

สภาวะที่เหมาะสมของการตัดเหล็กกล้า P20 แนวเอียงด้วยลวดไฟฟ้า

Optimization on P20-steel Taper Cutting with Wire Electrical Discharged Machine

มานิตย์ ธิมาตา

Manit Timata

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนองค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพฯ 10160 ประเทศไทย
manitt@sau.ac.th

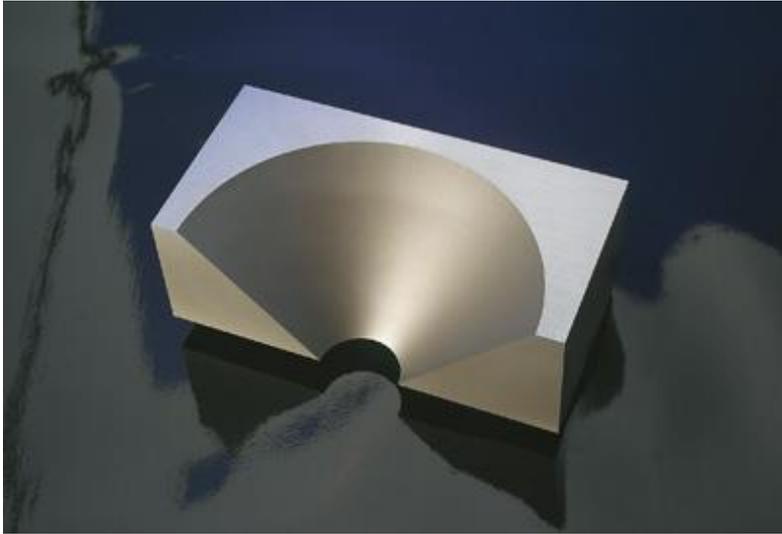
วันที่รับบทความ: 17 มีนาคม 2564 / วันที่แก้ไขบทความ: 17 มิถุนายน 2564 / วันที่ตอบรับการตีพิมพ์: 26 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ ปัจจุบันคุณภาพของชิ้นงานจากกระบวนการตัดเฉือนในอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ชนิดต่างๆ ด้วยเหล็กกล้า P20 มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะคุณภาพผิวหลังการตัดเฉือนและกระบวนการตัดเฉือนด้วยลวดไฟฟ้า (WEDM) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการตัดเหล็กกล้า P20 แนวเอียงด้วยลวดไฟฟ้า เพื่อค้นหาสภาวะที่เหมาะสมด้วยหลักการเชิงสถิติประยุกต์ โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ มุมเอียงในการตัดชิ้นงาน เวลาปิดกระแสไฟฟ้า และเวลาการหยุดสปาร์ก ผลตอบสนองสำหรับการวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล คือ ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) พบว่า สภาวะที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ในการตัดเฉือนเหล็กกล้า P20 ด้วยลวดไฟฟ้า คือ เวลาปิดกระแสไฟฟ้า 14 μ s เวลาการหยุด สปาร์ก 50 μ s และแนวเอียงช่วงมุม 10 องศา

คำสำคัญ : การตัดเฉือนด้วยลวดไฟฟ้า (WEDM), เหล็กกล้า P20, ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra), การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล

Abstract Currently, the P20 steel machining quality of molding industrial is importance very much such as finished surface passed WEDM machining. This objective of research was to study the optimization of P20-steel taper cutting with WEDM by statistical applicability methodology. The parameters were taper angle, pulse-off time and arc-off time. The response value of statistical analysis was surface roughness average (Ra). Summary, the research optimization of P20-steel taper cutting with WEDM were the arc-off time of 14 μ s, pulse-off time of 50 μ s and taper angle of 10.

Keywords: Wire Electrical Discharged Machine (WEDM), P20-steel, Surface Roughness Average (Ra), Factorial Experiment.



รูปที่ 2 ชิ้นงานหลังการตัดเฉือนแนวเอียงด้วย WEDM [5]

2. การดำเนินงานวิจัย

การศึกษากระบวนการตัดเฉือนแนวเอียงด้วย WEDM (ยี่ห้อ ARISTECH รุ่น CW-30) กับเหล็กกล้า P20 ขนาด 80x80x25 mm เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับคุณภาพความหยาบผิวเฉลี่ย (Surface Roughness Average: Ra) ต่ำสุด โดยมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่ควบคุมได้ (Controllable) และพารามิเตอร์ที่ควบคุมไม่ได้ (Un-controllable) ต่างๆ และได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เครื่องฯ ต้องทำการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ 3 ค่าได้แก่ เวลาปิดกระแสไฟฟ้า (Off Time) ระยะเวลาการหยุดสปาร์ก (Arc Off Time) และมุมเอียงในการตัดเฉือน (Angle) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่อาจจะมีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิวเฉลี่ยได้ และจากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต พบว่า ทั้ง 3 พารามิเตอร์ถือเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสำคัญกับกระบวนการนี้

การวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมนั้น จะเป็นการประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) ด้วยเทคนิควิธีการทดลองเชิง

แฟกทอเรียล (3^k Factorial Experiment) โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ เวลาปิดกระแสไฟฟ้า ระยะเวลาการหยุดสปาร์ก และมุมเอียงในการตัดเฉือน ซึ่งการกำหนดค่าระดับพารามิเตอร์ได้จากการ Pre-test เบื้องต้นร่วมกันกับการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาในอดีต ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้ผลตอบสนองเป็นค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra)

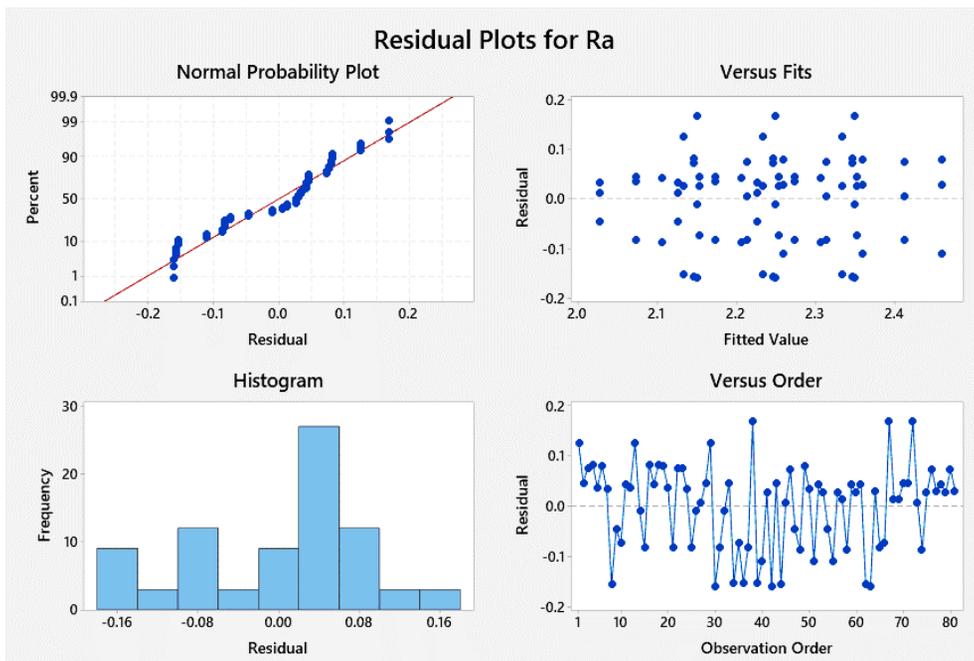
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ในการตัดเหล็กกล้า P20 แนวเอียงด้วยกระบวนการ WEDM

| พารามิเตอร์ (Parameters) | ระดับของพารามิเตอร์ (Level of Parameter) | | |
|---|---|-----|-----|
| เวลาปิดกระแสไฟฟ้า (Off Time : OT) | 9 | 14 | 19 |
| ระยะเวลาการหยุดสปาร์ก (Arc Off Time : AOT) | 8 | 28 | 50 |
| มุมเอียงในการตัดเฉือน (Angle : A) | 10° | 20° | 30° |

3. ผลลัพธ์งานวิจัย

ในส่วนแรกจะเป็นการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าข้อมูลมีการแจกแจงรูปแบบปกติ (Normal Distribution) เนื่องจากข้อมูลมีแนวโน้มการเรียงตัวเป็นเส้นตรง (Linear) ดังแสดงใน

รูปกราฟมูมซ้ายมือด้านบน ข้อมูลมีแนวโน้มการเรียงตัวเป็นระฆังคว่ำ (Histogram) ดังแสดงในรูปกราฟมูมซ้ายมือด้านล่าง ข้อมูลมีแนวโน้มการกระจายตัวเท่าๆกันระหว่างเส้นอ้างอิงในแนวนอนดังแสดงในรูปกราฟมูมขวามือด้านบน และข้อมูลมีลักษณะเป็นการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ในการทดลองดังแสดงในรูปกราฟมูมขวามือด้านล่าง



