

รายการอ้างอิง

1. Anthony Hart . Decorative Electroplating of Plastics. Materials World 4 (May 1997) : 265-267.
2. R. Parkinson. Plating on Plastics: An Industry Review. Plating and Surface Finishing 81 (September 1994) : 32-35.
3. Plating of Plastic Material. Lecture Note for the 5 th Regional Training Programme in Metalworking Technology (Electroplating), Japan.
4. สาโรช พันธุ์แพ. การชุบผิวโลหะด้วยไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2526.
5. Donald A.Arcilesi. Improvements in Electroless Copper for Automotive Plastic Trim. Plating and Surface Finishing 68 (JUNE 1981) : 90-94.
6. S.P. Poa, C.C. Wan, and C.J. Wu. A study of the Etching Effect on the Metal-to-ABS Surface Adhesion in Electroless Plating. Metal Finishing 75 (August 1997) : 13-16.
7. เสาวรจณ์ ธรรมไพโรจน์. การชุบโครเมียมบนพลาสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต แผนกวิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521.
8. D.H. Morton-Jones. Polymer Processing. New York: Chapman and Hall Ltd.,1989
9. ปรีชา พหลเทพ. โพลีเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2540.
10. Frederick A. Lowenheim. Electroplating. New York: McGraw-Hill Book company,1978.
11. B. Viswanathan. Metallization of Plastics by Electroless Plating. Current Science 65 (October 1993) : 537-543.
12. Standards and Guidelines. Electroplated plastics. 3rd ed. American Society of Electroplated Plastics : Washington, DC,1984.
13. James M. Margolis. Decorating Plastics. Munich: Hanser, 1986.
14. H.M. Ghorashi. Chromium Affects Metal Polypropylene Adhesion. Plating and Surface Finishing 64 (April 1977) : 42-45.

15. C.A. Villamizar, J. Rojas, and P. Frias. Chemical Etching Versus Plasma Etching in Electroplating ABS Resin Surfaces. Metal Finishing 96 (March 1998) : 27-33.
16. Dieter A. Mann, Frank Leyendecker. Adhesion Aspects of Plastic Composites by a Combined Vacuum-electrochemical Deposition Process. Surface and Coatings Technology 68 (1994) : 691-695.
17. J. Hulme and N.H. Jordan. Plating on plastics today. Product Finishing 29 (1976) : 8-10.
18. N.V. Mandich, CEF, and G.A. Krulik, CEF. On the Mechanisms of Plating on Plastics. Plating and Surface Finishing 80 (December 1993) : 68-73.
19. พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. ชุบทอง. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: หจก.มิตรเจริญการพิมพ์, 2537.
20. <http://www.psrc.usm.edu/macrog/pan.htm>
21. Herman F. Mark, Over berger, Menges. Encyclopedia of polymer science and engineering Vol 1. 2nd ed. New York:John Wiley, 1985.
22. Muller, Gerd. Plating on Plastics. 2nd ed. Teddington: Robert Draper, 1970.
23. บริษัท TKT OGAWA จำกัด. เอกสารประกอบการชุบพลาสติก. ฉะเชิงเทรา : บริษัท TKT OGAWA จำกัด, 2541. (อัดสำเนา)
24. Japanese Standards Association. JIS H 8630. Japan: Japanese Standards Association.
25. สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสุนน. เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่องการชุบโลหะบนพลาสติก. กรุงเทพมหานคร: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม, 2541. (อัดสำเนา)
26. Don Satas, Plastic finishing and Decorative. New York: Ven Nostrand Reinold Company, 1986.
27. K.L. Mittal. The Role of the Interface in Adhesion Phenomena. Polymer engineering and science 17 (July 1977) : 467-473.
28. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี. ภาควิชาสถิติ. หลักสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.
29. Koichi Kato. ABS Mouldings for Electroplating – An Electron Microscope Study. Polymer 8 (1967) : 33-39.

30. Koichi Kato. Electron Microscope Studies on the Etching of ABS Mouldings for Electroplating. Polymer 9 (1967) : 419-424.
31. Seward E. Beacom and Richard G. Wedel. Scanning Electron Microscopy of Plastic Surfaces as Related to Metal Deposition. Journal of Colloid and Interface Science 34 (November 1970) : 375-386.
32. R.G. Wedel. The Effects of Surface Porosity on the Plateability and Adhesion of Metal to Nonconductors. Plating 58 (March 1971) : 225-229.
33. Stephen R. Schmidt and Robert G. Launsby. Understanding industrial designed experiments. Colorado: Air Academy Press, 1994.
34. M. Matsunaga, Y. Hagiuda and K. Ito. Adhesion of Electrodeposits to Plastics. Metal finishing. 66 (November 1968) : 80-84.
35. Masao Suzuki, Mineo Kawamoto, and Akio Takahashi. The Adhesion Between Electrolessly Deposited Copper and a Photoimageable Polymer. Polymer Engineering and Science 39 (February 1999) : 321-326.
36. J. Kirmann, X. Roizard, J. Pagetti, and et al. Effects of the alkaline permanganate etching of epoxy on the peel adhesion of electrolessly plated copper on a fibre-reinforced epoxy composite. Journal of Adhesion Science and Technology 12 (1998) : 383-397.
37. E. Sheng, I. Sutherland, D.M. Brewis, and et al. Effects of the chromic acid etching on propylene polymer surfaces. Journal of Adhesion Science and Technology 9 (1995) : 47-60.
38. Georges Fourche. An Overview of the Basic Aspects of Polymer Adhesion. Part I : Fundamentals. Polymer Engineering and science 35 (June 1995) : 957-967.
39. รุจิพร ประทีปเสน. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope). วารสารศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5 (1 มิถุนายน 2538) : 49-55.
40. A. Rantell. General principles of plating plastics. Product Finishing. 23 (February 1970) : 37-45.

41. Y. Zhao, C. Bao, R. Feng and et al. A New Method of Etching ABS Plastic For Plating by Ultrasoud. Plating and Surface Finishing (September 1998) : 98-100
42. P. Norris. Plating on Plastics-the present situation. Product Finishing.(1976) : 12-16.
43. Dennis, J.K. Nickel and chromium plating. London: Butterworths, 1986.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

องค์ประกอบของสารเคมีและสภาวะการทำงานของน้ำยาชุบ

(รวมรวมจากเอกสารอ้างอิง [4,7,19] และกำหนดสภาวะที่ใช้ให้คงที่ตามรายละเอียดดังกล่าวเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความเหมาะสม)

น้ำยาทำความสะอาดผิว (Cleaning)

องค์ประกอบ

โซเดียมคาร์บอเนต	20	กรัมต่อลิตร
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	20	กรัมต่อลิตร
โซเดียมเมตตาซิลิเกต	5	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	10	กรัมต่อลิตร

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	40	องศาเซลเซียส
เวลา	2-5	นาที

วิธีเตรียมน้ำยา

เติมน้ำร้อนประมาณ 750 มิลลิลิตร ลงในถังผสม ค่อย ๆ เทสารเคมีชนิดต่าง ๆ ลงไป กวนให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำที่เหลือ 250 มิลลิลิตรลงไป

น้ำยากัดผิว (Etching)

องค์ประกอบและสภาวะแสดงไว้ในส่วนการทดลองบทที่ 4 ข้อ 4.2.2 และตารางที่ 4.1

วิธีเตรียมน้ำยา

เทน้ำกลั่นลงถังผสมเพียงเล็กน้อย จากนั้นจึงตักกรดโครมิกลงในถังผสมกวนให้เข้ากัน และเทกรดซัลฟูริกพร้อมทั้งกวนให้เข้ากัน แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งได้สารละลายปริมาตร 1 ลิตร

น้ำยาทำให้เป็นกลาง (Neutralizing)

องค์ประกอบ

กรดไฮโดรคลอริก	50	กรัมต่อลิตร
----------------	----	-------------

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
เวลา	1	นาที

วิธีเตรียมน้ำยา

เทน้ำกลั่นลงถังผสมประมาณ 750 มิลลิลิตร จากนั้นจึงเทกรดไฮโดรคลอริกลงไปจนให้เข้ากัน แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งได้สารละลายปริมาตร 1 ลิตร

น้ำยาทำให้ผิวไวต่อปฏิกิริยา (Sensitizing)

องค์ประกอบ

สแตนนัสคลอไรด์	10	กรัมต่อลิตร
กรดไฮโดรคลอริก	40	มิลลิลิตรต่อลิตร

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
เวลา	2-5	นาที

วิธีเตรียมน้ำยา

เทน้ำกลั่นส่วนหนึ่งลงในถังผสม จากนั้นจึงเทสแตนนัสคลอไรด์และกรดเกลือลงผสมแล้วเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร การเตรียมน้ำยา sensitizing ข้างต้นนี้มีสิ่งที่จะต้องทราบคือ ให้สังเกตสีของน้ำยา ซึ่งจะช่วยบอกถึงปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่เป็นส่วนผสมว่าเหมาะสมหรือไม่ เพราะเมื่อใส่สแตนนัสคลอไรด์ลงไปละลายในน้ำจะได้สารละลายสีน้ำตาลอมเทา จากนั้นค่อย ๆ เติมกรดไฮโดรคลอริกลงไปพร้อมกับกวนสารละลายตลอดเวลา ทำเช่นนั้นจนได้สารละลายใส แสดงว่าอัตราส่วนผสมของสแตนนัสคลอไรด์กับกรดไฮโดรคลอริกเหมาะสมแล้ว น้ำยา sensitizing นี้ไม่สามารถจะเก็บไว้ได้นานเนื่องจากมันจะเสื่อมคุณภาพ ฉะนั้นจึงต้องวางแผนการใช้ล่วงหน้าให้ดี หากทิ้งไว้ข้ามคืนจะเกิดฟิล์มขึ้นที่ผิวหน้าของน้ำยา จึงต้องกรองหรือตักเอาฟิล์มนี้ออกก่อนจะนำไปใช้งานต่อไป นอกจากนี้ออกซิเจนจากอากาศยังเข้าไปออกซิไดซ์ดีบุกไอออน +2 (Sn^{2+}) ไปเป็นดีบุกไอออน +4 (Sn^{4+}) ได้อีกด้วย แก้ไขได้โดยนำฝาปิดถังน้ำยาให้สนิทหรืออาจจะจุ่มแท่งดีบุกไว้ในน้ำยา ก็จะช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงนี้ไปได้ประมาณ 50 %

น้ำยากระตุ้นผิวเพื่อเร่งปฏิกิริยา (Activating)

องค์ประกอบ

พัลลาเดียมคลอไรด์	0.25	กรัมต่อลิตร
กรดไฮโดรคลอริก	10	มิลลิลิตรต่อลิตร

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
เวลา	1-2	นาที

วิธีเตรียมน้ำยา

เทน้ำกลั่นส่วนหนึ่งลงในถังผสม ละลายกรดไฮโดรคลอริก แล้วจึงใส่พัลลาเดียมคลอไรด์ ลงผสม กวนสารละลายตลอดเวลาจนพัลลาเดียมคลอไรด์ละลายหมด เติมน้ำกลั่นจนได้สารละลายปริมาตร 1 ลิตร น้ำยานี้เก็บไว้ใช้ได้นานพอสมควร ถ้ามีสิ่งเจือปนในน้ำยา เช่น สารแขวนลอยหรือตะกอน ควรทำการกรองน้ำยา

น้ำยาชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแส (Electroless copper)

องค์ประกอบ

คอปเปอร์ซัลเฟต	5	กรัมต่อลิตร
โซเดียมไฮดรอกไซด์	7	กรัมต่อลิตร
โปตัสเซียมโซเดียมทาร์เตรต	40	กรัมต่อลิตร
ฟอร์มัลดีไฮด์ 37%	30	มิลลิลิตรต่อลิตร

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
เวลา	10-15	นาที

(หากต้องการความหนาของชั้นเคลือบทองแดงเพิ่มขึ้น ทำได้โดยเพิ่มระยะเวลาในการชุบเคลือบผิวให้นานขึ้น สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้ที่ระยะเวลา 20 นาที)

การเตรียมน้ำยา

เทน้ำกลั่นส่วนหนึ่งลงในถังผสม จากนั้นจึงใส่คอปเปอร์ซัลเฟต กวนให้เข้ากัน ใส่โซเดียมไฮดรอกไซด์กวนให้เข้ากัน ใส่โปตัสเซียมโซเดียมทาร์เตรต (รีดเชลซัลท์) กวนให้เข้ากัน จากนั้นจึงเติมฟอร์มัลดีไฮด์ลงไป พร้อมทั้งกวนสารละลายตลอดเวลา แล้วจึงเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งสารละลายมีปริมาตร 1 ลิตร

การชุบผิวด้วยทองแดงโดยใช้ไฟฟ้า (Electroplating with copper)

องค์ประกอบ

คอปเปอร์ซัลเฟต	220	กรัมต่อลิตร
กรดซัลฟูริก 96%	33	กรัมต่อลิตร

สภาวะการทำงาน

อุณหภูมิ	25	องศาเซลเซียส
แรงเคลื่อนไฟฟ้า	1-4	โวลท์
ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า	2-6	แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร

เวลา 10-15 นาที

(หากต้องการความหนาของชั้นเคลือบทองแดงเพิ่มขึ้น ทำได้โดยเพิ่มระยะเวลาในการชุบเคลือบผิวให้นานขึ้น สำหรับในงานวิจัยนี้เลือกใช้ที่ระยะเวลา 60 นาที เพื่อให้ได้ความหนาของชั้นเคลือบทองแดงมากกว่า 50 ไมโครเมตร)

วิธีการเตรียมน้ำยา

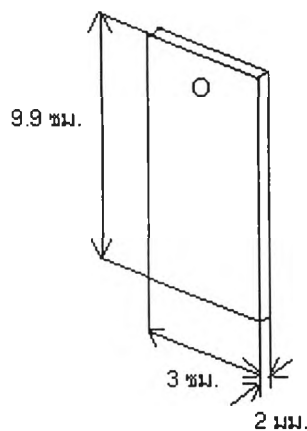
เนื่องจากถังชุบผิวด้วยทองแดงโดยใช้ไฟฟ้ามีขนาด 3.5 ลิตร ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้กับถังชุบขนาด 3.5 ลิตร จากนั้นจึงเทน้ำกลั่นส่วนหนึ่งในถังชุบ ละลายคอปเปอร์ซัลเฟต และกรดซัลฟูริก กวนให้เข้ากัน จากนั้นจึงเติมน้ำกลั่นจนกระทั่งสารละลายมีปริมาตร 3.5 ลิตร การชุบผิวด้วยทองแดงแบบกรดนี้ ใช้สารเคมีราคาถูก ง่ายต่อการควบคุมภาวะการทำงาน เหมาะกับการชุบร่องพื้นชั้นแรกสำหรับชิ้นงานที่ไม่เกิดปฏิกิริยากับน้ำยาชุบซึ่งมีสภาพเป็นกรด หรืออาจเป็นการชุบร่องพื้นต่อจากชิ้นงานที่ผ่านชุบทองแดงต่างมาแล้ว ถ้าหากวัสดุเหล่านั้นเป็นวัสดุที่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาชุบทองแดงแบบกรด

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าในการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้า

น้ำยาชุบผิวแต่ละชนิดต้องการความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแตกต่างกันไป ในขณะที่ทำการชุบหากมีการกววนหรือเป่าลมและเพิ่มอุณหภูมิของน้ำยาชุบขึ้นเล็กน้อยจะช่วยให้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้ระยะเวลาของการชุบเคลือบผิวลดลงโดยที่ยังคงได้ความหนาเท่าเดิม การชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานควรใช้วิธีการปรับความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าแทนการใช้แรงเคลื่อนกระแสไฟฟ้าเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ชุบเคลือบที่มีคุณภาพ วิธีการคือคำนวณหาพื้นที่ผิวของชิ้นงานทั้งหมดที่ต้องการชุบเคลือบผิว จากนั้นจึงนำไปคำนวณหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ในการชุบ (โดยเลือกค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในช่วงที่เหมาะสมของน้ำยาชุบเคลือบผิว และนำไปคูณกับพื้นที่ผิวของชิ้นงานที่ต้องการชุบเคลือบผิว) จากนั้นเมื่อทำการชุบเคลือบผิวจึงปรับแรงเคลื่อนกระแสไฟฟ้าของเครื่อง rectifier จนกระทั่งเข็มแอมมิเตอร์ชี้ที่ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ

ชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสที่จะผ่านการเคลือบผิวด้วยฟิล์มทองแดงมีขนาดกว้าง 3 ซม. ยาว 9.9 ซม. หนา 2 มม. ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 ขนาดชิ้นงานพลาสติกเอบีเอส

$$\text{พื้นที่ผิวของชิ้นงานทั้งหมด 2 ด้าน} = 3 \times 9.9 \times 2 = 59.4 \text{ ตร.ซม.}$$

เนื่องจากถึงจุดที่เตรียมสามารถทำการชุบชิ้นงานได้เพียงครั้งละ 2 ชิ้นเท่านั้น

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ผิวของชิ้นงานทั้งหมด 2 ชิ้น} &= 59.4 \times 2 \\ &= 118.8 \text{ ตร.ซม.} \\ &= 1.188 \text{ ตร.ดม.} \end{aligned}$$

จากสูตรของน้ำยาชุบทองแดงกรด (ชนิดซัลเฟต) ได้กำหนดความเหมาะสมของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2-6 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร สำหรับในงานวิจัยนี้ทำการชุบผิวด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ได้ชั้นเคลือบทองแดงมีความหนาไม่น้อยกว่า 50 ไมโครเมตร (ตามมาตรฐานการทดสอบ JIS) จึงเลือกใช้ที่ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดการไหม้บนชิ้นงานขณะทำการชุบเคลือบผิว จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าการชุบเคลือบผิวด้วยกระแสไฟฟ้าโดยเลือกใช้ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า 5 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะให้ความหนาของชั้นเคลือบทองแดงที่มีความหนาไม่น้อยกว่า 50 ไมโครเมตร และไม่เกิดการไหม้บนชิ้นงาน

เพราะฉะนั้นปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้ชุบเคลือบผิวชิ้นงาน 2 ชิ้น $= 5 \times 1.188 = 5.94$ แอมแปร์ ดังนั้นในขณะที่ทำการชุบให้ทำการปรับหมุนปุ่มปรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าไปจนกระทั่งเข็มแอมมิเตอร์หยุดที่ 5.94 แอมแปร์ (เนื่องจากสเกลบนแอมมิเตอร์มีความละเอียดเพียง 0.2 แอมแปร์ ดังนั้นเพื่อความแม่นยำและสะดวกต่อการปรับกระแสไฟฟ้าจึงเลือกใช้กระแสไฟฟ้าในการชุบเคลือบผิวที่ 6 แอมแปร์ แทนที่ 5.94 แอมแปร์)

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างข้อมูลการบันทึกและกราฟจากการทดสอบ peel test ด้วยเครื่อง universal tensile testing machine

การทดสอบกำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะทองแดงและพลาสติกเอบีเอสโดยวิธี peel test ด้วยเครื่อง universal tensile testing machine ค่าที่ถูกรับบันทึกคือ ค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอก สำหรับตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงจากชิ้นงานพลาสติกแสดงดังตารางที่ ค.1 โดยที่ชิ้นงานตัวอย่างผ่านการทดสอบด้วยสภาวะการกัดผิวจากการทดลองที่ 18 (ซึ่งสภาวะการกัดผิวที่ใช้พบได้ในตารางที่ 4.1) และได้แสดงตัวอย่างลักษณะกราฟในแต่ละสภาวะการทดสอบทั้งหมด 36 สภาวะที่สร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงที่ใช้ในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกดังรูปที่ ค.1 – ค.36

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอกจากเครื่อง universal tensile testing machine

ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (นิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (นิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (นิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (นิวตัน)
1	0	0	25	1.955	0.00628	49	3.9484	0.0062	73	5.955	0.00624
2	0.0385	0.00028	26	2.04	0.00626	50	4.0317	0.00619	74	6.0366	0.00623
3	0.1234	0.00119	27	2.1234	0.00623	51	4.1167	0.00621	75	6.1199	0.00621
4	0.2067	0.00193	28	2.2066	0.00624	52	4.2	0.00619	76	6.2033	0.00621
5	0.2916	0.00373	29	2.29	0.00622	53	4.285	0.00616	77	6.2867	0.00622
6	0.375	0.00613	30	2.3733	0.00625	54	4.3684	0.00615	78	6.37	0.00623
7	0.4583	0.00707	31	2.455	0.00627	55	4.4517	0.00619	79	6.4534	0.00619
8	0.5417	0.00735	32	2.5384	0.00631	56	4.535	0.00622	80	6.5367	0.00616
9	0.6266	0.00894	33	2.62	0.0063	57	4.6183	0.00621	81	6.62	0.00615
10	0.71	0.00853	34	2.705	0.00632	58	4.7016	0.0062	82	6.705	0.00609
11	0.7933	0.00756	35	2.7866	0.00632	59	4.7866	0.00625	83	6.7883	0.00605
12	0.8767	0.00652	36	2.87	0.00633	60	4.87	0.0063	84	6.8733	0.00605
13	0.96	0.00632	37	2.955	0.00637	61	4.9534	0.00632	85	6.9567	0.00604
14	1.0432	0.00619	38	3.0382	0.00635	62	5.0383	0.00632	86	7.0417	0.00605
15	1.125	0.0061	39	3.12	0.00636	63	5.12	0.00631	87	7.125	0.00606
16	1.2067	0.00605	40	3.2033	0.00633	64	5.2034	0.00628	88	7.2083	0.00609
17	1.2884	0.00607	41	3.2867	0.00634	65	5.2867	0.00622	89	7.29	0.00611
18	1.3716	0.00608	42	3.3684	0.00631	66	5.37	0.0062	90	7.3733	0.00612
19	1.455	0.00611	43	3.4517	0.00629	67	5.455	0.00626	91	7.4567	0.00616
20	1.5382	0.00613	44	3.535	0.00621	68	5.5384	0.00626	92	7.54	0.00621
21	1.62	0.00618	45	3.6167	0.00618	69	5.6216	0.00626	93	7.6216	0.00614
22	1.705	0.00617	46	3.7	0.00619	70	5.7033	0.00628	94	7.705	0.00617
23	1.7867	0.00621	47	3.7834	0.00621	71	5.7867	0.00631	95	7.7883	0.0062
24	1.8717	0.00626	48	3.865	0.00621	72	5.87	0.00624	96	7.8717	0.00619

