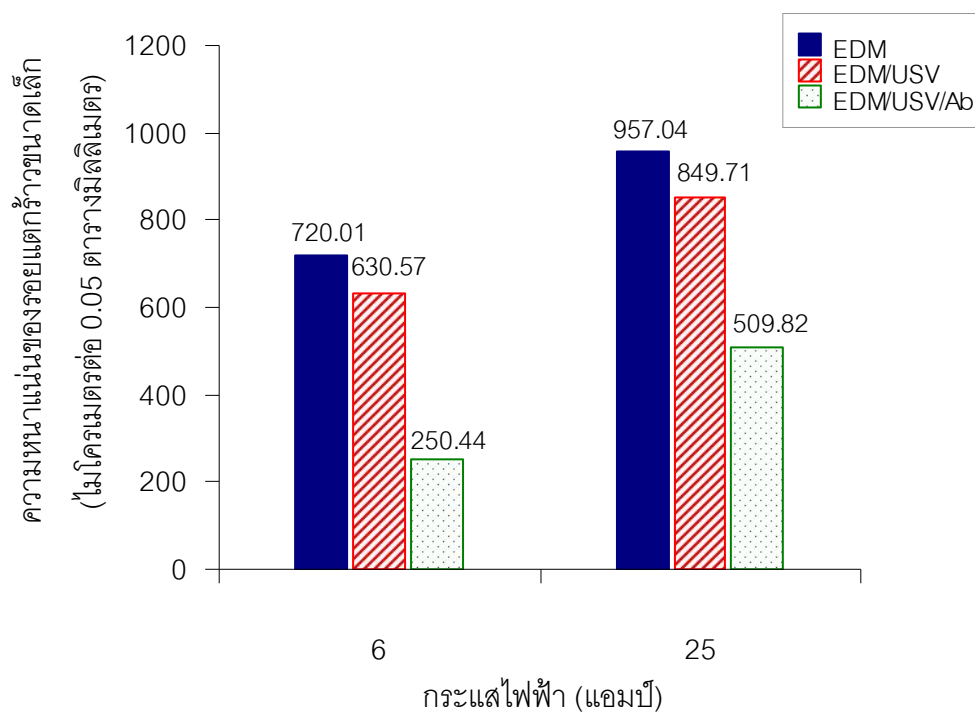
(ก) กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์



(ข) กระแสไฟฟ้า 25 แอมป์

ภาพที่ 4.9

รอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมผง SiC



ภาพที่ 4.10

ความหนาแน่นของรอยแตกร้าวขนาดเล็กที่เกิดจากกระบวนการสปาร์ค กระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิก และกระบวนการสปาร์คร่วมกับการใช้คลื่นอัลตราโซนิกที่ผสมอนุภาคผงขัดที่กระแสไฟฟ้า 6 แอมป์ และ 25 แอมป์