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์เชิงสถิติ

ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์เชิงสถิติเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance : ANOVA) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า พารามิเตอร์มุมเอียงในการตัดเฉือน (Angle : A) มีอิทธิพลหลัก (Main Effect) ต่อค่าความหยาบผิวเฉลี่ย Ra การตัดเหล็กกล้า P20 แนวเอียงด้วยกระบวนการ WEDM อย่างมีนัยสำคัญ (Significant) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยพิจารณาจาก

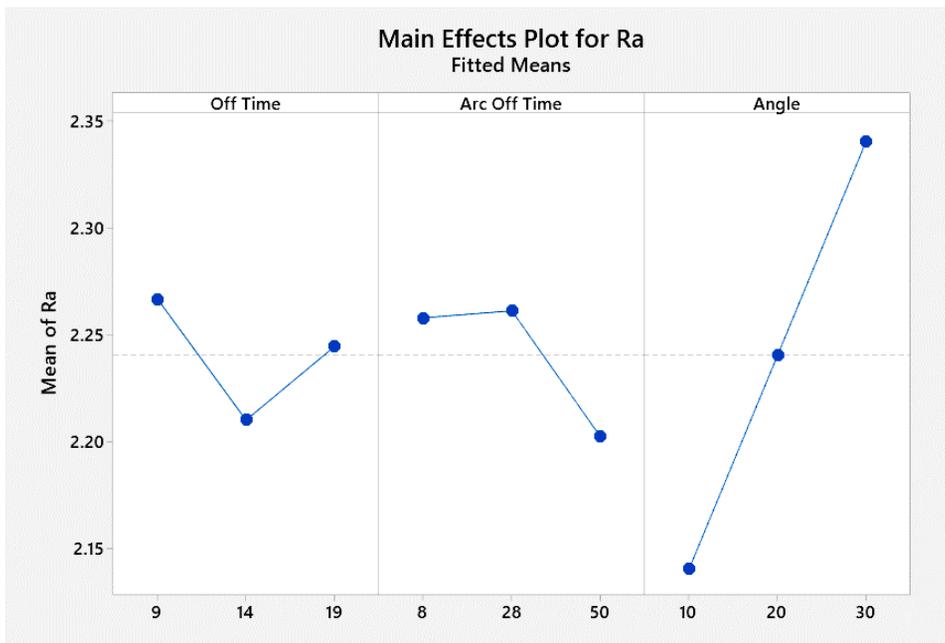
ค่า P-value < ค่า α กล่าวคือ $0.001 < 0.05$ แต่ไม่สามารถตัดพารามิเตอร์เวลาปิดกระแสไฟฟ้า (Off Time : OT) กับพารามิเตอร์ระยะเวลาการหยุดสปาร์ก (Arc Off Time : AOT) ออกได้ เนื่องจากเมื่อทำการพิจารณาเกี่ยวกับอิทธิพลร่วมกันระหว่างพารามิเตอร์ (Interaction) จะเห็นได้ว่ามีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิวเฉลี่ย Ra การตัดเหล็กกล้า P20 แนวเอียงด้วยกระบวนการ WEDM

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ในการตัดเหล็กกล้า P20 แนวเอียงด้วยกระบวนการ WEDM