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอกจากเครื่อง universal tensile testing machine (ต่อ)

ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
97	7.955	0.00613	121	9.9583	0.00604	145	11.960001	0.00612	169	13.952001	0.00601
98	8.0383	0.00613	122	10.042001	0.00611	146	12.043	0.00607	170	14.035001	0.00598
99	8.1216	0.00611	123	10.125001	0.00615	147	12.127001	0.00604	171	14.118001	0.00597
100	8.205	0.0061	124	10.208	0.00615	148	12.208	0.00606	172	14.202001	0.00596
101	8.288199	0.00614	125	10.290001	0.00612	149	12.290001	0.00606	173	14.285001	0.00596
102	8.37	0.00614	126	10.375001	0.00609	150	12.373	0.00605	174	14.370001	0.00595
103	8.4533	0.00612	127	10.457001	0.00607	151	12.457001	0.00612	175	14.452001	0.00594
104	8.5367	0.00612	128	10.542001	0.00604	152	12.540001	0.00612	176	14.537001	0.00588
105	8.62	0.00611	129	10.625001	0.00603	153	12.623	0.00609	177	14.620001	0.00588
106	8.7033	0.00608	130	10.707001	0.006	154	12.708	0.00605	178	14.702001	0.00588
107	8.7867	0.0061	131	10.790001	0.00602	155	12.790001	0.00601	179	14.785001	0.00591
108	8.871699	0.00611	132	10.873	0.0061	156	12.873	0.00604	180	14.870001	0.00593
109	8.955	0.00613	133	10.957001	0.00613	157	12.957001	0.00605	181	14.953001	0.00596
110	9.0384	0.00618	134	11.040001	0.00607	158	13.038001	0.00602	182	15.037001	0.00597
111	9.1216	0.00614	135	11.123	0.00617	159	13.122001	0.00601	183	15.118001	0.00599
112	9.2066	0.00614	136	11.205001	0.00614	160	13.205001	0.00599	184	15.202001	0.00595
113	9.29	0.00613	137	11.290001	0.00615	161	13.288001	0.00599	185	15.285001	0.00594
114	9.3733	0.00609	138	11.373	0.00613	162	13.370001	0.00601	186	15.368001	0.00593
115	9.4584	0.0061	139	11.458	0.00608	163	13.453001	0.00601	187	15.453001	0.00593
116	9.541699	0.00611	140	11.542001	0.00605	164	13.537001	0.00599	188	15.535001	0.0059
117	9.625	0.00611	141	11.627001	0.00609	165	13.618001	0.00598	189	15.618001	0.00592
118	9.7083	0.00611	142	11.710001	0.00608	166	13.702001	0.006	190	15.700001	0.00595
119	9.791699	0.00602	143	11.795001	0.0061	167	13.785001	0.00601	191	15.785001	0.00592
120	9.875	0.00606	144	11.878	0.00611	168	13.868001	0.00603	192	15.867001	0.00591

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอกจากเครื่อง universal tensile testing machine (ต่อ)

ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
193	15.952001	0.00589
194	16.035	0.00586
195	16.118	0.00588
196	16.203001	0.00591
197	16.287001	0.00593
198	16.370001	0.0059
199	16.453001	0.00587
200	16.537001	0.00588
201	16.620001	0.00591
202	16.703001	0.00597
203	16.787001	0.00599
204	16.870001	0.00603
205	16.953001	0.00604
206	17.038	0.00605
207	17.122002	0.00606
208	17.205	0.00608
209	17.288	0.00612
210	17.373001	0.00607
211	17.457001	0.00607
212	17.540001	0.00609
213	17.622002	0.00607
214	17.705	0.0061
215	17.788	0.00608
216	17.870001	0.00607

ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
217	17.953001	0.0061
218	18.035002	0.00612
219	18.117001	0.00614
220	18.200001	0.00604
221	18.282001	0.00604
222	18.365002	0.00599
223	18.450001	0.00601
224	18.533001	0.00602
225	18.617001	0.00603
226	18.702002	0.00602
227	18.785002	0.00597
228	18.870001	0.00595
229	18.953001	0.00597
230	19.038	0.006
231	19.120001	0.00609
232	19.203001	0.00605
233	19.287001	0.00604
234	19.370001	0.00605
235	19.453001	0.00604
236	19.538	0.00609
237	19.622002	0.00606
238	19.705002	0.00608
239	19.788	0.00606
240	19.872002	0.00604

ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
241	19.955002	0.00598
242	20.038	0.00597
243	20.120001	0.00597
244	20.202002	0.00591
245	20.285002	0.00593
246	20.368	0.00592
247	20.450001	0.00595
248	20.533001	0.00596
249	20.617001	0.00592
250	20.700001	0.00592
251	20.783001	0.0059
252	20.867001	0.00589
253	20.952002	0.00586
254	21.035002	0.00584
255	21.118002	0.00583
256	21.202002	0.00584
257	21.285002	0.00589
258	21.368002	0.00591
259	21.453001	0.00594
260	21.537001	0.00592
261	21.620001	0.00583
262	21.705002	0.00584
263	21.790001	0.00585
264	21.873001	0.00586

ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
265	21.957001	0.00589
266	22.040001	0.00591
267	22.123001	0.0059
268	22.205002	0.00592
269	22.290001	0.00588
270	22.373001	0.00594
271	22.457001	0.00591
272	22.540001	0.00588
273	22.622002	0.00584
274	22.703001	0.00581
275	22.787001	0.0058
276	22.870001	0.00581
277	22.955002	0.00577
278	23.037001	0.00579
279	23.120001	0.0058
280	23.202002	0.00583
281	23.287001	0.00583
282	23.370001	0.00583
283	23.453001	0.00584
284	23.538002	0.00579
285	23.622002	0.0058
286	23.705002	0.00584
287	23.788002	0.00585
288	23.872002	0.00589

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอกจากเครื่อง universal tensile testing machine (ต่อ)

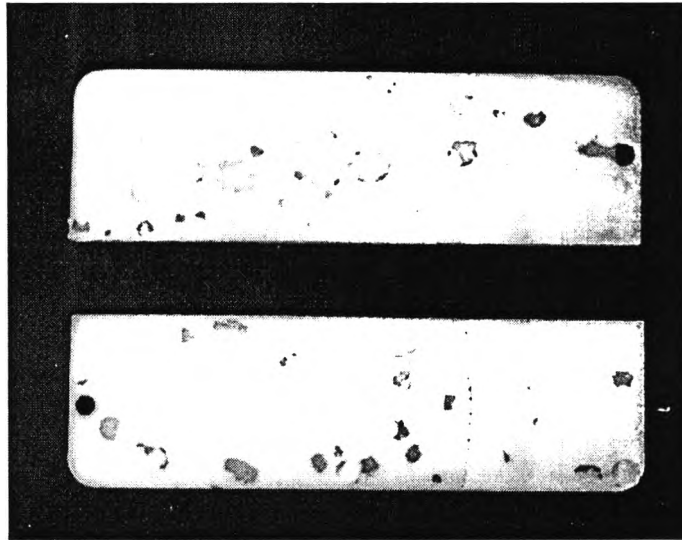
ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
289	23.955002	0.00589	313	25.953001	0.00587	337	27.957001	0.00589	361	29.958002	0.00584
290	24.038002	0.00582	314	26.038002	0.0059	338	28.040001	0.00585	362	30.043001	0.00581
291	24.120001	0.00582	315	26.120001	0.0059	339	28.122002	0.00588	363	30.125002	0.0058
292	24.202002	0.00584	316	26.205002	0.00587	340	28.207001	0.00589	364	30.208002	0.00585
293	24.287001	0.00586	317	26.287001	0.00584	341	28.292002	0.00588	365	30.290001	0.00591
294	24.370001	0.00586	318	26.372002	0.00582	342	28.375002	0.00589	366	30.373001	0.00595
295	24.452002	0.00587	319	26.455002	0.00581	343	28.460001	0.0059	367	30.455002	0.00598
296	24.535002	0.00586	320	26.538002	0.00577	344	28.542002	0.00589	368	30.538002	0.00595
297	24.620001	0.00591	321	26.622002	0.00581	345	28.625002	0.00585	369	30.622002	0.00602
298	24.703001	0.00583	322	26.707001	0.00582	346	28.710001	0.00584	370	30.705002	0.00609
299	24.787001	0.00574	323	26.790001	0.00584	347	28.792002	0.00587	371	30.788002	0.00606
300	24.870001	0.00576	324	26.873001	0.00581	348	28.875002	0.00588	372	30.873001	0.00606
301	24.953001	0.00574	325	26.957001	0.00575	349	28.958002	0.00591	373	30.957001	0.00575
302	25.037001	0.00579	326	27.040001	0.00579	350	29.042002	0.00591	374	31.040001	0.00572
303	25.118002	0.0058	327	27.125002	0.0058	351	29.123001	0.00593	375	31.123001	0.00577
304	25.202002	0.0058	328	27.208002	0.00584	352	29.208002	0.00596	376	31.207001	0.00582
305	25.285002	0.00583	329	27.292002	0.0057	353	29.292002	0.00596	377	31.290001	0.00588
306	25.368002	0.00582	330	27.375002	0.00569	354	29.377001	0.0059	378	31.373001	0.00596
307	25.452002	0.0059	331	27.458002	0.00554	355	29.460001	0.00586	379	31.458002	0.006
308	25.535002	0.00592	332	27.542002	0.00545	356	29.543001	0.00585	380	31.542002	0.00602
309	25.618002	0.00596	333	27.623001	0.00543	357	29.628002	0.00583	381	31.625002	0.00603
310	25.702002	0.00584	334	27.707001	0.00553	358	29.710001	0.00587	382	31.708002	0.00595
311	25.785002	0.00582	335	27.790001	0.00567	359	29.793001	0.00591	383	31.792002	0.00585
312	25.870001	0.00581	336	27.873001	0.00568	360	29.877001	0.00582	384	31.877001	0.00576

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอกจากเครื่อง universal tensile testing machine (ต่อ)

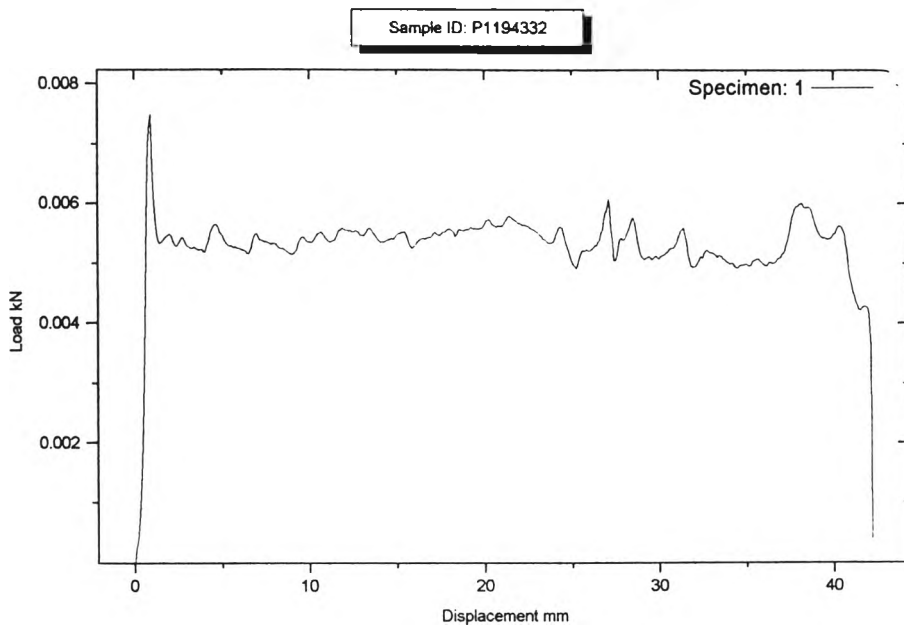
ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
385	31.958002	0.00571	409	33.957001	0.00596	433	35.952003	0.00585	457	37.953003	0.00589
386	32.042	0.0057	410	34.040001	0.00588	434	36.035	0.0058	458	38.037003	0.0058
387	32.125	0.00571	411	34.123001	0.00578	435	36.118	0.00584	459	38.118	0.00582
388	32.208	0.00572	412	34.207001	0.0057	436	36.202003	0.00586	460	38.202003	0.00584
389	32.292	0.00573	413	34.290001	0.00564	437	36.285	0.00588	461	38.287003	0.00585
390	32.375	0.0058	414	34.375	0.00565	438	36.368	0.00587	462	38.370003	0.00579
391	32.457001	0.00585	415	34.458	0.00569	439	36.453003	0.00588	463	38.455002	0.0058
392	32.540001	0.00592	416	34.540001	0.0057	440	36.537003	0.00584	464	38.538002	0.00585
393	32.623001	0.006	417	34.623001	0.00569	441	36.620003	0.00584	465	38.622002	0.00588
394	32.707001	0.00599	418	34.705002	0.00575	442	36.703003	0.00584	466	38.707001	0.00591
395	32.790001	0.00597	419	34.787003	0.00579	443	36.787003	0.00584	467	38.788002	0.00597
396	32.875	0.00591	420	34.870003	0.00582	444	36.870003	0.00588	468	38.872002	0.00599
397	32.958	0.00582	421	34.952003	0.00581	445	36.953003	0.00593	469	38.955002	0.00599
398	33.042	0.00574	422	35.035	0.00582	446	37.037003	0.00588	470	39.040001	0.00594
399	33.123001	0.00567	423	35.118	0.00579	447	37.120003	0.00588	471	39.123001	0.00588
400	33.207001	0.00566	424	35.200001	0.00575	448	37.203003	0.00592	472	39.208	0.00581
401	33.290001	0.00569	425	35.283001	0.00582	449	37.285004	0.00592	473	39.290001	0.00577
402	33.373001	0.00573	426	35.368	0.00577	450	37.368	0.00592	474	39.375	0.00574
403	33.457001	0.0058	427	35.452003	0.00577	451	37.452003	0.00591	475	39.458	0.00575
404	33.540001	0.00588	428	35.535	0.00579	452	37.535004	0.00588	476	39.542004	0.00572
405	33.623001	0.00597	429	35.618	0.00584	453	37.618	0.00588	477	39.625	0.00572
406	33.707001	0.00602	430	35.703003	0.00586	454	37.703003	0.00589	478	39.707001	0.00571
407	33.790001	0.00603	431	35.787003	0.00587	455	37.787003	0.00592	479	39.792004	0.00571
408	33.873001	0.00601	432	35.870003	0.00585	456	37.870003	0.00591	480	39.875	0.00573

ตารางที่ ค.1 ตัวอย่างการบันทึกค่าแรงดึงในการลอกแถบโลหะทองแดงกับระยะทางที่แถบโลหะทองแดงถูกลอกจากเครื่อง universal tensile testing machine (ต่อ)

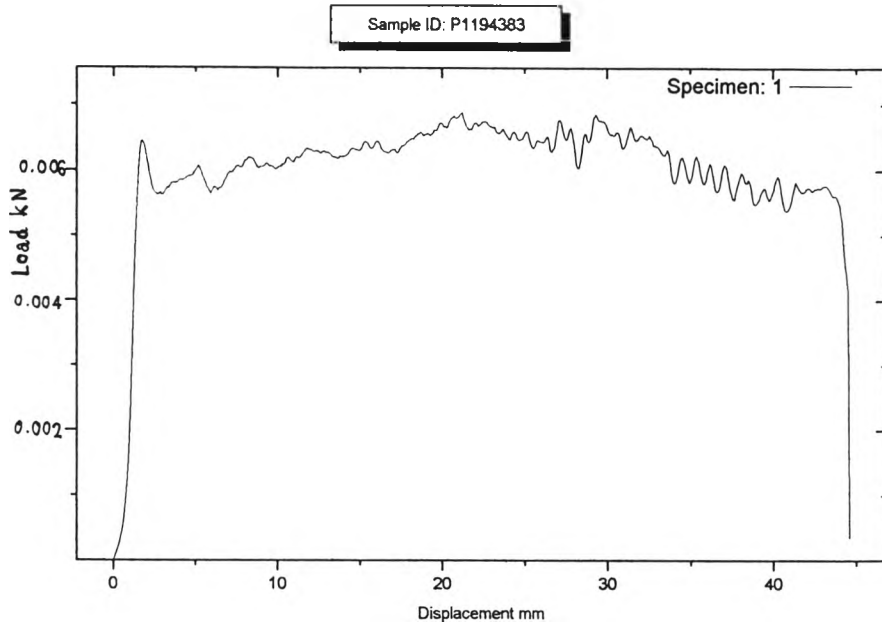
ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)	ครั้งที่บันทึก	ระยะทางที่ลอก แถบโลหะ (มม.)	ค่าแรงดึงในการลอก แถบโลหะทองแดง (กิโลนิวตัน)
481	39.957001	0.00576	505	41.957001	0.00599	529	43.955002	0.00605			
482	40.040001	0.00578	506	42.040001	0.00595	530	44.040001	0.00601			
483	40.123001	0.0058	507	42.122002	0.00595	531	44.122002	0.00603			
484	40.207001	0.00582	508	42.205002	0.00598	532	44.205002	0.00603			
485	40.290001	0.00587	509	42.288002	0.006	533	44.288002	0.006			
486	40.375004	0.00591	510	42.372002	0.00599	534	44.372002	0.00598			
487	40.458	0.00594	511	42.455002	0.00597	535	44.455002	0.00597			
488	40.542004	0.00594	512	42.538002	0.00597	536	44.538002	0.00592			
489	40.625004	0.00594	513	42.622002	0.00596	537	44.620003	0.00579			
490	40.708	0.00594	514	42.707001	0.00597	538	44.703003	0.00549			
491	40.792004	0.00593	515	42.788002	0.00601	539	44.787003	0.00049			
492	40.873001	0.00593	516	42.873001	0.00602						
493	40.957001	0.00592	517	42.957001	0.00607						
494	41.040001	0.0059	518	43.040001	0.00609						
495	41.123001	0.00591	519	43.122002	0.00612						
496	41.205002	0.00592	520	43.205002	0.0061						
497	41.288002	0.00592	521	43.288002	0.00608						
498	41.373001	0.00596	522	43.372002	0.00606						
499	41.457001	0.00598	523	43.457001	0.00605						
500	41.540001	0.00599	524	43.540001	0.00604						
501	41.623001	0.00604	525	43.622002	0.00607						
502	41.707001	0.00602	526	43.707001	0.00608						
503	41.790001	0.006	527	43.790001	0.00606						
504	41.873001	0.00602	528	43.872002	0.00605						



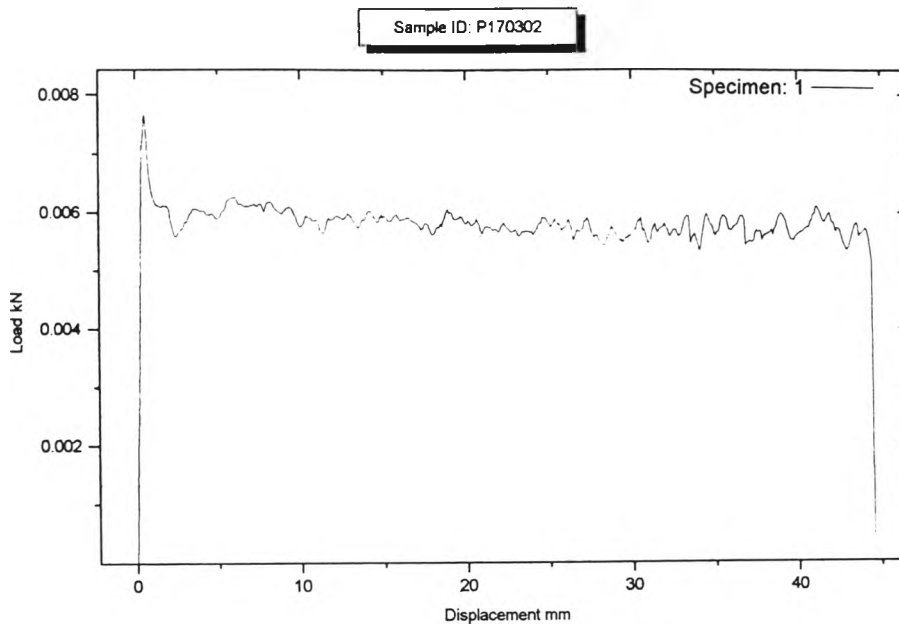
รูปที่ค.1 ชิ้นงานพลาสติกเอปียูเอสที่ผ่านกัดผิวด้วยสภาวะการทดลองที่ 1 เมื่อผ่านการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแสพบว่าเกิดการหลุดลอกและบวมพองของชั้นเคลือบทองแดง ซึ่งไม่สามารถที่จะนำมาทดสอบด้วยวิธี peel test ภายหลังจากการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าได้



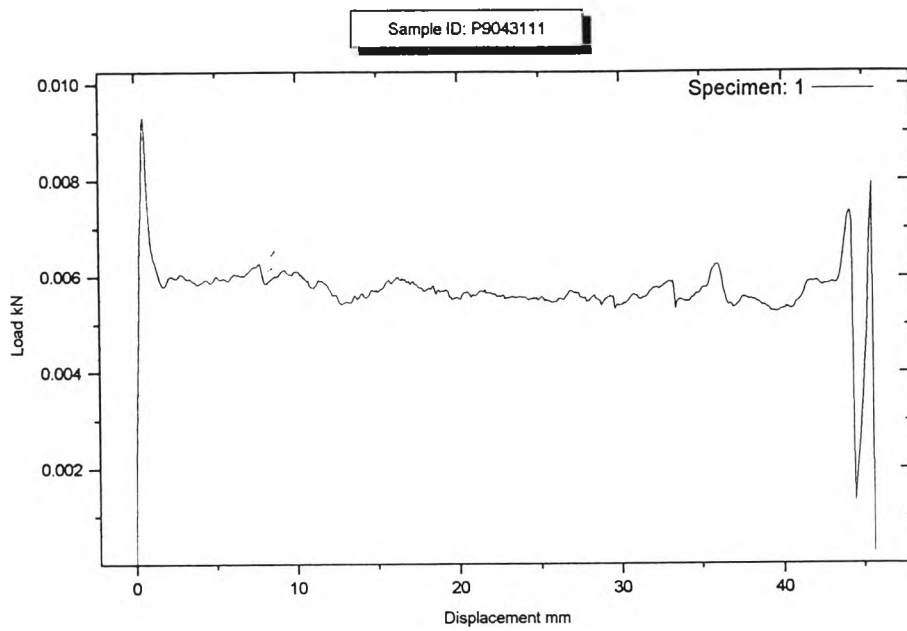
รูปที่ค.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 2



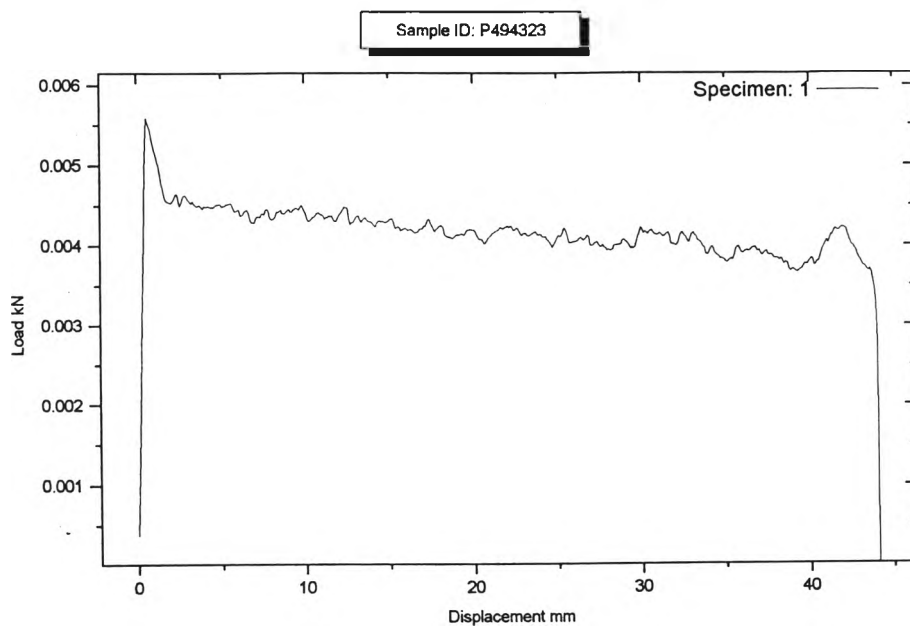
รูปที่ค.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 3



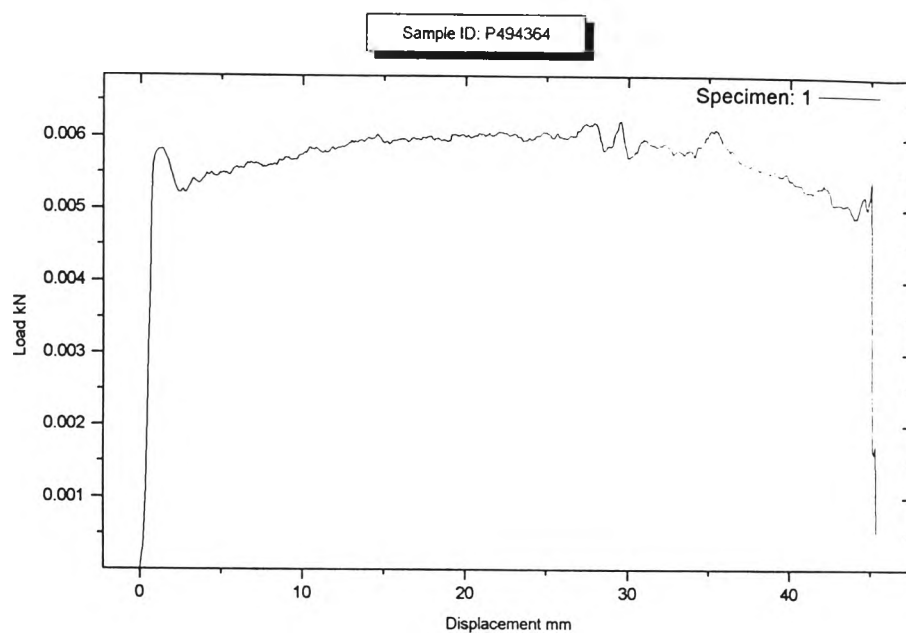
รูปที่ค.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 4



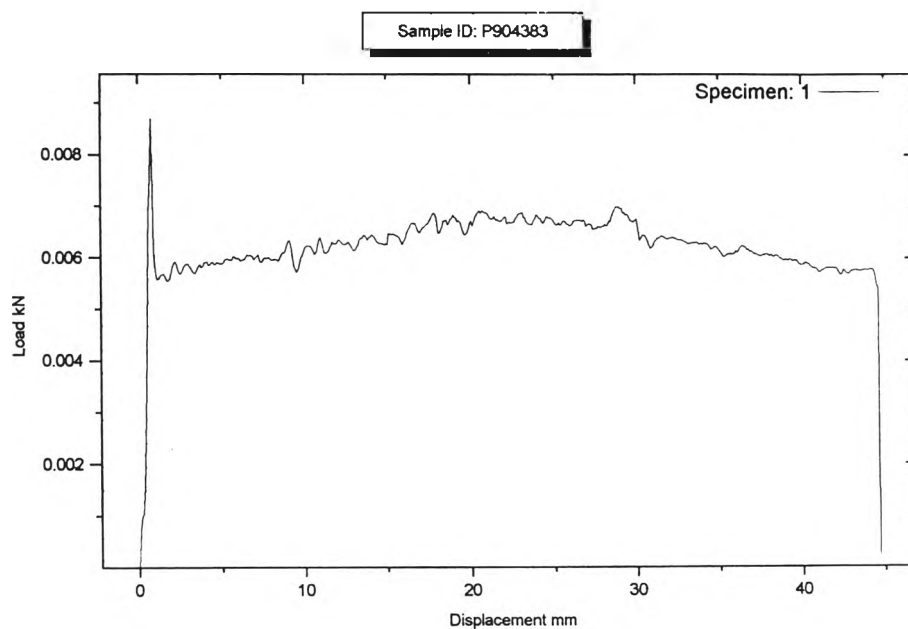
รูปที่ค.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 5



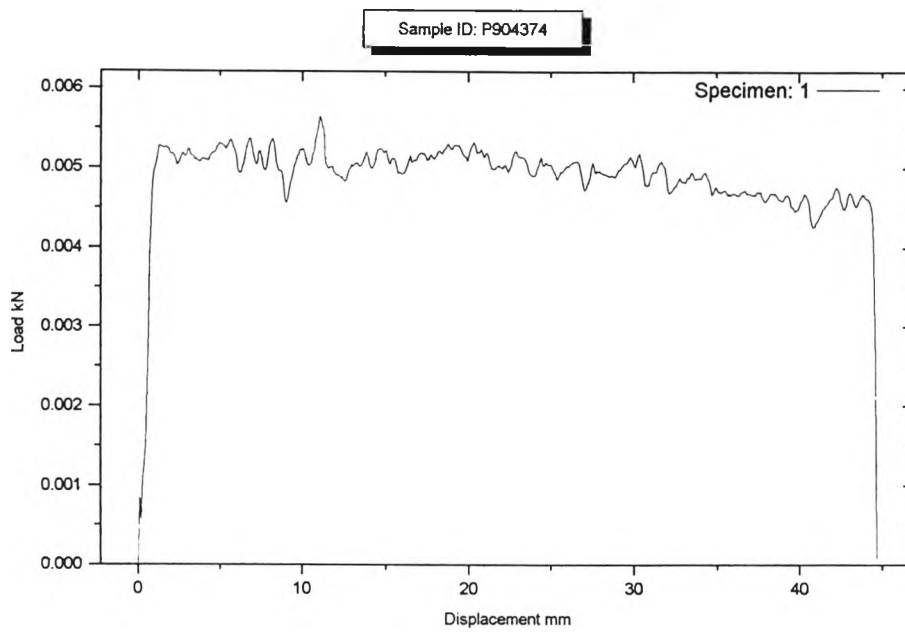
รูปที่ค.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 6



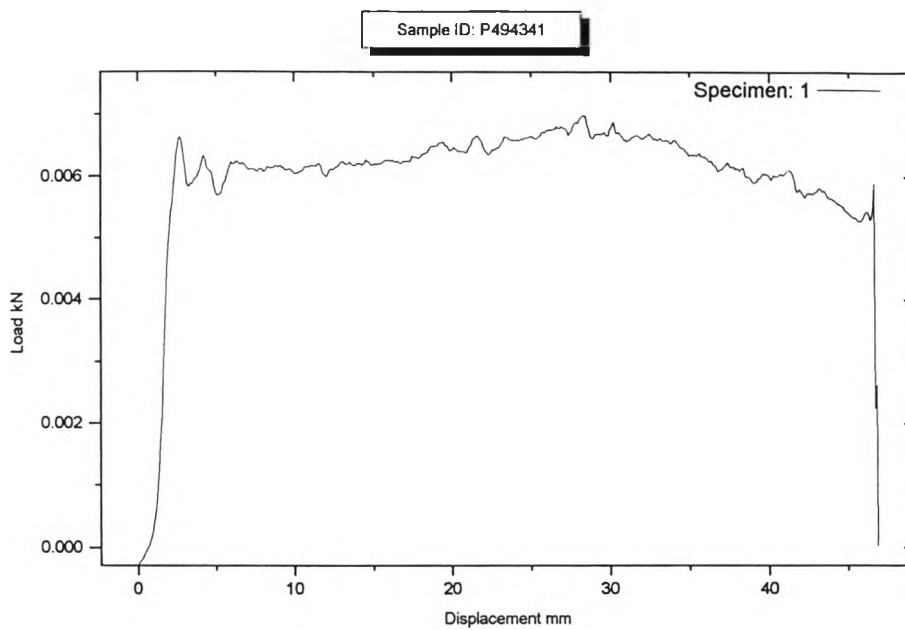
รูปที่ค.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 7



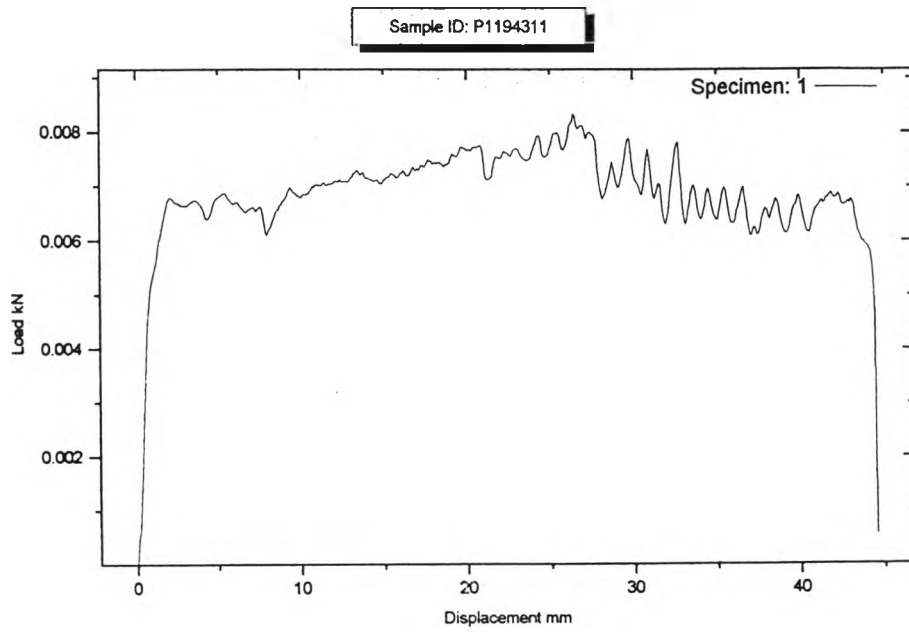
รูปที่ค.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 8



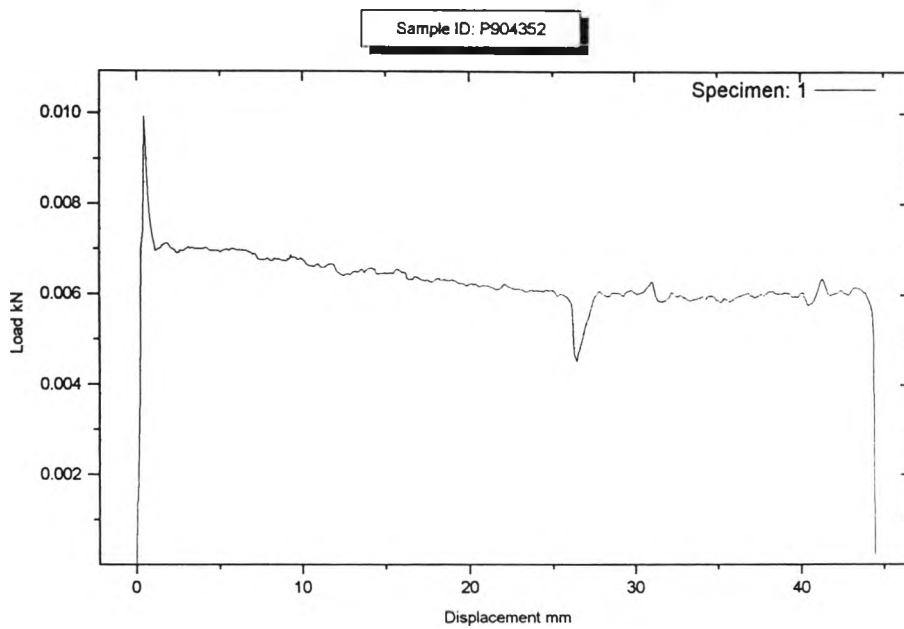
รูปที่ค.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 9



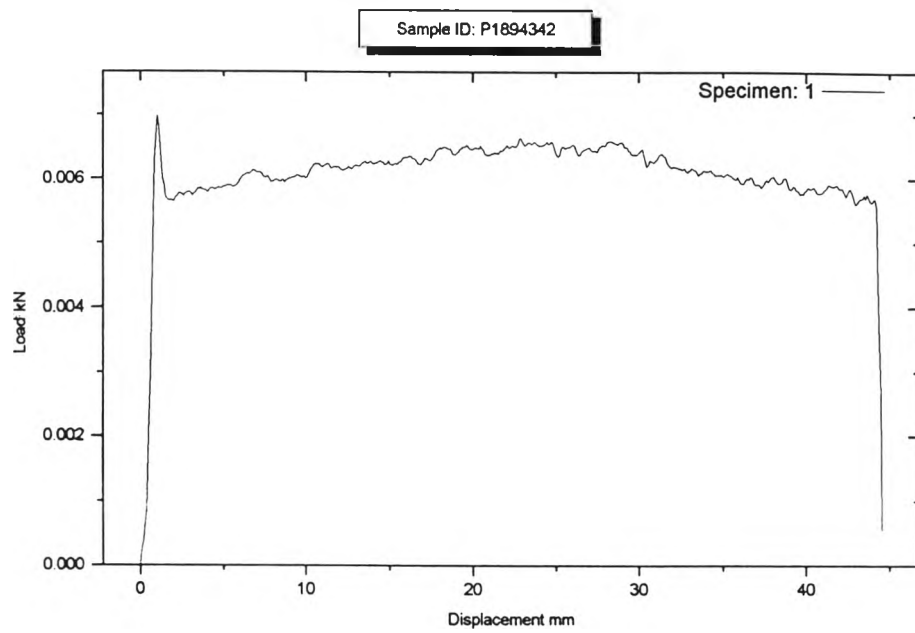
รูปที่ค.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 10



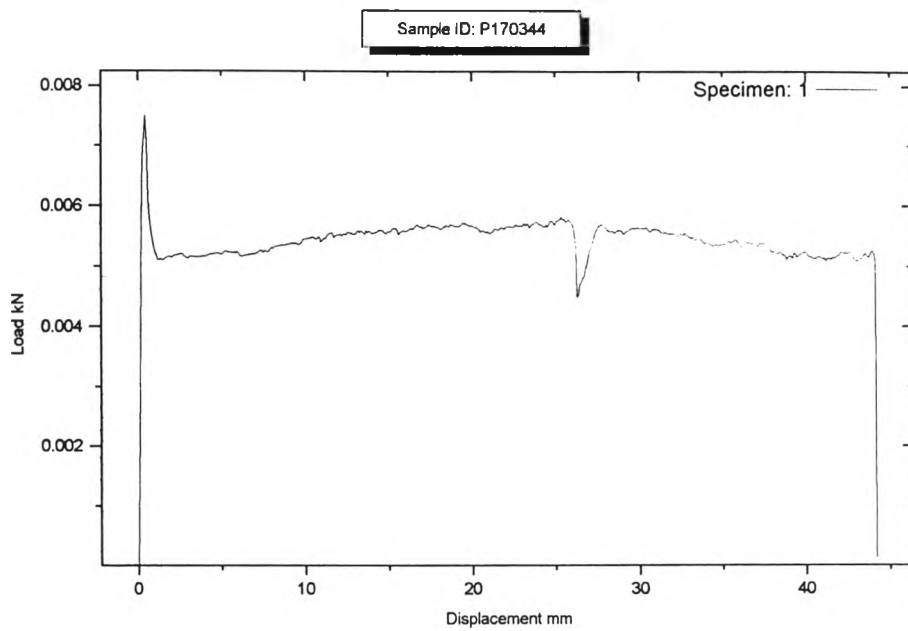
รูปที่ค.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 11