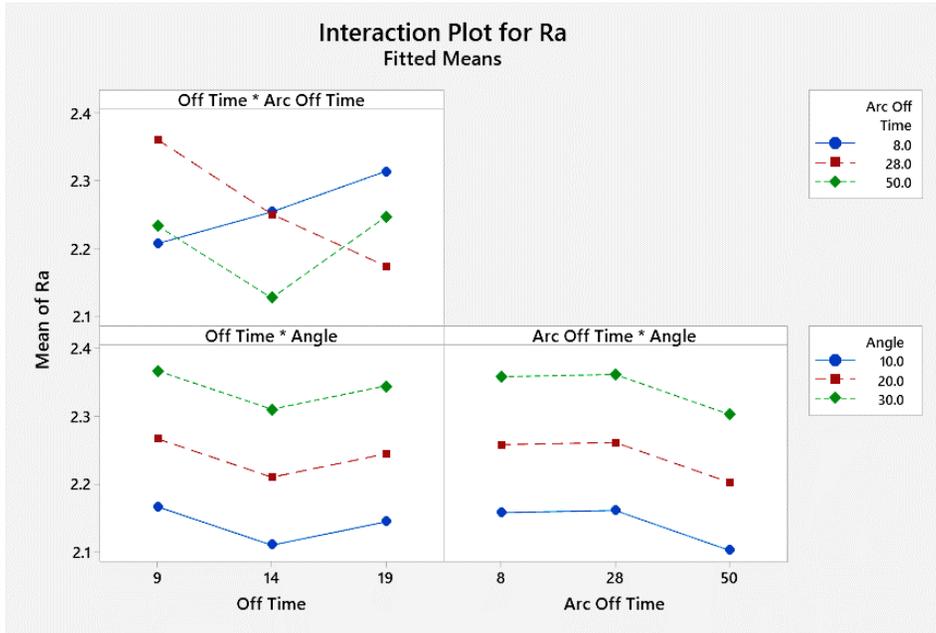
| Source | DF | SS | MS | F | P |
|----------|----|--------|--------|-------|---------|
| OT | 2 | 0.0440 | 0.0220 | 2.01 | 0.144 |
| AOT | 2 | 0.0591 | 0.0295 | 2.69 | 0.077 |
| A | 2 | 0.5400 | 0.2700 | 24.61 | < 0.001 |
| OT*AOT | 4 | 0.2438 | 0.0609 | 5.56 | 0.001 |
| OT*A | 4 | 0.0001 | 0.0001 | 0.01 | 1.000 |
| AOT*A | 4 | 0.0001 | 0.0001 | 0.01 | 1.000 |
| OT*AOT*A | 8 | 0.0001 | 0.0001 | 0.01 | 1.000 |
| Error | 54 | 0.5924 | 0.0110 | | |
| Total | 80 | 1.4793 | | | |

เมื่อทำการพิจารณากราฟแสดงผลของอิทธิพลหลัก (Main Effect Plot) ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่า เส้นกราฟของพารามิเตอร์ทั้ง 3 พารามิเตอร์ จะไม่ขนานกับเส้นอ้างอิง (Reference Line) นั่นหมายความว่า พารามิเตอร์ทั้ง 3 พารามิเตอร์ มีอิทธิพลต่อค่า Ra ภายหลัง

การตัดเนื้อเหล็กกล้า P20 ด้วยกระบวนการ WEDM เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์กราฟแสดงผลของอิทธิพลร่วมกันระหว่างพารามิเตอร์ (Interaction Plot) สำหรับการตัดเนื้อด้วย WEDM ดังแสดงในรูปที่ 5 พบว่าเส้นกราฟของเทอมระหว่างพารามิเตอร์ 2 พารามิเตอร์ คือ เวลาปิดกระแสไฟฟ้า กับมุมเอียงในการตัดเนื้อ และเทอมระหว่างพารามิเตอร์ 2 พารามิเตอร์ คือ ระยะเวลาในการหยุดสปาร์ค กับมุมเอียงในการตัดเนื้อ มีอิทธิพลต่อความเรียบในการตัดเนื้อเหล็กด้วยลวดไฟฟ้า นอกจากนี้เมื่อทำการพิจารณาอิทธิพลร่วมกันระหว่างพารามิเตอร์ทั้ง 3 คือ พารามิเตอร์เวลาปิดกระแสไฟฟ้า ระยะเวลาในการหยุดสปาร์คและ มุมเอียงในการตัดเนื้อมีอิทธิพลต่อความความหยาบผิวเฉลี่ย ภายหลังการตัดเนื้อเหล็กกล้า P20 ด้วยกระบวนการ WEDM ทั้งนี้จากการพิจารณาการวิเคราะห์แนวโน้มของระดับพารามิเตอร์ที่มีผลต่อ y ด้วยพารามิเตอร์หลักและพารามิเตอร์ร่วม 2 พารามิเตอร์ และพารามิเตอร์ร่วม 3 พารามิเตอร์แล้ว



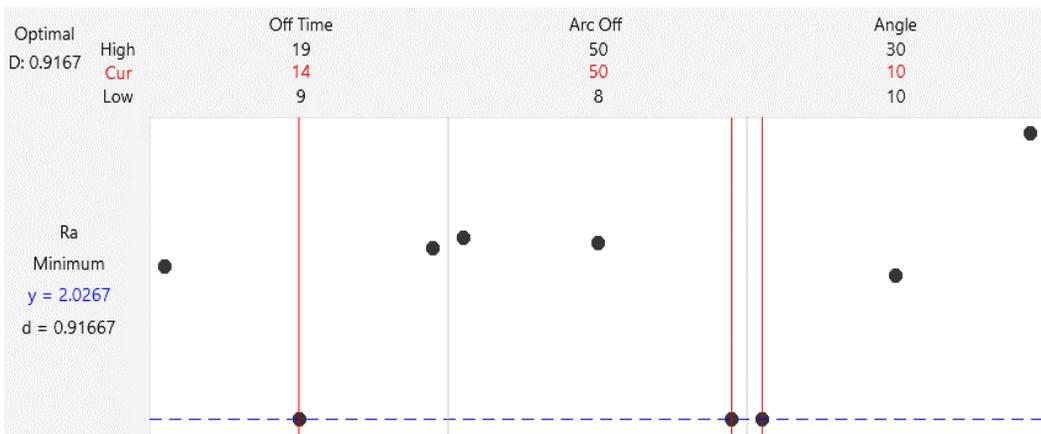
รูปที่ 4 อิทธิพลหลักของพารามิเตอร์ต่อค่า Ra