รูปที่ค.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 12

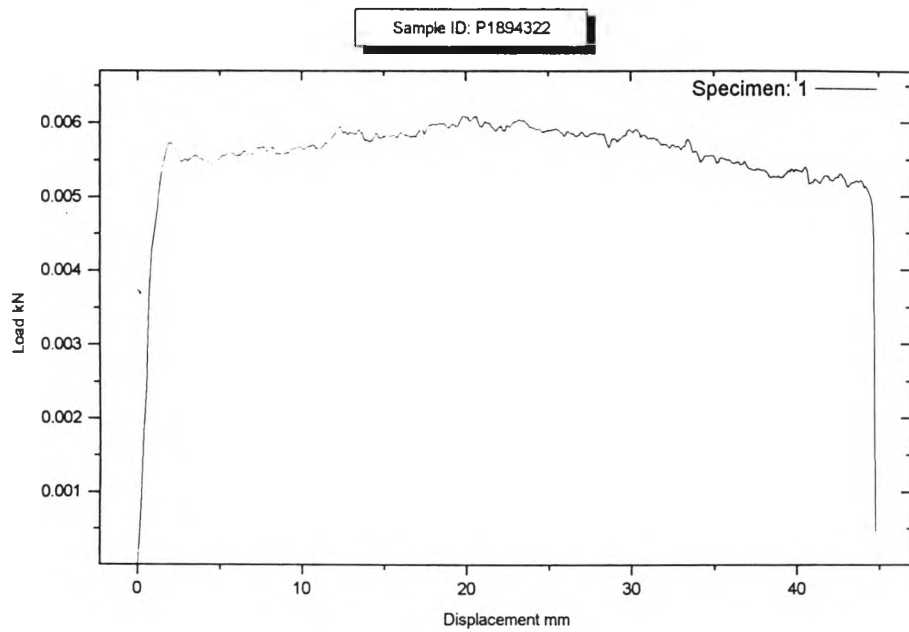


รูปที่ค.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 13

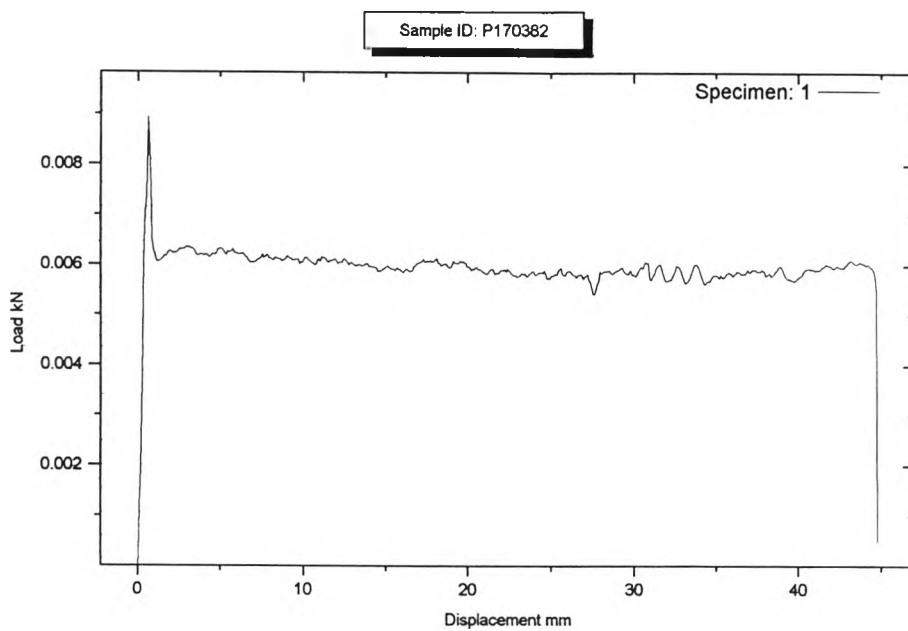


รูปที่ค.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 14

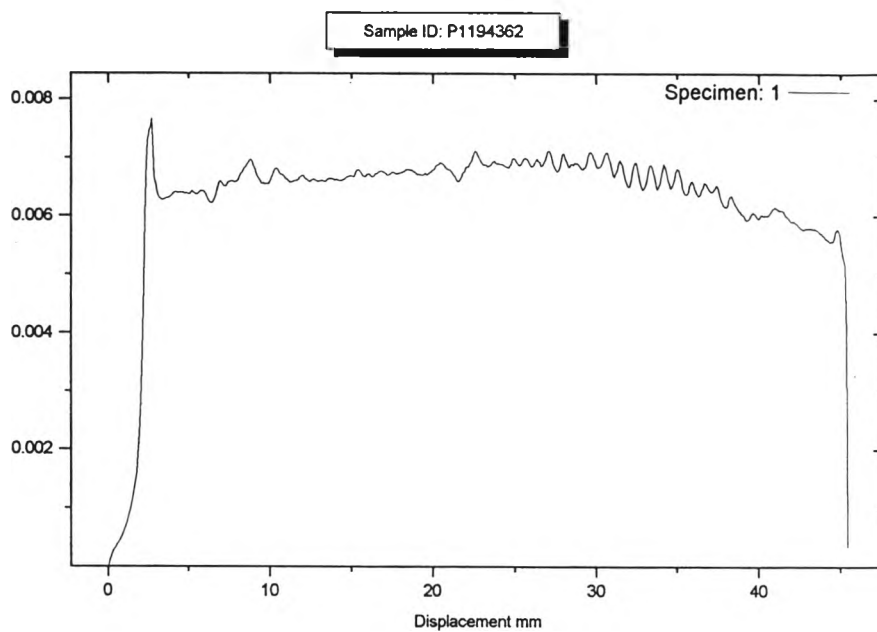
ต้นฉบับ หน้าขาดหาย



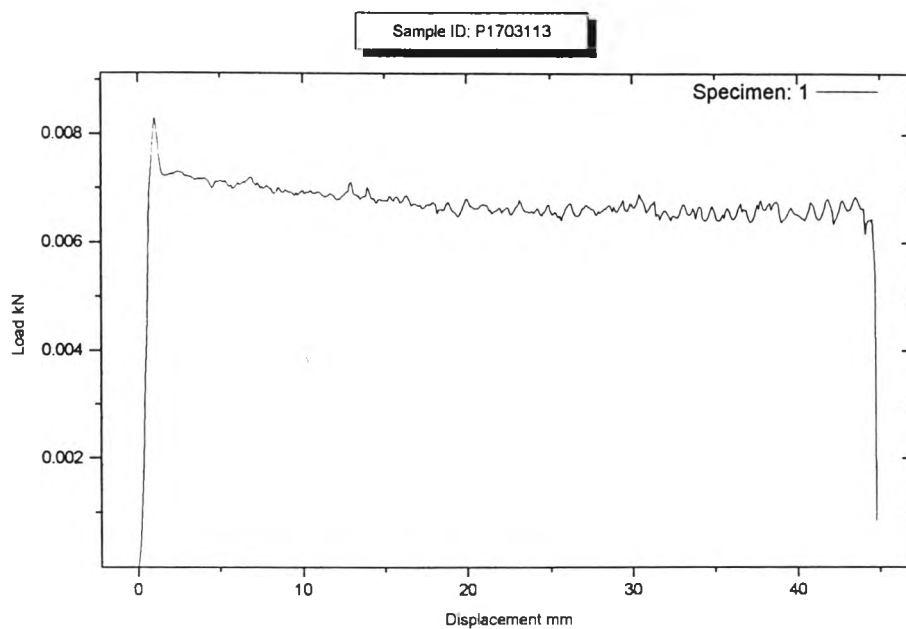
รูปที่ค.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 17



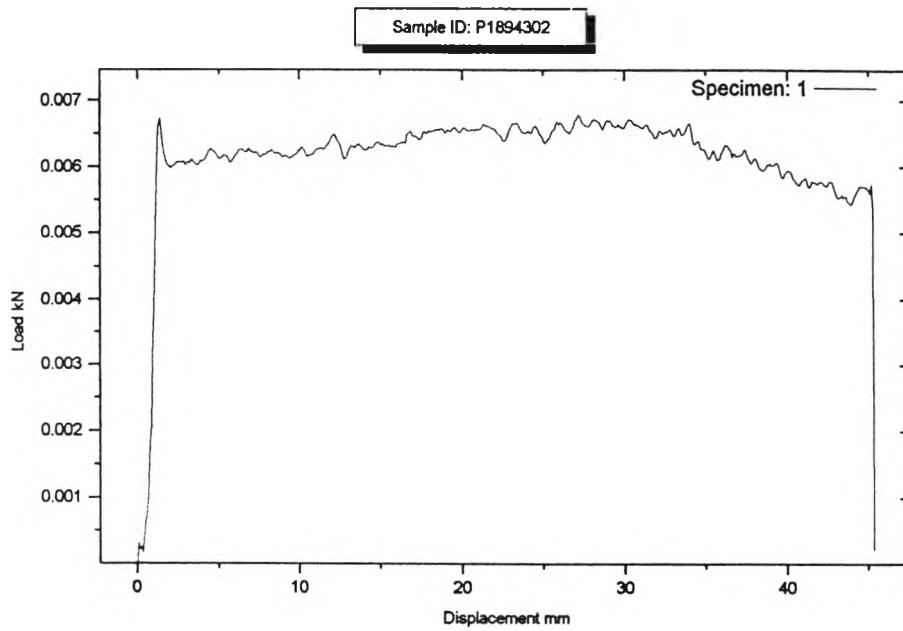
รูปที่ค.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 18



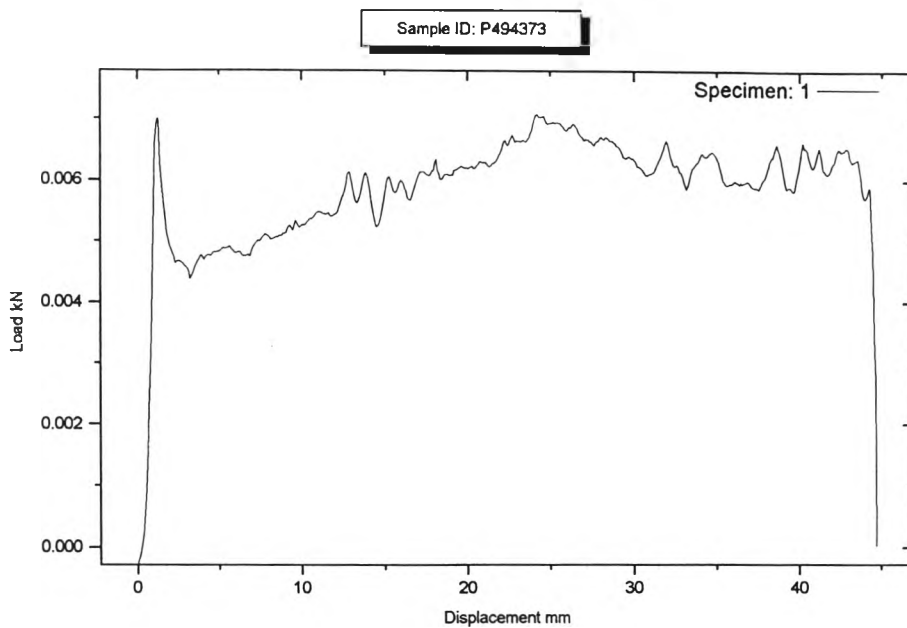
รูปที่ค.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 19



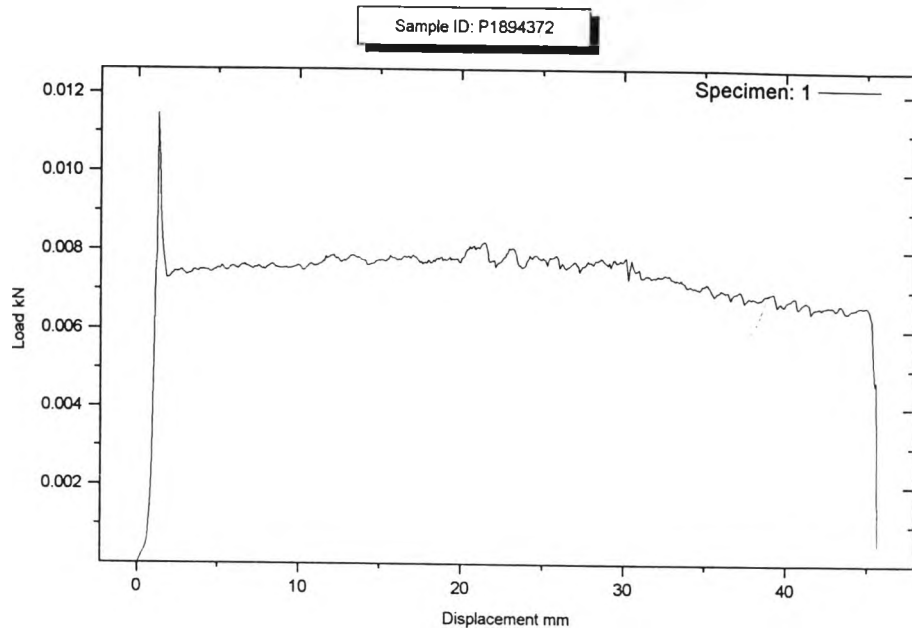
รูปที่ค.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 20



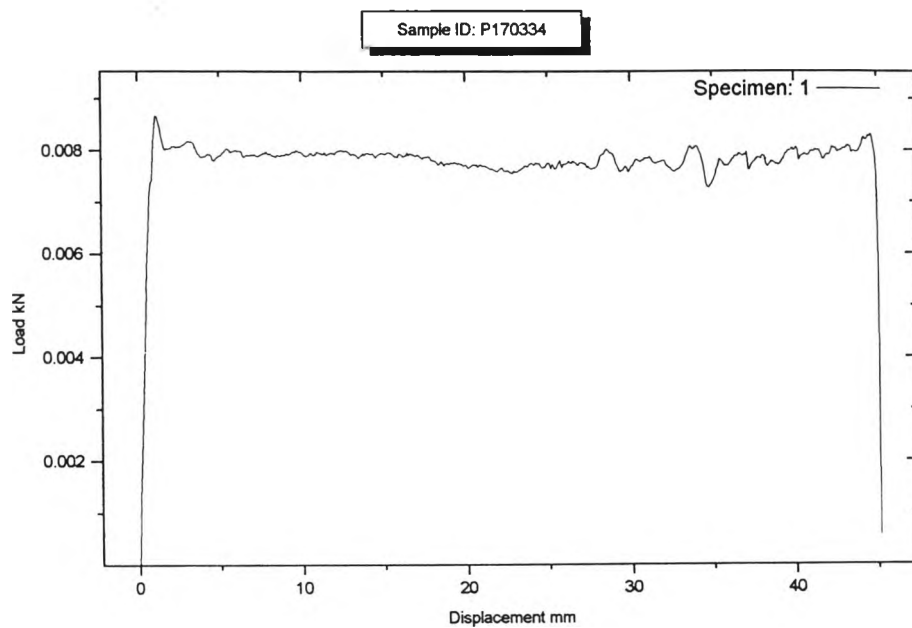
รูปที่ค.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 21



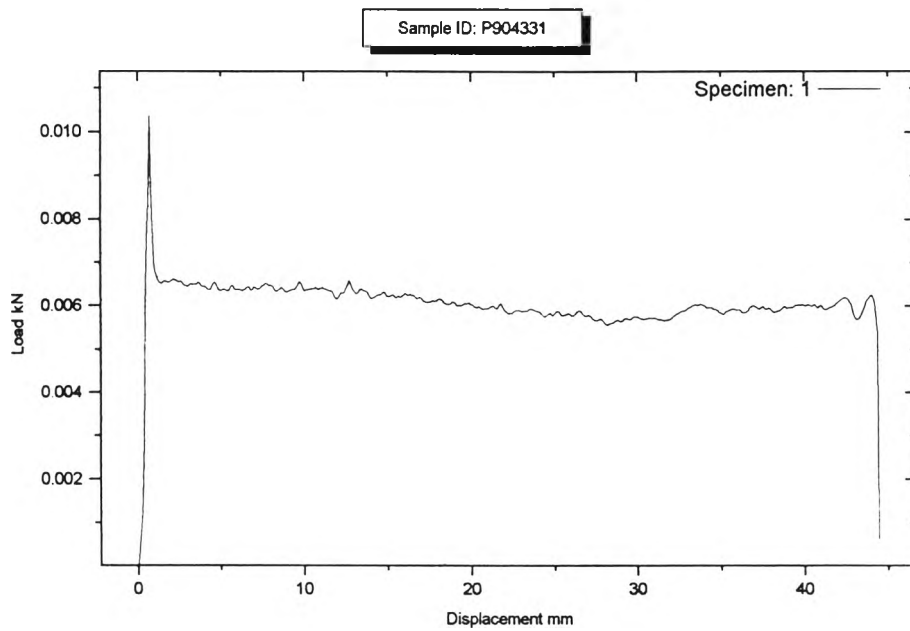
รูปที่ค.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 22



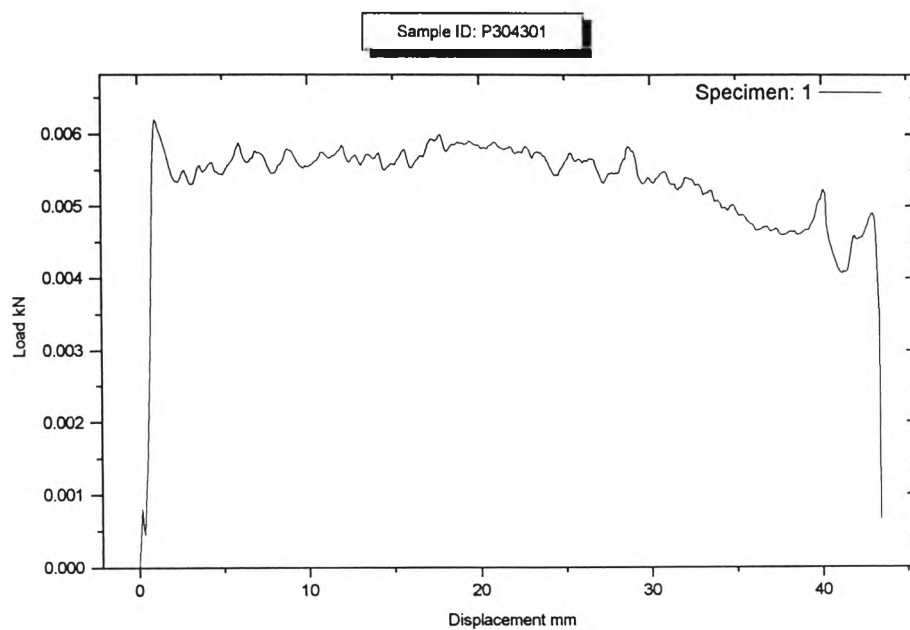
รูปที่ค.23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 23



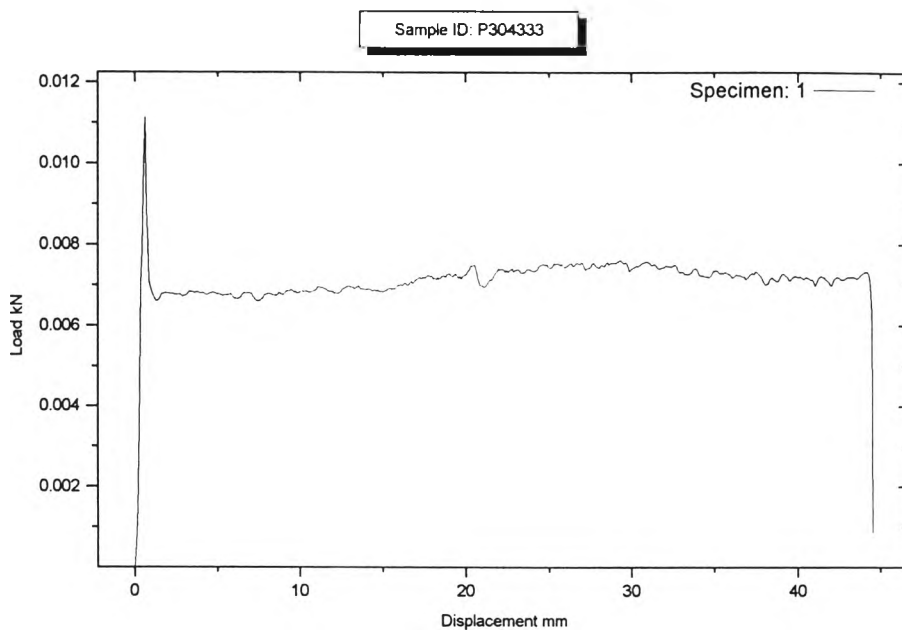
รูปที่ค.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 24



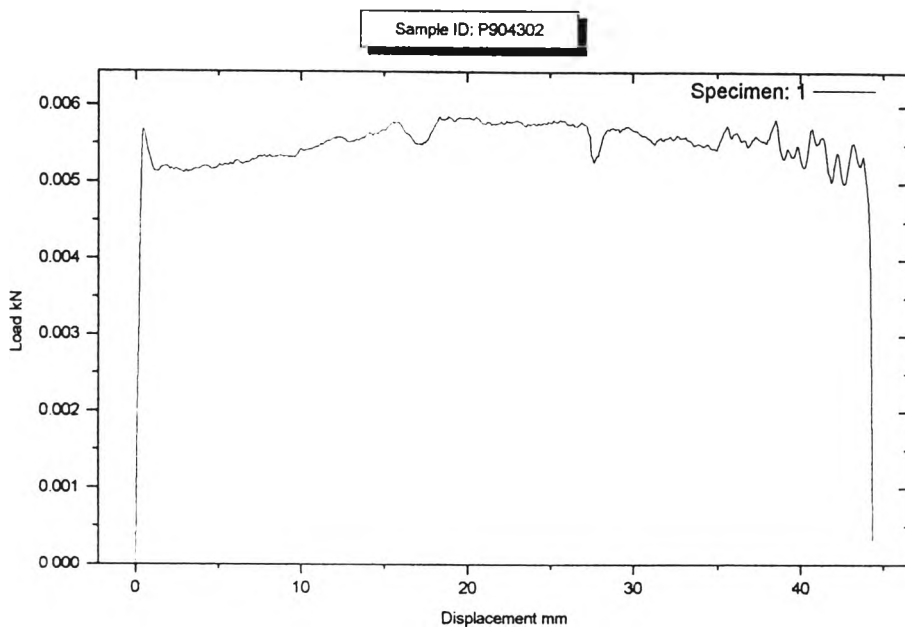
รูปที่ค.25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 25



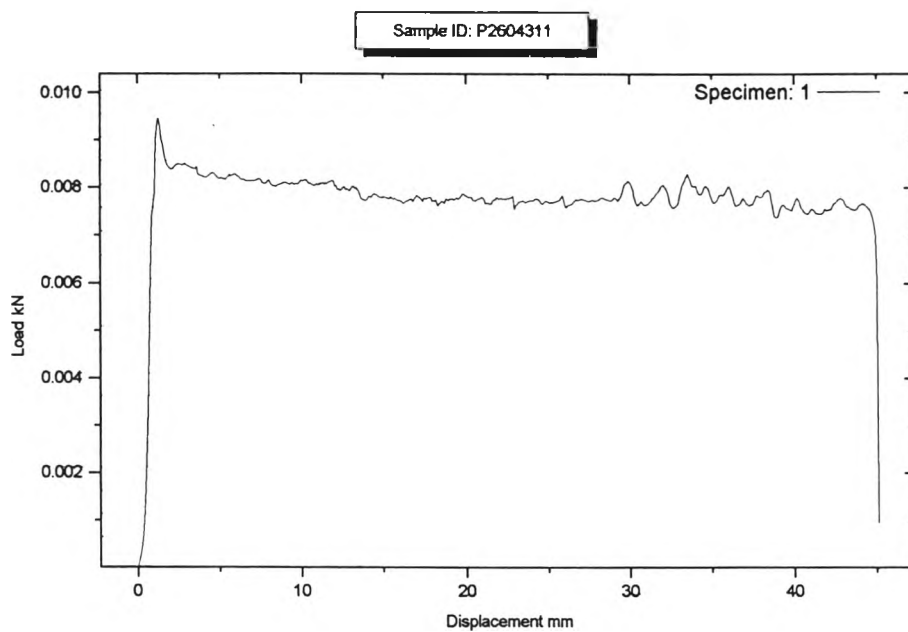
รูปที่ค.26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 26



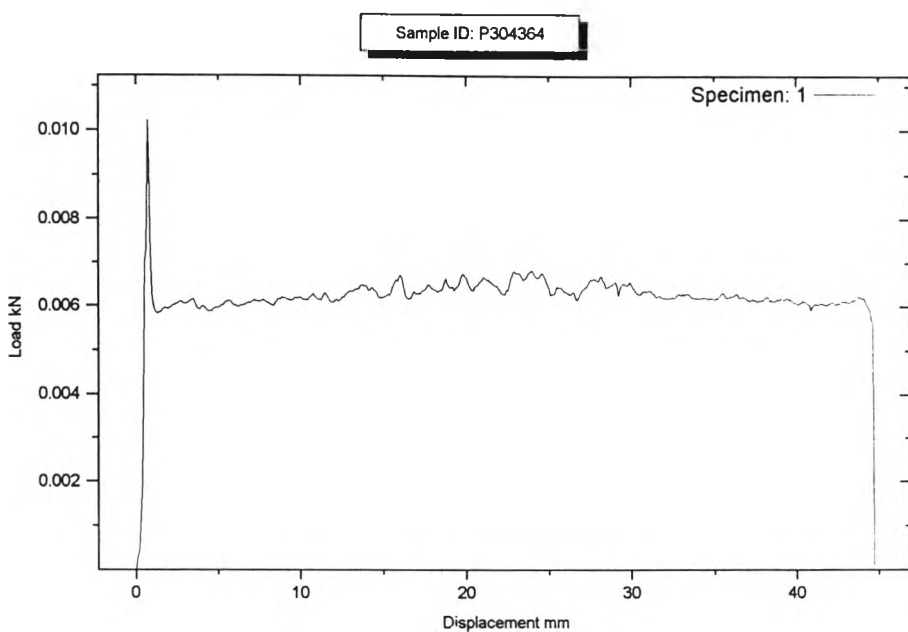
รูปที่ค.27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 27



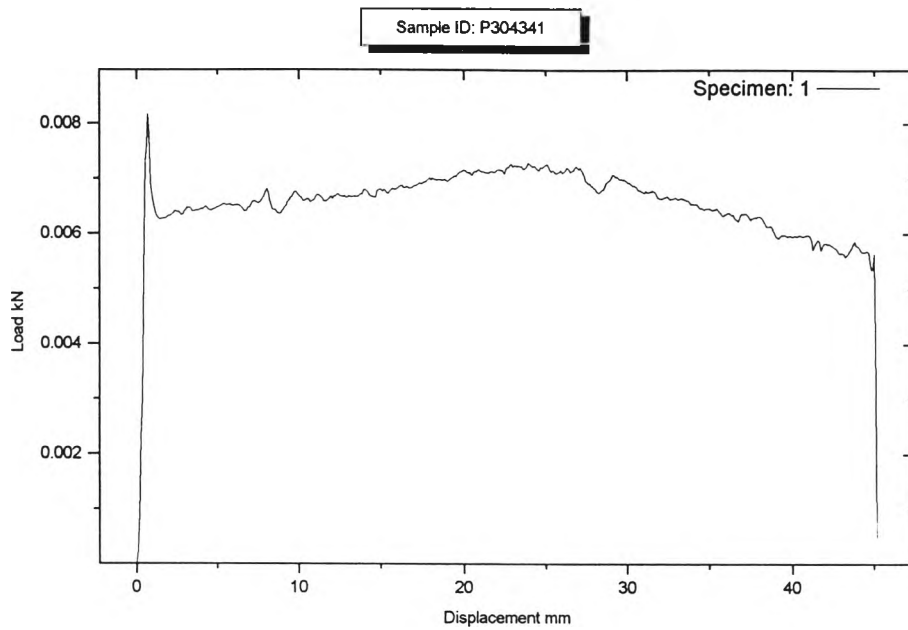
รูปที่ค.28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 28



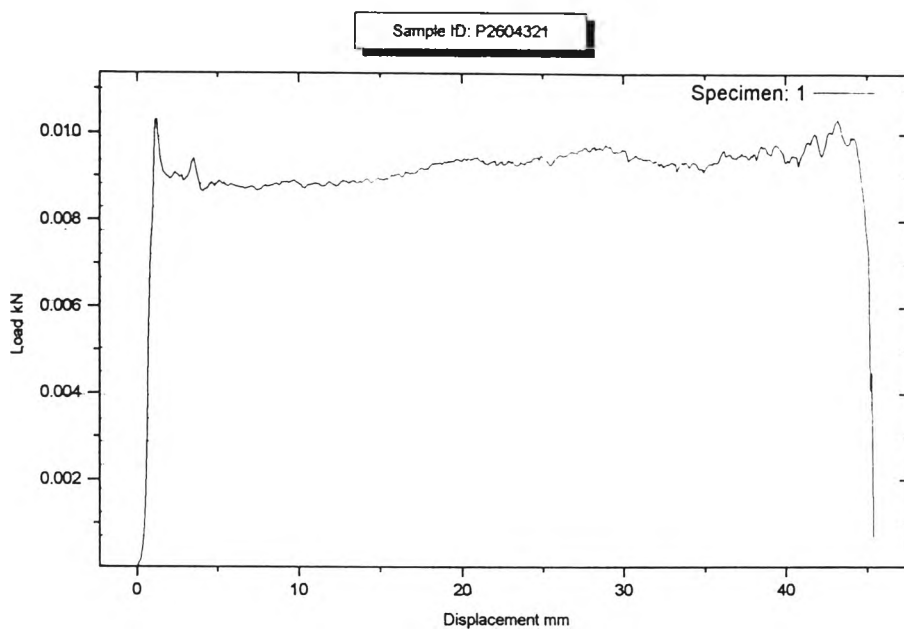
รูปที่ค.29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 29



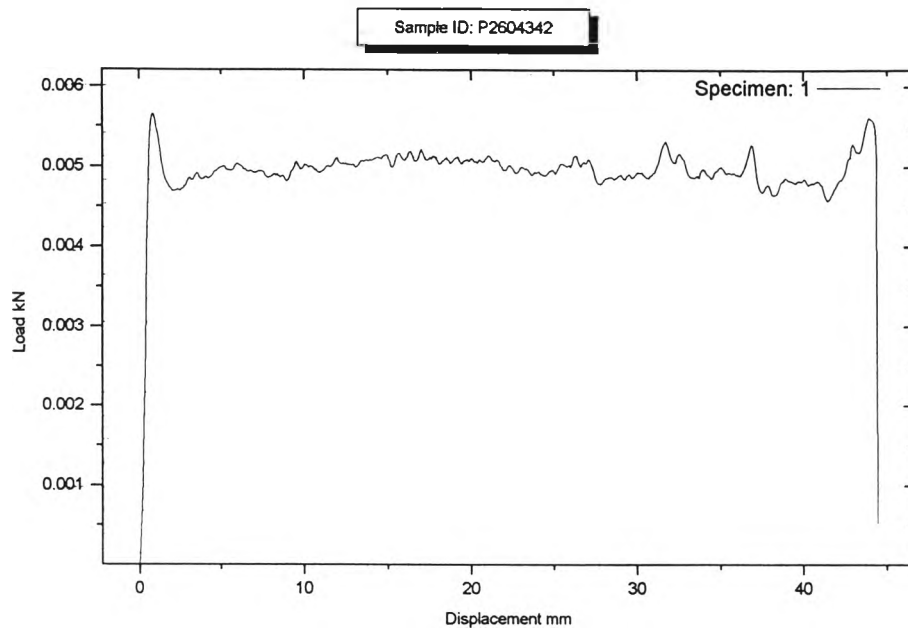
รูปที่ค.30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอก
ของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 30



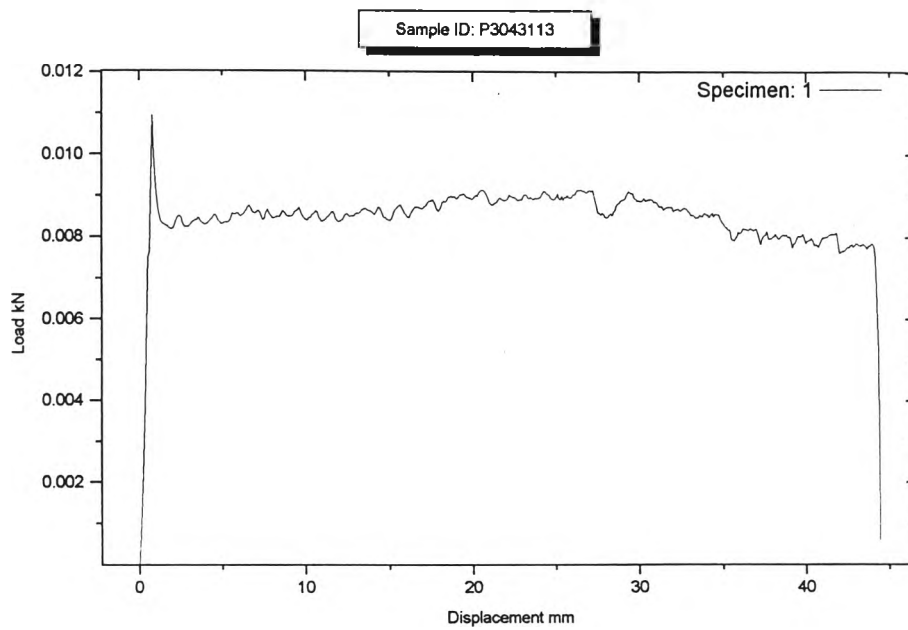
รูปที่ค.31 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 31



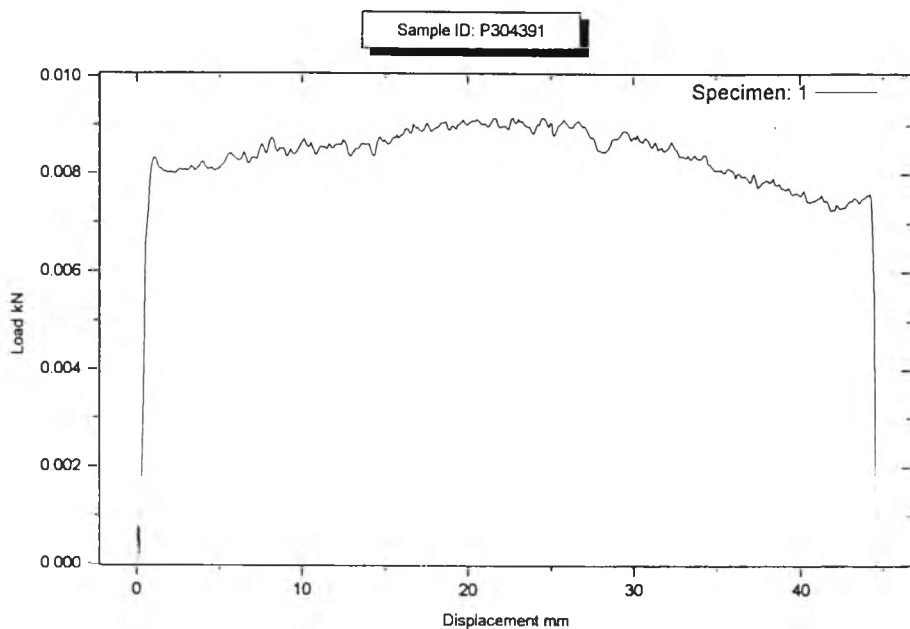
รูปที่ค.32 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 32



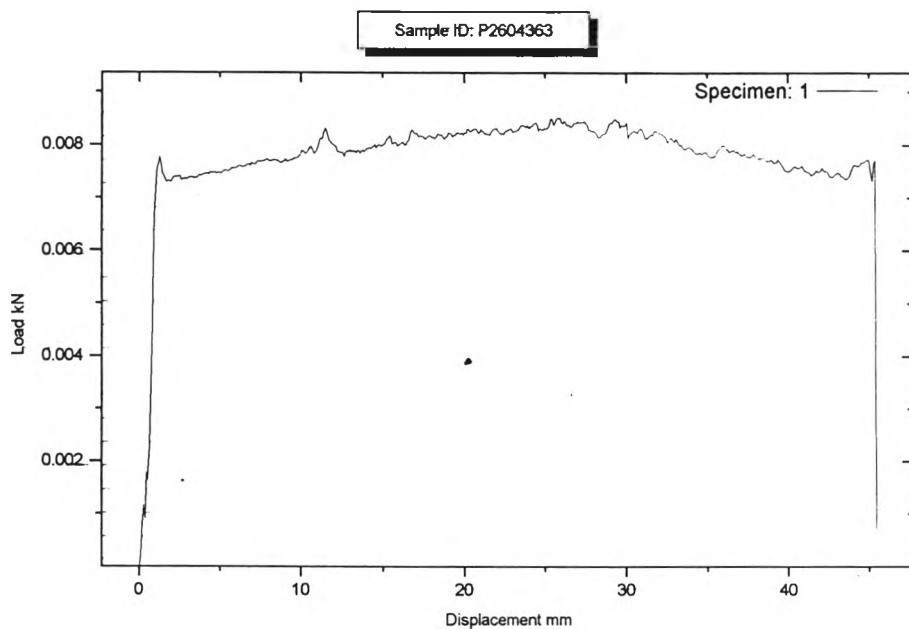
รูปที่ค.33 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 33



รูปที่ค.34 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 34



รูปที่ค.35 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 35



รูปที่ค.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงในการลอกแถบโลหะและระยะทางที่แถบโลหะถูกลอกของชิ้นงานที่สภาวะการทดลองที่ 36

ภาคผนวก ง



ตารางผลการทดสอบแรงดึงของชั้นเคลือบทองแดงกับพลาสติกด้วยวิธี peel test
(ตามมาตรฐาน JIS H8630)

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
1	ชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการทดลองที่ 1 เมื่อผ่านการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแสพบว่าเกิดการหลุดลอกและบวมพองของชั้นเคลือบทองแดง จึงไม่สามารถทำการทดสอบ peel test				3 นาที 55 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก
2	4.25	5.53	6.75	0.535	6 นาที 55 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600g กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.02	5.47	6.07	0.18	
	3.1	6.32	8.76	1.262	
	4.31	5.60	7.47	0.875	
	5.38	6.58	7.73	0.485	
	5.46	6.28	6.96	0.254	
	4.3	5.12	6.56	0.444	
	4.12	5.09	5.94	0.422	
3	5.27	5.67	6.58	0.242	9 นาที 55 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.46	5.45	6.95	0.355	
	6.14	6.33	7.11	0.184	
	5.95	5.84	6.28	0.217	
	5.08	5.65	6.08	0.222	
	5.56	5.97	6.33	0.152	
	6.05	6.47	6.89	0.203	
	5.51	6.37	7.07	0.221	
4	4.74	5.30	5.73	0.214	12 นาที 55 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.44	5.79	6.06	0.127	
	5.01	5.51	5.94	0.255	
	5.58	5.94	6.34	0.115	
	5.69	6.34	6.99	0.295	
	4.85	5.36	5.68	0.154	
	5.43	5.65	6.29	0.189	
	4.34	4.95	5.25	0.12	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
5	4.85	5.21	5.75	0.214	12 นาที 65 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.77	5.35	5.9	0.173	
	6.06	6.59	7	0.225	
	4.85	6.10	7.05	0.521	
	4.27	4.97	5.36	0.192	
	4.07	4.79	5.23	0.19	
	3.8	4.68	5.39	0.281	
	4.22	4.97	5.41	0.243	
6	3.6	4.15	4.73	0.239	6 นาที 65 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	3.53	4.26	4.73	0.306	
	4.41	5.26	6.11	0.391	
	4.18	4.94	5.64	0.351	
	4.42	4.92	5.84	0.291	
	4.04	4.35	4.62	0.113	
	3.94	4.18	4.48	0.123	
	3.79	4.35	5.02	0.288	
7	5.51	5.89	6.35	0.174	9 นาที 65 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.37	5.81	6.25	0.214	
	5.65	6.77	8.29	0.638	
	5.99	6.43	6.8	0.175	
	4.59	5.23	5.92	0.593	
	5.29	5.83	6.77	0.279	
	5.11	5.65	6.3	0.244	
	5.72	5.98	6.22	9.464E-05	
8	4.85	5.21	5.75	0.214	12 นาที 65 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.77	5.35	5.9	0.173	
	6.06	6.59	7	0.225	
	4.85	6.10	7.05	0.521	
	4.27	4.97	5.36	0.192	
	4.07	4.79	5.23	0.19	
	3.8	4.68	5.39	0.281	
	4.22	4.97	5.41	0.243	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
9	4.43	5.70	6.9	0.387	3 นาที 75 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.45	6.11	6.63	0.248	
	5.18	6.00	6.69	0.359	
	5.93	6.57	6.9	0.165	
	4.45	5.62	6.54	0.67	
	3.67	4.64	5.2	0.332	
	4.38	4.89	5.29	0.152	
	4.72	5.07	5.65	0.14	
10	5.5	5.95	6.37	0.231	6 นาที 75 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.44	6.06	6.74	0.213	
	5.26	5.74	6.3	0.159	
	4.64	5.09	5.77	0.231	
	6	6.45	7	0.24	
	5.3	6.24	7.42	0.417	
	6.07	6.57	7.09	0.241	
	5.17	6.00	6.55	0.366	
11	6.77	7.42	8.33	0.339	9 นาที 75 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.53	6.62	8.32	0.633	
	6.01	6.75	8.01	0.392	
	5.29	6.33	7.45	0.463	
	5.52	6.34	7.49	0.487	
	4.43	6.12	7.5	0.638	
	6.02	7.23	8.31	0.539	
	5.98	7.22	8.3	0.492	
12	6.1	6.47	6.8	0.164	12 นาที 75 องศาเซลเซียส 200 กรัมของกรดโครมิก 600 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.68	6.03	6.48	0.145	
	6.27	6.72	7.05	0.166	
	6.31	6.66	6.91	0.157	
	5.7	6.31	6.92	0.367	
	4.9	6.24	6.76	0.29	
	5.56	6.62	7.69	0.442	
	5.72	5.99	6.29	0.142	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
13	5.18	6.18	7.65	0.456	3 นาที 55 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.79	5.53	6.72	0.424	
	7.91	5.43	5.81	0.175	
	3.39	4.77	6.04	0.671	
	6.18	6.67	7.1	0.211	
	6.02	6.39	6.64	0.136	
	5.99	6.49	6.81	0.144	
	4.58	6.22	7.35	0.502	
14	5.58	6.29	7.02	0.326	6 นาที 55 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.85	6.42	7.15	0.312	
	5.51	5.95	6.41	0.259	
	4.94	5.61	5.82	0.107	
	4.76	5.10	5.49	0.16	
	4.4	4.78	5.04	0.136	
	5.2	5.65	6.34	0.216	
	4.92	5.36	5.72	0.142	
15	5.83	6.39	6.72	0.19	9 นาที 55 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.84	6.60	7.47	0.432	
	5.68	6.2	6.79	0.267	
	6.4	6.85	7.17	0.199	
	6.93	7.51	7.96	0.223	
	5.58	6.74	7.48	0.306	
	4.57	5.63	6.86	0.489	
	5.81	6.31	6.7	0.133	
16	5.47	5.84	6.18	0.147	12 นาที 55 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.43	7.81	5	0.106	
	5.48	5.64	5.87	8.556E-05	
	5.3	5.83	6.18	0.145	
	5.31	5.59	5.85	8.537E-05	
	5.09	5.70	5.92	0.13	
	5.41	5.85	6.42	0.174	
	5.92	6.23	6.46	0.122	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
17	5.96	6.54	6.95	0.286	3 นาที 65 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.69	6.19	6.53	0.148	
	6.57	7.09	7.46	0.244	
	5.86	6.67	7.9	0.404	
	5.84	6.28	6.7	0.17	
	5.64	5.88	6.09	0.0000964	
	6.2	6.63	7.26	0.274	
	6.13	5.95	6.13	0.00007819	
18	5.34	5.84	6.12	0.149	6 นาที 65 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.68	5.94	6.17	0.107	
	5.03	5.68	6.35	0.272	
	5.4	6.23	6.77	0.231	
	6.56	7.12	7.47	0.21	
	5.92	6.28	6.61	0.15	
	5.55	5.92	6.3	0.149	
	4.95	5.29	5.72	0.207	
19	5.86	7.76	9.37	0.761	9 นาที 65 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.18	6.55	8.51	0.878	
	6.39	7.82	9.39	0.609	
	5.96	7.32	8.48	0.512	
	6.45	7.05	7.53	0.252	
	6.58	6.79	7.14	0.137	
	5.98	6.64	7.51	0.333	
	6.19	6.85	7.73	0.334	
20	5.47	5.98	6.34	0.163	12 นาที 65 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	6.27	6.86	7.3	0.194	
	6.15	7.33	7.75	0.338	
	4.78	5.82	6	0.143	
	6.45	7.00	7.35	0.2	
	6.39	6.70	6.98	0.119	
	6.41	6.70	7.12	0.133	
	5.58	6.13	6.66	0.251	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
21	6.84	7.80	8.41	0.343	9 นาที 75 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	7.49	7.78	8.21	0.134	
	7.08	8.58	9.62	0.417	
	7.38	7.88	8.29	0.164	
	7.95	8.38	9	0.27	
	7.31	7.70	8.11	0.166	
	7.32	8.06	8.17	0.21	
	7.3	8.27	6.21	0.42	
22	ชิ้นงานไม่สมบูรณ์จึงไม่สามารถนำมาทดสอบด้วยวิธี peel test ได้				6 นาที 75 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.45	6.39	7.22	0.487	
	5.38	6.51	8.06	0.563	
	5.24	6.23	7.08	0.498	
	5.22	6.40	8.12	0.632	
23	5.36	6.52	7.47	0.397	3 นาที 75 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.77	6.79	7.6	0.408	
	5.2	5.80	6.44	0.309	
	5.72	6.58	7.47	0.44	
	5.78	6.72	7.25	0.314	
	6.11	6.48	6.78	0.15	
	6.17	6.43	6.67	0.146	
	6.24	6.57	6.78	0.154	
24	ชิ้นงานไม่สมบูรณ์จึงไม่สามารถนำมาทดสอบด้วยวิธี peel test ได้				12 นาที 75 องศาเซลเซียส 420 กรัมของกรดโครมิก 380 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	8.74	9.93	9.56	0.24	
	7.51	8.07	8.54	0.268	
	6.36	7.23	7.64	0.201	
	7.56	7.80	8.03	0.124	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
25	1.99	2.91	3.87	0.569	3 นาที 55 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	3.04	4.39	5.21	0.392	
	2.65	3.11	3.77	0.22	
	1.49	3.74	5.75	1.508	
	5.56	6.03	6.57	0.24	
	5.4	6.20	6.82	0.32	
	5.98	6.39	6.79	0.2	
	4.16	5.25	5.61	0.187	
26	5.32	5.69	6	0.147	6 นาที 55 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.82	5.26	5.99	0.189	
	5.7	6.83	8.11	0.553	
	5.52	6.37	7.12	0.45	
	5.48	6.68	7.76	0.532	
	5.62	6.33	6.88	0.28	
	5.44	5.87	6.41	0.233	
	6.18	6.60	7.07	0.154	
27	4.63	5.25	5.79	0.298	9 นาที 55 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.68	5.24	5.69	0.215	
	5.25	5.51	5.86	0.159	
	4.97	5.44	5.73	0.176	
	6.04	6.66	7.26	0.28	
	5.77	6.19	6.5	0.2	
	6.79	7.21	7.61	0.255	
	5.8	6.53	6.97	0.338	
28	6.13	6.49	6.85	0.138	12 นาที 55 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.4	5.69	5.86	0.124	
	6.04	6.55	7.05	0.218	
	7.07	7.67	8.24	0.282	
	2.6	4.03	5.42	0.851	
	2.35	3.82	5.37	0.107	
	4.8	5.44	5.67	0.128	
	4.63	5.04	5.36	0.142	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
29	7.27	7.82	8.25	0.246	3 นาที 65 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	5.51	6.02	6.65	0.267	
	7.81	8.95	10.07	0.471	
	6.74	7.78	8.71	0.462	
	7.55	7.81	8.16	0.135	
	6.58	7.17	7.91	0.222	
	6.78	7.06	7.57	0.195	
	6.42	6.94	7.4	0.182	
30	6.59	7.02	7.43	0.248	6 นาที 65 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	6.62	6.98	7.47	0.162	
	6.32	7.34	8.01	0.345	
	6.09	6.42	6.82	0.177	
	6.8	7.32	7.89	0.284	
	5.29	6.04	6.67	0.311	
	6.26	6.74	7.44	0.238	
	5.62	6.40	7.17	0.323	
31	ชิ้นงานไม่สมบูรณ์จึงไม่สามารถนำมาทดสอบด้วยวิธี peel test ได้				9 นาที 65 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	6.58	6.96	7.29	0.204	
	6.39	6.74	7.6	0.212	
	6.24	6.78	7.34	0.208	
	5.82	6.63	7.03	0.211	
32	8.73	9.24	9.74	0.285	12 นาที 65 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	8.19	8.79	9.79	0.432	
	8.64	9.24	9.69	0.281	
	6.25	7.72	9.24	0.671	
	10.04	10.84	11.57	0.412	
	8.8	9.63	10.06	0.265	
	9.93	10.74	12.11	0.337	
	7.78	10.33	11.28	0.529	