รูปที่ 5 อิทธิพลร่วมกันระหว่างพารามิเตอร์ต่อ Ra

ในส่วนสุดท้ายจะเป็นผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Response Optimization สำหรับการตัดเฉือนเหล็กกล้า P20 ในแนวมุมเอียงด้วย WEDM ดังแสดงในรูปที่ 6 พบว่า สภาวะที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ต่างๆ

ที่ทำให้เกิดความเรียบผิวเฉลี่ย (Ra) ภายหลังจากตัดเฉือนเหล็กกล้า P20 ด้วยกระบวนการ WEDM คือ เวลาปิดกระแสไฟฟ้า 14 μ s เวลาการหยุด สปาร์ค 50 μ s และแนวเอียงช่วงมุม 10 องศา



รูปที่ 6 สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการตัดเฉือนเหล็กกล้า P20 ในแนวมุมเอียงด้วย WEDM

4. สรุปผลงานวิจัย

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผิวที่ตัดเนื้อเหล็กกล้า P20 นี้ มีการกำหนดสมมติฐานในการศึกษาเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่สำคัญคือ เวลาปิดกระแสไฟฟ้า (Off Time) เวลาในการหยุด สปาร์ก (Arc Off Time) และมุมเอียงในการตัดเนื้อ (Angle) นั้น มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) โดยอาศัยเทคนิควิธีการทดลองเชิงแฟกทอเรียลในการวิเคราะห์เชิงสถิติ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ผลลัพธ์จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า เวลาปิดกระแสไฟฟ้า เวลาในการหยุด สปาร์ก และมุมเอียงในการตัดเนื้อ มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ภายหลังการตัดเนื้อเหล็กกล้า P20 ด้วยกระบวนการ WEDM ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมของการปรับระดับพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดความหยาบผิวเฉลี่ยต่ำที่สุดภายหลังการตัดเนื้อเหล็กกล้า P20 ด้วยกระบวนการ WEDM คือ การตัดเนื้อเหล็กกล้า P20 ในแนวมุมเอียงด้วย WEDM โดยสภาวะที่เหมาะสมดังกล่าวนี้ จะทำให้ได้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) เท่ากับ 2.0267 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความพึงพอใจ (Desirability : D) ต่อสภาวะที่เหมาะสมนี้ มีค่าสูงมากถึง 91.67%

เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Aminollah, F.T. Alireza, E. Ehsan and K. Davoud, “A new approach to surface roughness and roundness improvement in wire electrical discharge turning based on statistical analyses,” *Springer-Verlag London Limited*, 2007.
- [2] Y. Mu-Tian and L. Yi-Ting, “Design, analysis and experimental study of a high-frequency power supply for finish cut of wire-EDM,” *Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol.49, pp.793-796, 2009.
- [3] J.A. Sanchez, S. Plaza, N. Ortega, M. Marcos and J. Albizuri, “Experimental and numerical study of angular error in wire-EDM taper-cutting,” *Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol.48, pp.1420-1428, 2008.
- [4] Modern Machine Shop. (2016, Aug. 28). “More Accurate Taper Cutting with Wire EDM” [Online]. Available: <http://www.mmsonline.com/articles/more-accurate-taper-cutting-with-wire-edm>
- [5] Sodick. (2016, Aug. 28). “Wire EDM Technology” [Online]. Available: <http://www.sodick.org/about-sodick/sodicks-technology/articles/wire-edm-technology.html>

ประวัติผู้ประพันธ์ :



มานิชย์ ชีมาทา

การศึกษา :

วศ.ม. วิศวกรรมการผลิต (สจพ.)

ปร.ด. วิศวกรรมอุตสาหกรรม (มช.)

สถานที่ทำงาน :

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์