การทดลองที่	min load	mean load	max load	sd.	สภาวะ
33	5.78	6.05	6.43	0.184	3 นาที 75 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	4.78	5.02	5.22	9.20321E-05	
	4.22	5.10	5.83	0.29	
	3.62	4.42	4.84	0.242	
	5.75	6.52	7.07	0.248	
	5	5.97	6.44	0.279	
	4.43	5.66	6.4	0.381	
	5.47	6.33	6.97	0.327	
34	7.09	7.62	8.38	0.293	6 นาที 75 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	6.29	7.00	7.52	0.249	
	6.56	7.19	7.67	0.213	
	6.69	7.29	7.81	0.249	
	8.25	8.88	9.28	0.215	
	7.78	8.33	8.74	0.174	
	8.38	8.81	9.16	0.219	
	7.22	7.65	8.6	0.191	
35	5.28	6.09	7.93	0.511	9 นาที 75 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	6.76	7.41	6.76	0.315	
	5.64	6.78	7.25	0.428	
	5.65	6.80	7.59	0.44	
	8.36	8.83	9.15	0.218	
	7.5	8.23	8.73	0.268	
	8.36	8.75	9.15	0.213	
	7.56	8.23	8.67	0.226	
36	7.19	8.10	8.72	0.365	12 นาที 75 องศาเซลเซียส 600 กรัมของกรดโครมิก 200 กรัมของกรดซัลฟูริก ↓
	6.3	6.85	7.97	0.402	
	7.79	8.19	8.52	0.183	
	6.08	7.03	7.81	0.471	
	7.3	7.71	8.07	0.116	
	6.9	7.38	7.59	0.11	
	7.34	7.79	8.24	0.183	
	6.78	7.12	7.69	0.18	

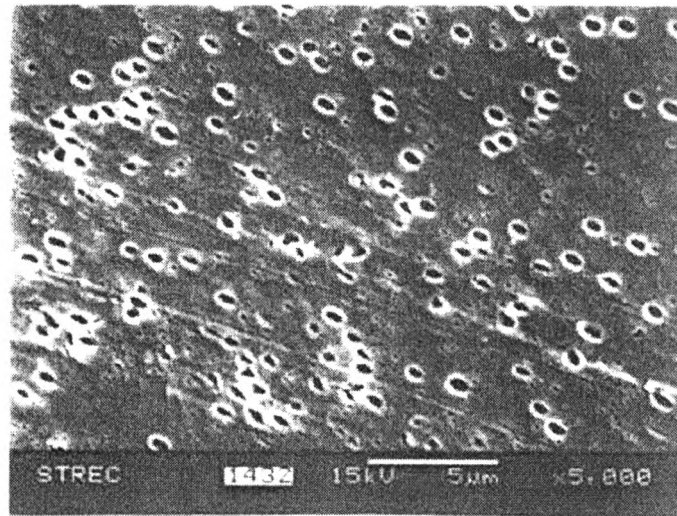
ภาคผนวก จ

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

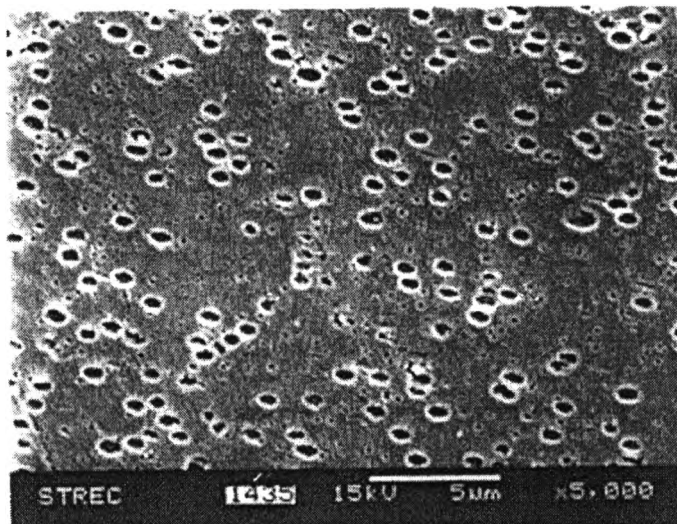
ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวที่สภาวะต่าง ๆ กันแสดงดังรูปที่ จ.1 ถึง จ.36 โดยที่หมายเลขที่กำกับในแต่ละภาพสอดคล้องกับชุดการทดลองในตารางที่ 4.1 (ซึ่งได้นำเสนอ ณ ที่นี้อีกครั้ง เพื่อความสะดวกต่อการอ้างอิง)

ตารางที่ 4.1 หมายเลขแสดงสภาวะการกัดผิวที่ใช้ในการทดลอง 36 สภาวะ

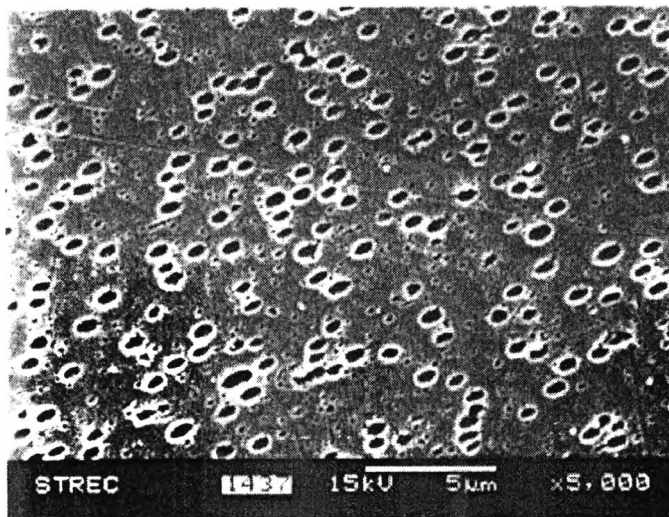
	อุณหภูมิการกัดผิว 55 องศาเซลเซียส				อุณหภูมิการกัดผิว 65 องศาเซลเซียส				อุณหภูมิการกัดผิว 75 องศาเซลเซียส			
	เวลาการกัดผิว (นาที)				เวลาการกัดผิว (นาที)				เวลาการกัดผิว (นาที)			
ความเข้มข้นกรดโครมิก (กรัมต่อลิตร)	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
200	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
420	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
600	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36



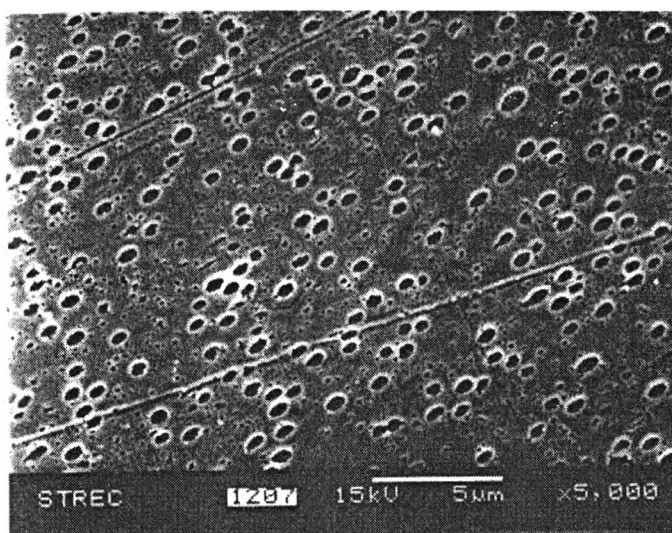
รูปที่ ๑.1 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 1



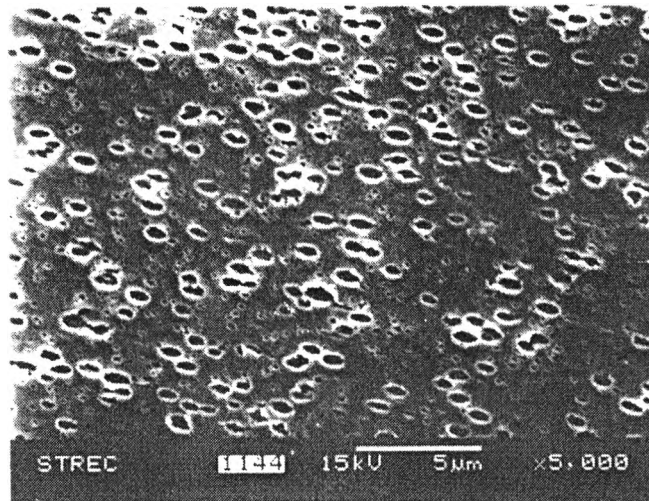
รูปที่ ๑.2 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 2



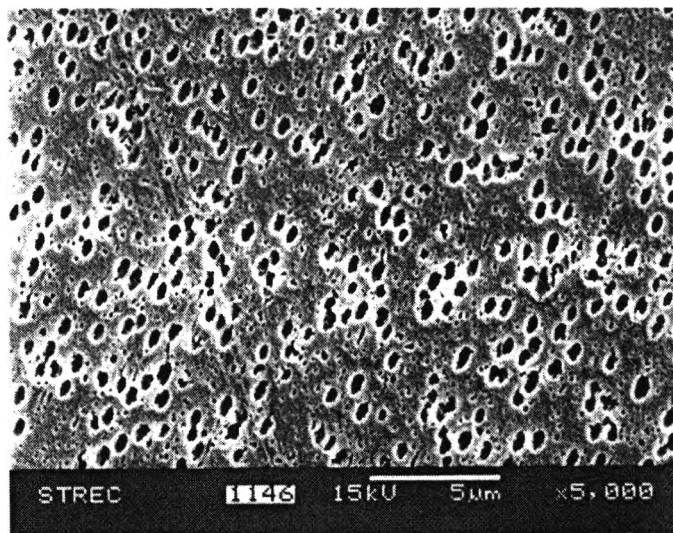
รูปที่ ๑.๓ ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 3



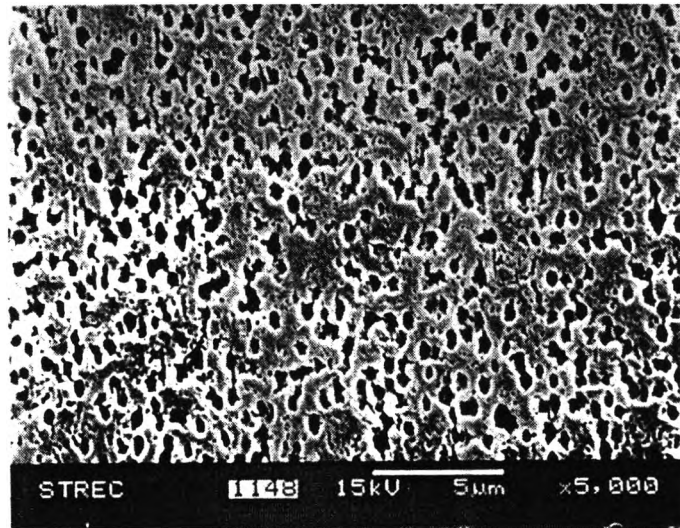
รูปที่ ๑.๔ ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 4



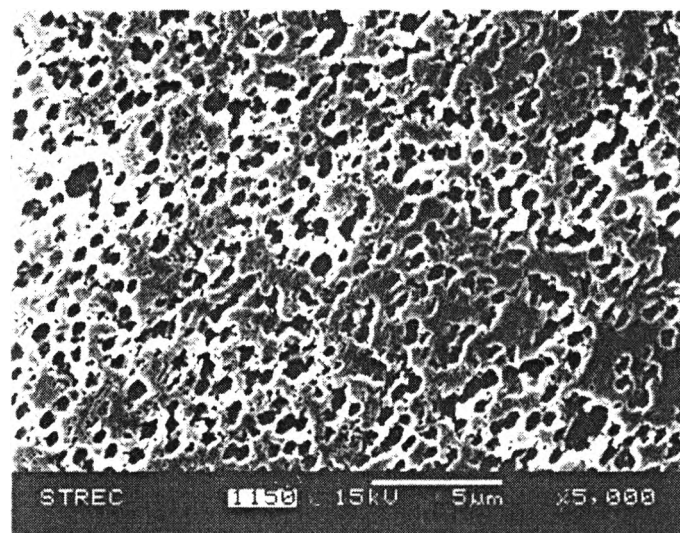
รูปที่ ๑.5 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 5



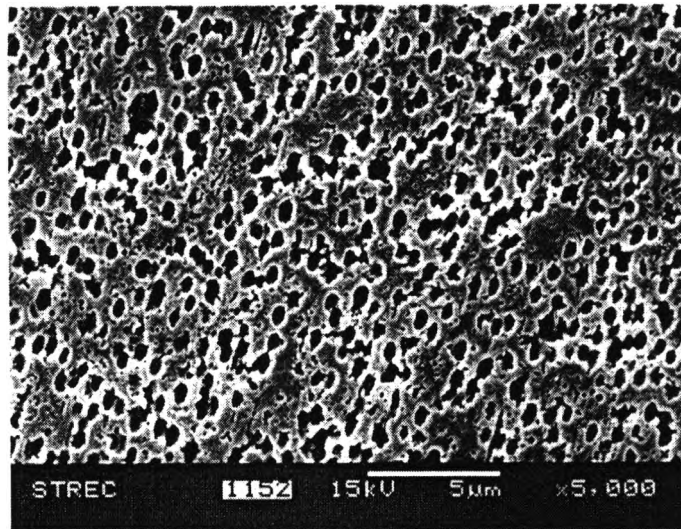
รูปที่ ๑.6 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 6



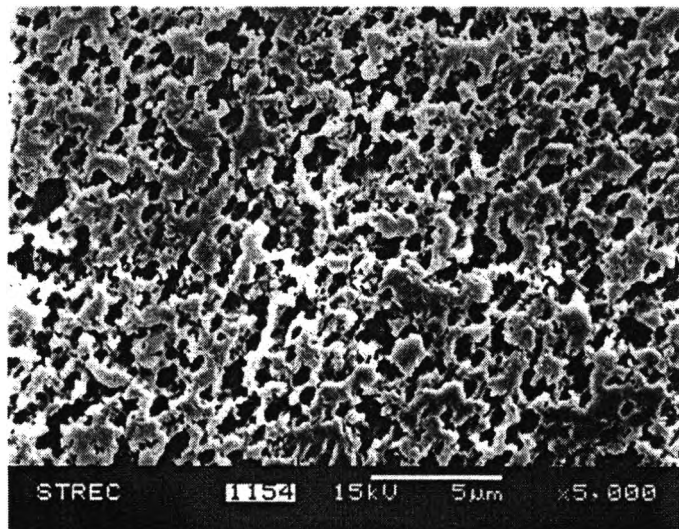
รูปที่ ๑.7 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียีสที่ผ่านการกัณด้วยสภาวะการกัณที่ 7



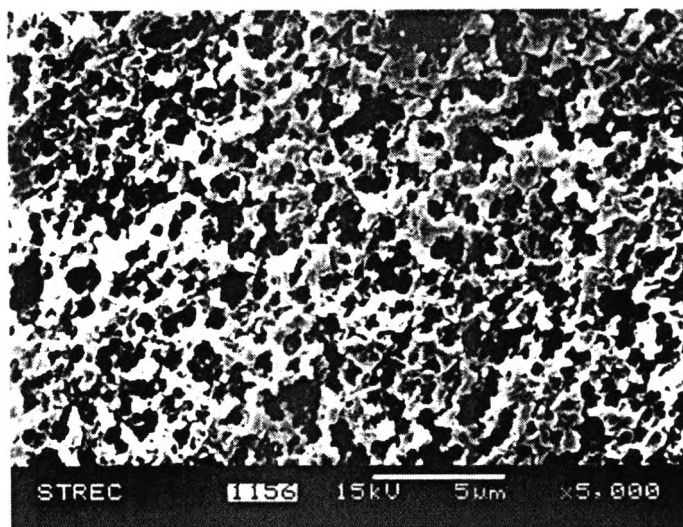
รูปที่ ๑.8 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียีสที่ผ่านการกัณด้วยสภาวะการกัณที่ 8



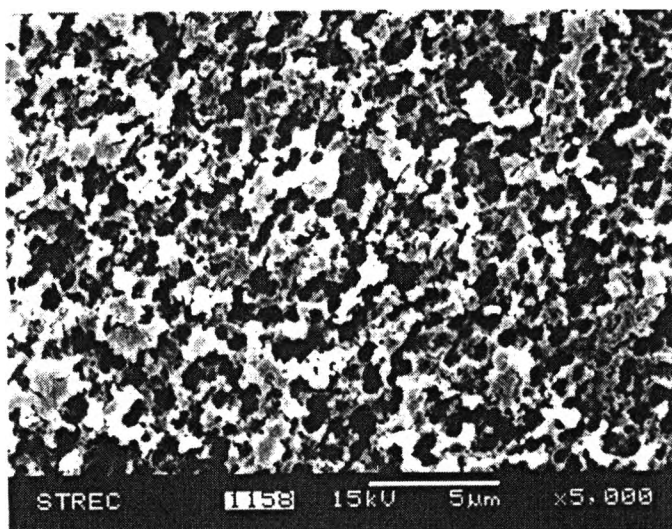
รูปที่ ๑.๙ ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ ๙



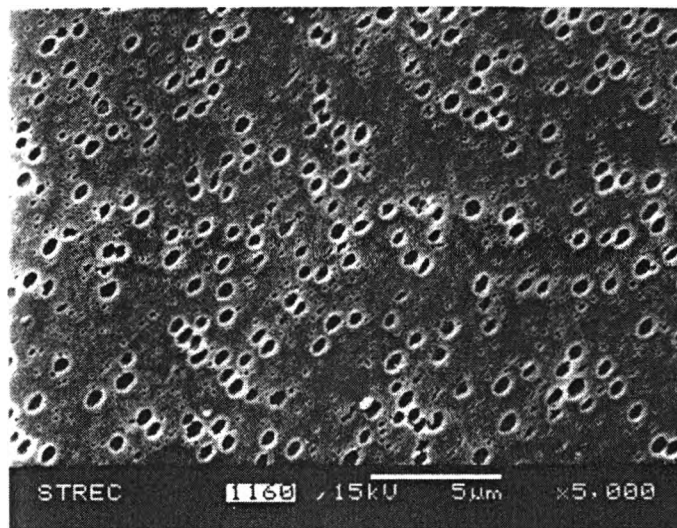
รูปที่ ๑.๑๐ ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ ๑๐



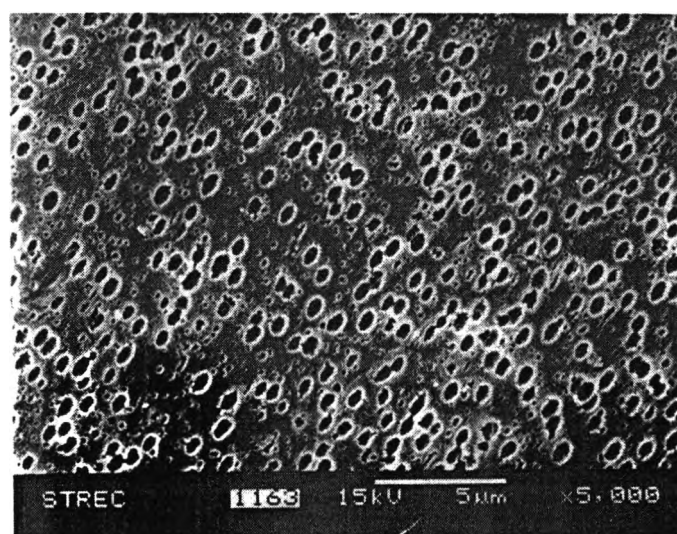
รูปที่ ๑.11 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 11



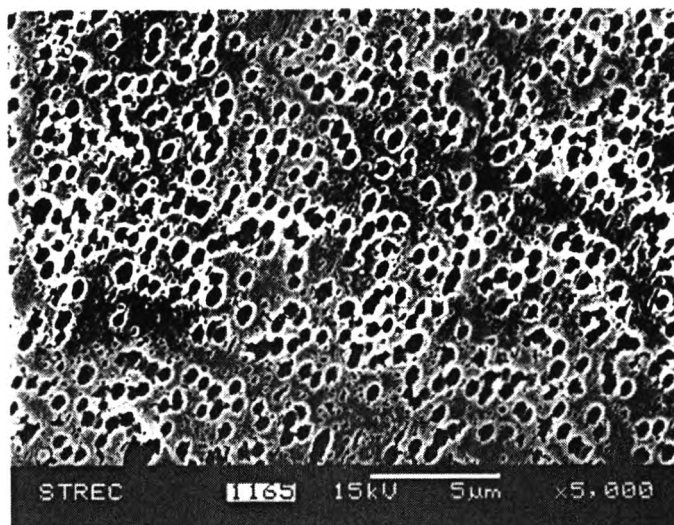
รูปที่ ๑.12 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 12



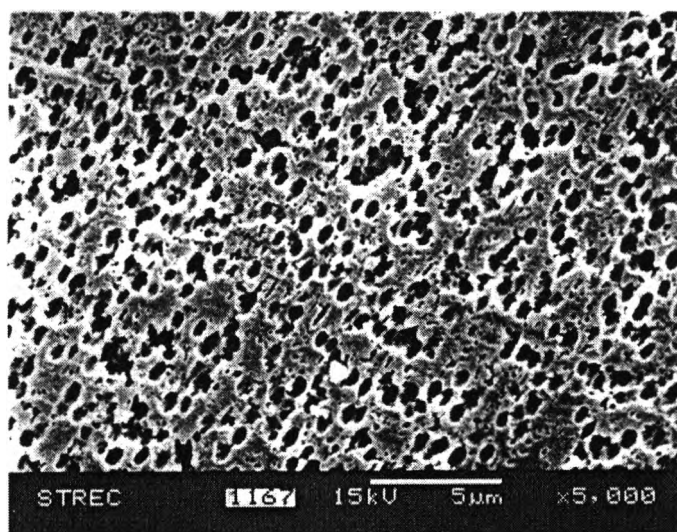
รูปที่ ๑.13 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 13



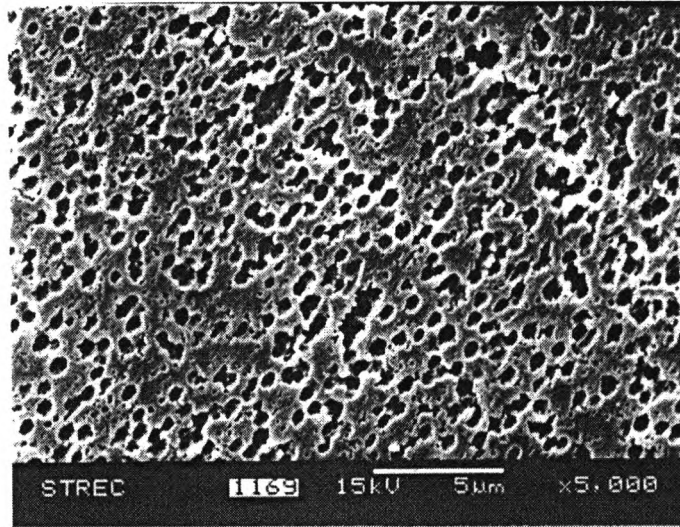
รูปที่ ๑.14 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 14



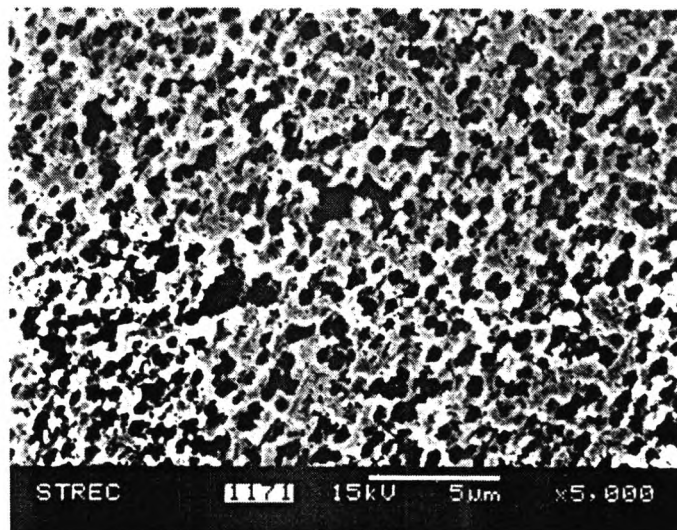
รูปที่ ๑.15 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 15



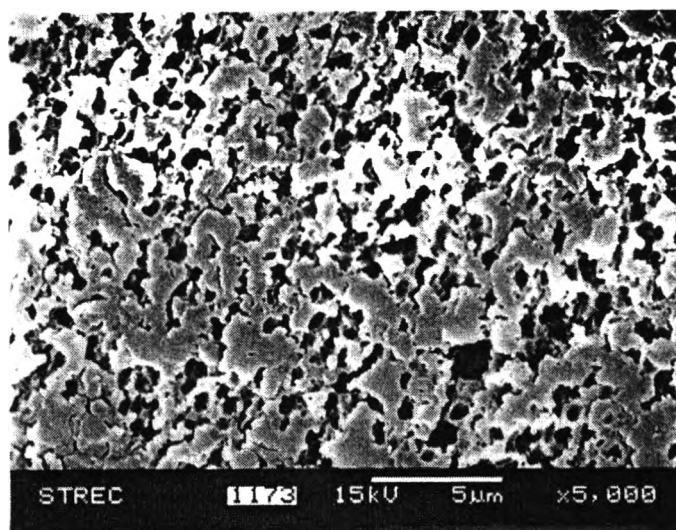
รูปที่ ๑.16 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 16



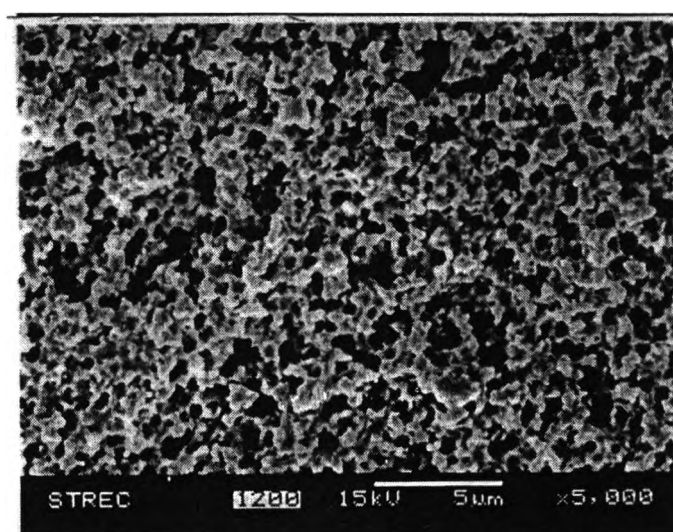
รูปที่ ๑.17 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 17



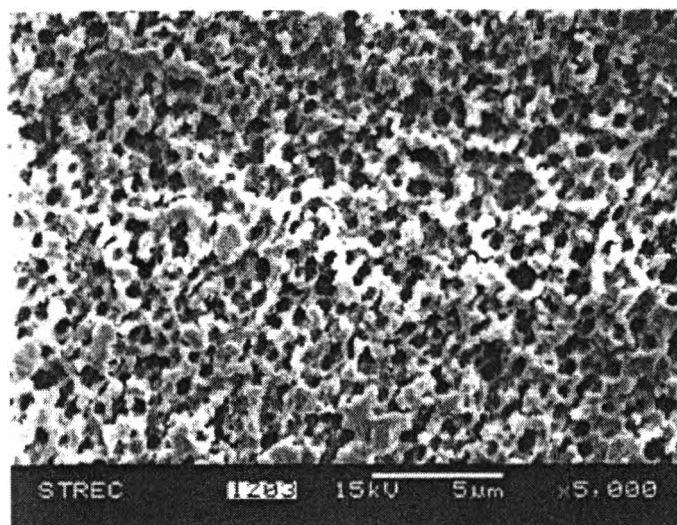
รูปที่ ๑.18 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 18



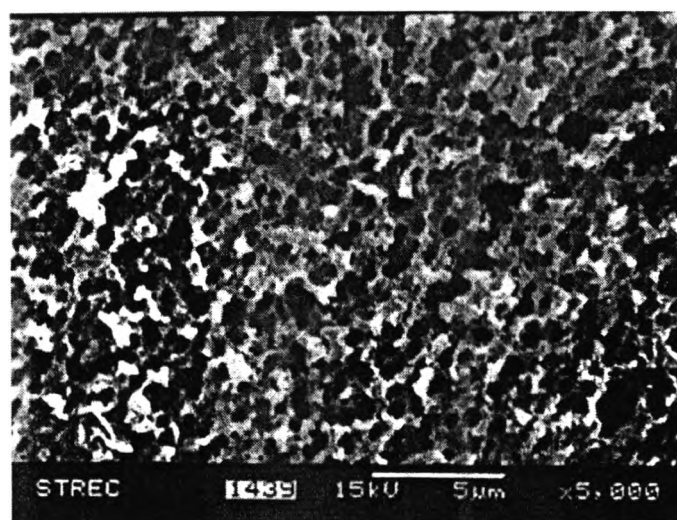
รูปที่ ๑.19 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 19



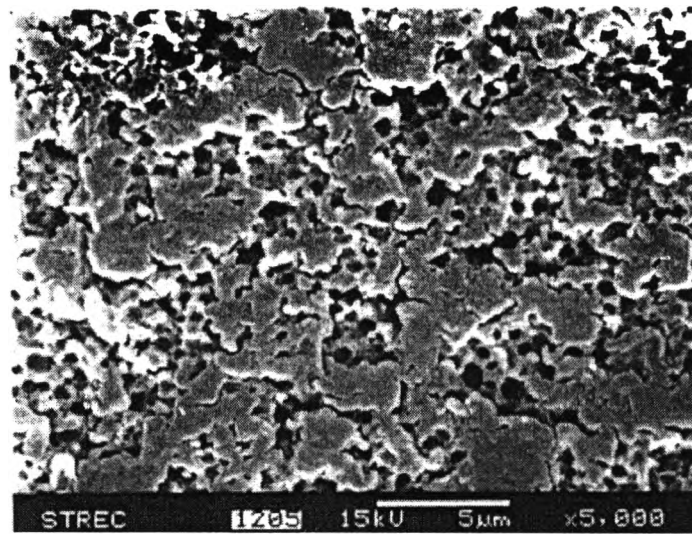
รูปที่ ๑.20 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 20



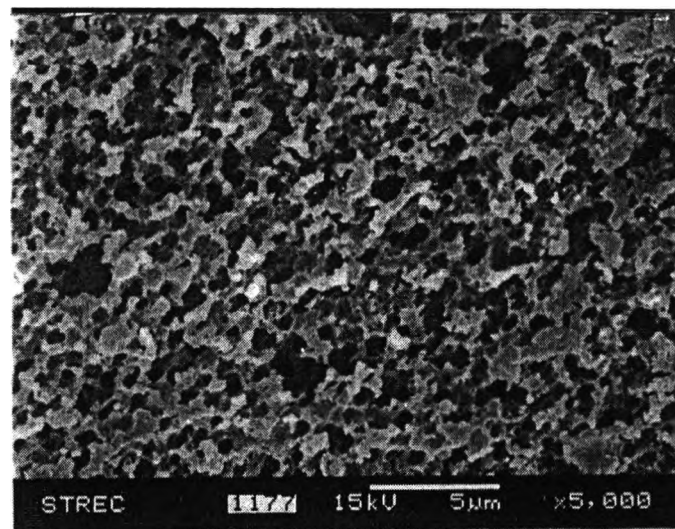
รูปที่ ๑.21 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 21



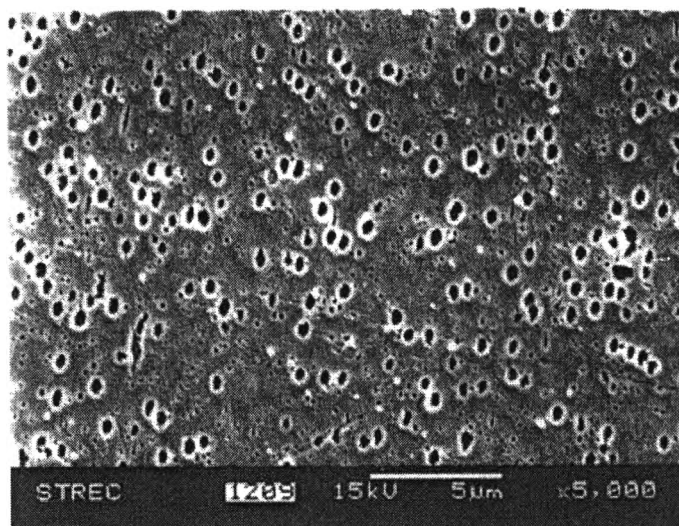
รูปที่ ๑.22 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 22



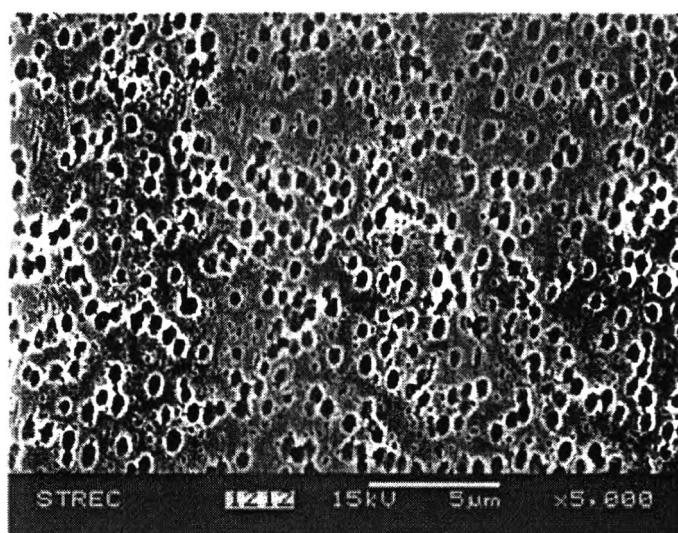
รูปที่ ๑.23 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 23



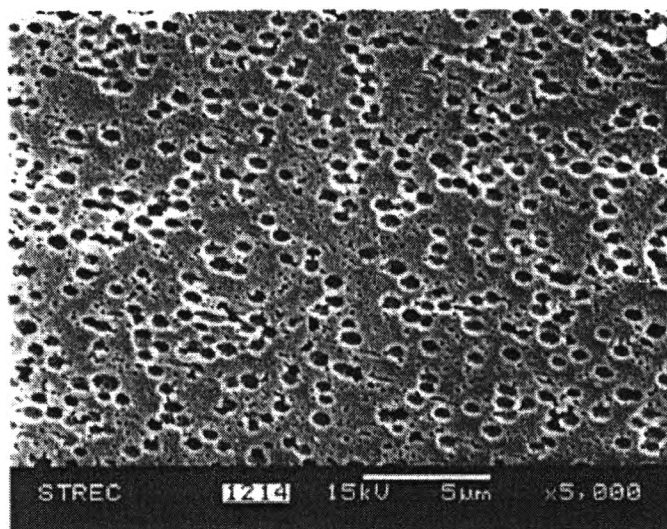
รูปที่ ๑.24 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 24



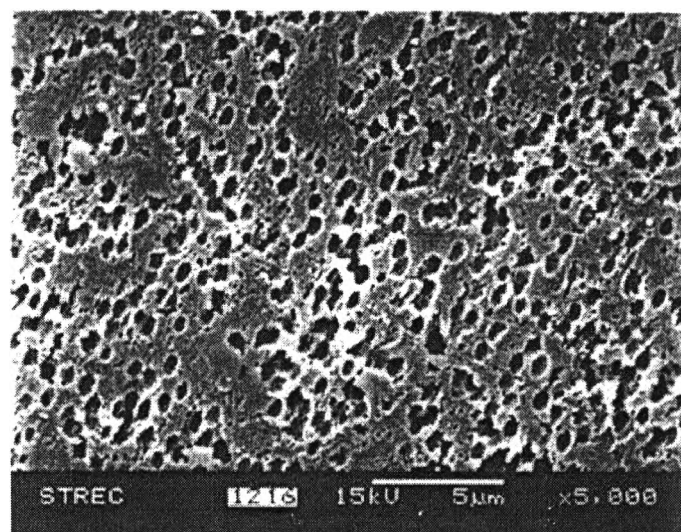
รูปที่ ๑.25 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 25



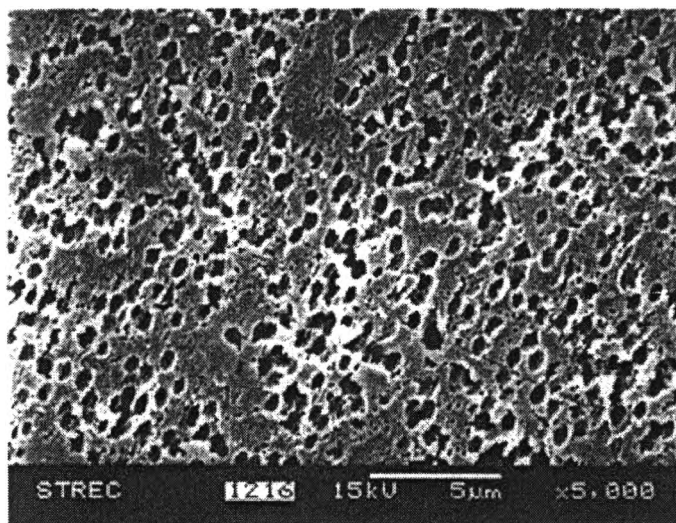
รูปที่ ๑.26 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 26



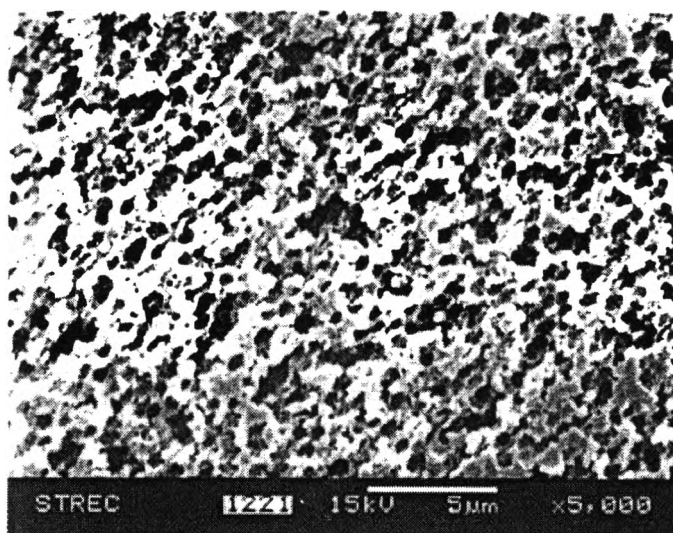
รูปที่ ๑.27 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 27



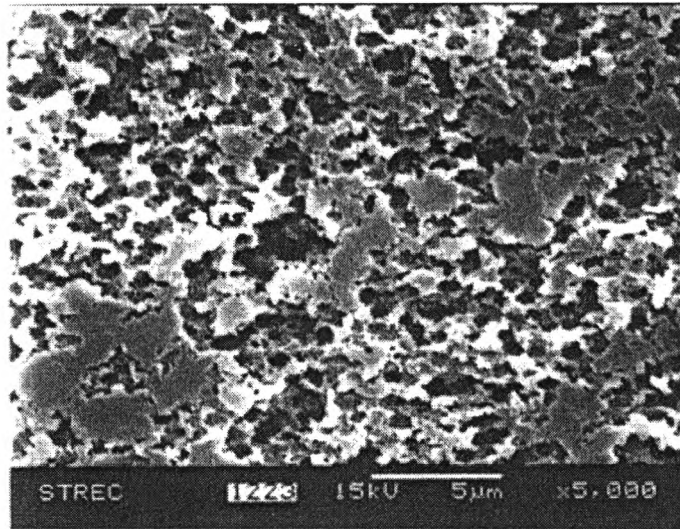
รูปที่ ๑.28 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 28



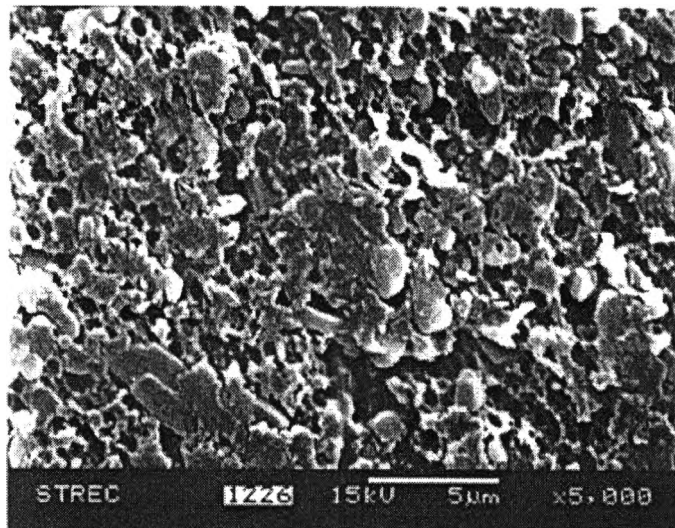
รูปที่ ๑.29 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 29



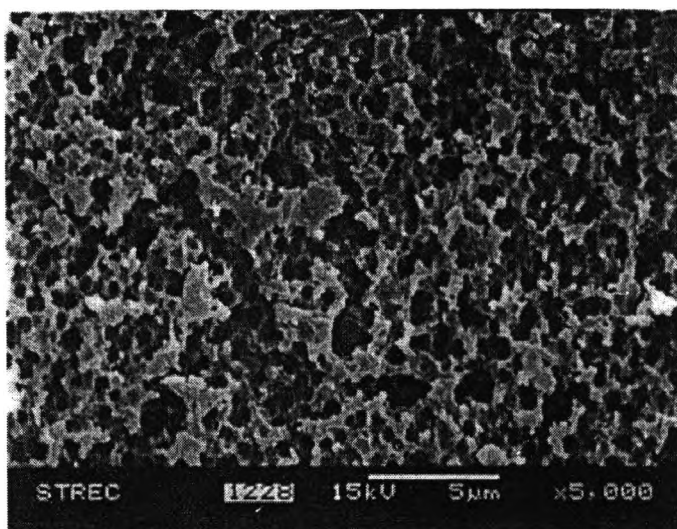
รูปที่ ๑.30 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 30



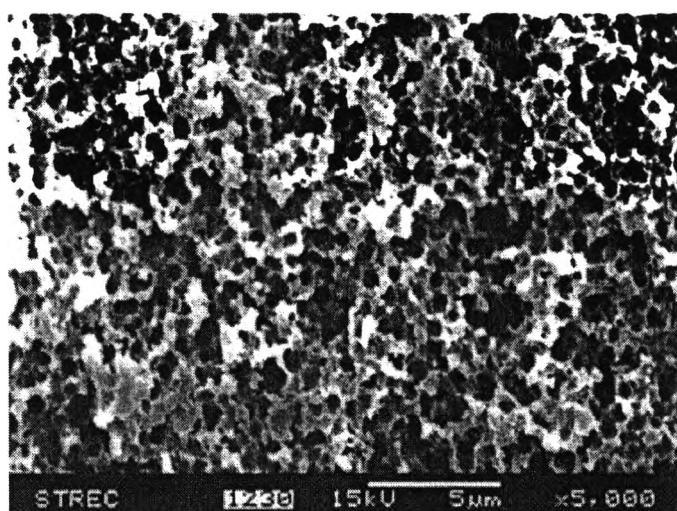
รูปที่ ๑.31 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 31



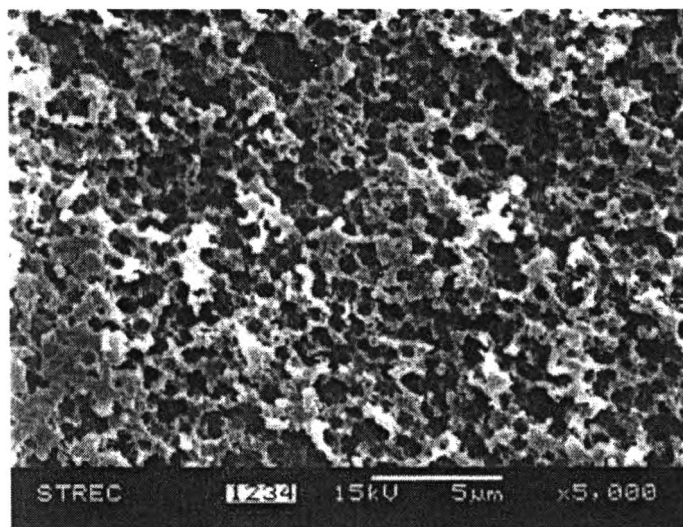
รูปที่ ๑.32 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 32



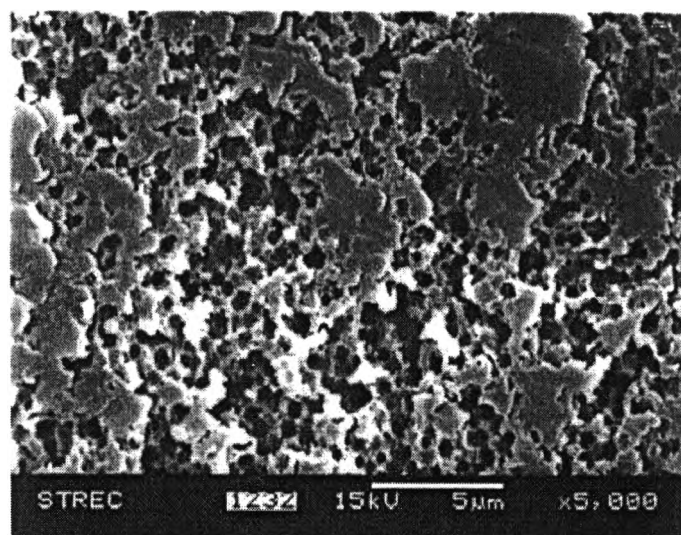
รูปที่ ๑.33 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 33



รูปที่ ๑.34 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 34



รูปที่ จ.35 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 35



รูปที่ จ.36 ลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการกัดผิวที่ 36

ภาคผนวก จ

มาตรฐาน JIS สำหรับความหนาของแต่ละชั้นเคลือบโลหะของผลิตภัณฑ์พลาสติกเอปีย
เอสที่ชุบเคลือบผิวด้วยโลหะ

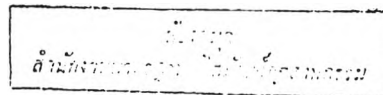
UDC 621.357.7 : 621.793.3 : 678.4/8

JIS

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

**Electroplated Coatings on
Plastics Materials for
Decorative Purposes**

JIS H 8630-1987



TISI Library
ห้องสมุดมาตรฐาน

S014527



JIS H8630, 1987

The Industrial Standards Institute (TISI)
Rama 11 Rd., Ratchavej Bangkok 10400 Tel. 202-3510

Translated and Published

by

Japanese Standards Association

UDC 621.357.7:621.793.3:678.4/.8

JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD

J I S

Electroplated Coatings on Plastics Materials
for Decorative Purposes

H 8630-1987

1. Scope

This Japanese Industrial Standard specifies the effective surfaces of electroplated coatings on plastics materials for decorative purposes⁽¹⁾, hereinafter referred to as the "coatings".

Note ⁽¹⁾ The coatings on plastics materials applied with coating of nickel or copper-nickel, etc. as substrate and further applied with coatings of chromium, gold, silver, tin-cobalt alloy, tin-nickel alloy, tin-copper-zinc alloy, tin-nickel-copper alloy, etc.

2. Definitions

For the purposes of this Standard, main definitions are in accordance with JIS H 0400

3. Grades and Symbols

3.1 Grades, Constitutions and Minimum Thickness The grades, constitutions and minimum thickness of coatings shall be as shown in Table 1.

2
8630-1987

Table 1. Grades, Constitutions and Minimum Thickness of Coatings

Grade	Constitution and minimum thickness of coating				Inscribed reference
	Substrate	Minimum thickness of coating μm	Uppermost layer	Minimum thickness of coating μm	Using environment
Grade 1	Ni d, Ni t	20	Cr mp, Cr mc	0.1	A
Grade 2	Ni d, Ni t	20	Cr r	0.1	B
			Sn-Co alloy, Sn-Ni alloy	—	
	Ni b, Ni s, Ni d, Ni t	15	Cr mp, Cr mc	0.1	
Grade 3	Ni b, Ni s, Ni v, Ni n, Ni d, Ni t	10	Cr r	0.1	C
			Au, Ag Sn-Co alloy, Sn-Ni alloy, Sn-Cu-Zn alloy, Sn-Ni-Co alloy	—	
Grade 4	Ni b, Ni s, Ni v, Ni n	5	Cr r	0.1	D
			Au, Ag Sn-Co alloy, Sn-Ni alloy, Sn-Cu-Zn alloy, Sn-Ni-Co alloy	—	

Remark: The using environment shall be in accordance with Appendix 1 (using environment of coating).

3.2 Symbols The symbols of coatings shall be as follows:

- (1) The symbol to express that the basis material is plastics shall be PL.
- (2) Kind and type of coatings as well as their symbol shall be as shown in Table 2.
- (3) The symbol to express the thickness of coating shall be the numerical indicating the minimum thickness in unit of μm . This symbol shall be inscribed after the symbol of coating. However, in the case where thickness of coating is less than 1 μm , the numerical value of thickness may be omitted.

Table 2. Kind and Type of Coatings as well as their Symbol

Kind of coating	Symbol of kind of coating	Type of coating	Symbol of type of coating
Copper coating	Cu	-	-
Nickel coating	Ni	Bright nickel	b
		Dull nickel	s
		Velvet state nickel	v
		No levelling nickel	n
		Duplex nickel coating	d
		Trilayer nickel	t
Chromium coating	Cr	Ordinary chromium	r
		Micro-porous chromium	mp
		Micro-crack chromium	mc
Gold coating	Au	-	-
Silver coating	Ag	-	-
Alloy coating			
Tin-cobalt	Sn-Co		
Tin-nickel	Sn-Ni		
Tin-copper-zinc	Sn-Cu-Zn	-	-
Tin-nickel-copper	Sn-Ni-Cu		

4. Quality

4.1 Appearance The appearance of coating, when subjected to the test of 5.1, shall be free from sheariness, colour unevenness, dull deposits, stains, blisters, flaws, pits, peeling, cracks, exposure of basis material or substrate, and other defects harmful to use.

4.2 Constitution of Coating The constitution of coating shall be of combination of substrate and the uppermost layer and, be as shown in Table 1.

**Appendix 1. Using Environment of Coatings****1. Scope**

This Appendix specifies the severity which the product applied with coating encounters under the using environment, hereinafter referred to as the "using environment".

2. Using Environment

The using environment shall be in accordance with Appendix 1 Table.

Appendix 1 Table

Using environment	Conditions of using environment	Informative reference
		Example
A	Outdoor environment with strong corrosion	Seashore, industrial district, etc.
B	Usual outdoor environment	Rural, residential districts, etc.
C	Indoor environment with much humidity	Bath-room, cook-room, etc.
D	Usual indoor environment	Resident, business office, etc.

ภาคผนวก ช

มาตรฐาน JIS สำหรับการทดสอบ peel test

15
H 8630-1987

Appendix 6. Adhesion Test Method

1. Scope

This Appendix specifies the adhesion test method of coating applied on plastics.

Remark: In this Appendix the units and numerical values shown in { } are in accordance with the International System of Units (SI) and are appended for informative reference.

Further, in this Appendix, the conventional units and numerical values and the parts of the units in accordance with SI and the conversion values based on it shown in { } thereafter, are changed to the units and numerical values shown in { } on and after Jan. 1, 1991.

2. Classification of Test Methods

The test methods shall be classified into the following two modes:

- (1) Adhesion Test Method
- (2) Simple Type Adhesion Test Method

3. Adhesion Test Method

3.1 Summary This test is the method to measure quantitatively the adhesive property of coating with peeling off the coating from the basis material by using a tensile testing machine, and it is also called as peeling-off test method.

3.2 Equipment For the equipment, the tensile testing machine specified in JIS B 7721, or that equivalent thereto shall be used, and, as required, jigs for mounting arbitrary test piece, provided.

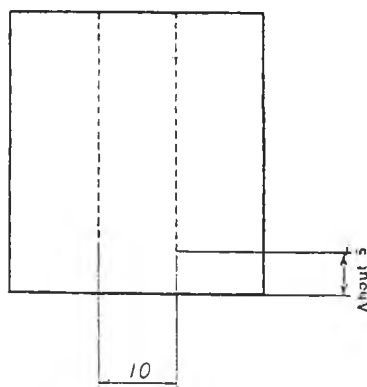
3.3 Preparation of Sample The preparation of sample shall be as follows:

- (1) After coating, apply to sample the heat treatment at the temperature of 80°C for one hour or use that which has elapsed not less than 48 h after coating.
- (2) Use a coated part applied with copper coating not less than 50 μm , and cut out a uniform part in property without strain to an optional size.
- (3) Similarly to the dashed line part shown in Appendix 6 Fig. 1, draw cutting-in of about 10 mm in width in parallel on the coating surface by means of a sharp blade, and peel up the coating film from the basis material by about 5 mm degree in about 10 mm in width from the both end faces of sample by means of a blade.

16
H 8630-1987

Appendix 6 Fig. 1. Test Piece

Uni : mm



- (4) Nip the tip of coating film peeled up by pincers, and further peel up by about 20 mm.
- (5) For reinforcement of coating film, stick a fibered tape on the peeled up coating surface.

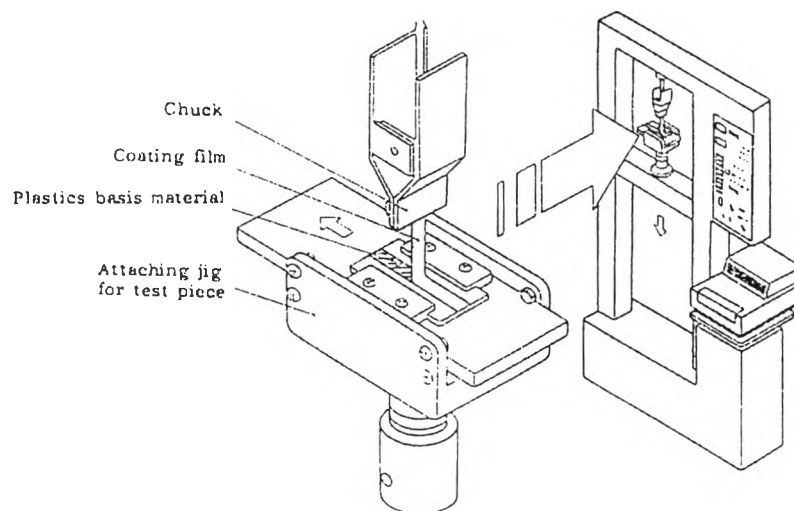
Remark: In case where it is impossible to prepare the sample satisfying 3.3, the test may be carried out according to the institute test piece.

3.4 Operation The operation shall be as follows:

- (1) Attach a test piece to a tensile testing machine by using test piece attaching jigs as shown in Appendix 6 Fig. 2.
- (2) Under the peeling strength at maximum 0.5 kgf/cm (5 N/cm), actuate the testing machine at a definite speed⁽¹⁾ so that the coating is peeled off uniformly in perpendicular direction.
- (3) Examine the adhesion of coating.

Note ⁽¹⁾ It is usually 25 mm/min.

Appendix 6 Fig. 2. Test Piece Attached to Testing Machine



4. Simple Type Adhesion Test Method

4.1 Summary This test is to measure simply the adhesive strength of coating by peeling off the coating from the basis material by using a spring balance, and it is also called as the simple type peeling test method.

4.2 Devices The devices shall be as follows:

- (1) Spring balance having the minimum measuring scale mark of 20 g.
- (2) Attaching jig for test piece.

4.3 Sample The sample shall be in accordance with 3.3.

4.4 Operation The operation shall be as follows:

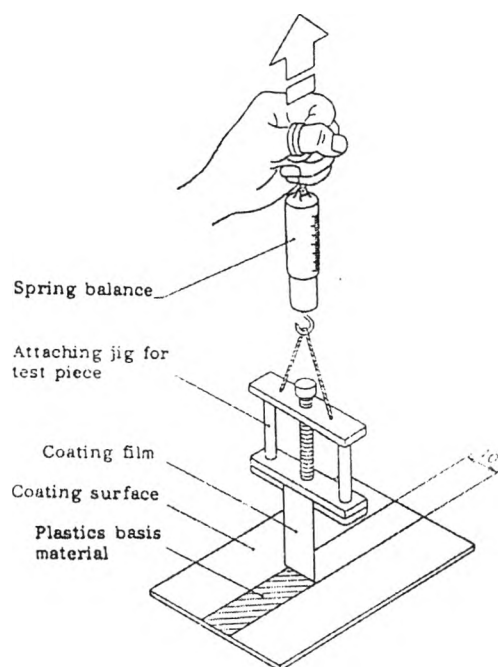
- (1) Attach a test piece to a spring balance by using attaching jig for test piece as shown in Appendix 6 Fig. 3.
- (2) Examine the adhesion of coating according to the method of 3.4 (2) and (3) or the method equivalent thereto.

Remark: The employment of this test method shall be dependent upon agreement between the parties concerned on delivery.

18.
H 8530-1987

Appendix 6 Fig. 3. Simple Type Adhesion Test

Unit: mm



Applicable Standards:

- JIS B 7721-Tensile Testing Machines
- JIS H 0400-Glossary of Terms Used in Electroplating
- JIS H 8501-Methods of Thickness Test for Metallic Coating
- JIS H 8502-Methods of Corrosion Resistance Test for Metallic Coatings
- JIS H 8504-Methods of Adhesion Test for Metallic Coatings
- JIS K 8541-Nitric Acid
- JIS K 8951-Sulfuric Acid
- JIS K 8983-Copper (II) Sulfate Pentahydrate
- JIS Z 8902-Xenon Standard White Light Source
- JIS Z 9031-Random Sampling Methods

ภาคผนวก ซ

สมบัติของพลาสติกเอบีเอสที่ใช้ในงานวิจัย

(เม็ดพลาสติกเอบีเอสประเภท Medium impact เกรด MH1 จากบริษัท THAI ABS จำกัด lot 0011031)

คุณสมบัติ	วิธีทดสอบ (ASTM)	สภาวะการทดสอบ	หน่วย	Medium impact (MH1)
Melt flow index	D-1238	200 °C, 5 Kg 220 °C, 10 kg	g/10 min g/10 min	18
Izod notched impact	D-256	1/4" at 23 °C	Kg-cm/cm	26
Tensile strength	D-638	23 °C	Kg/cm ²	530
Flexural strength	D-790	23 °C	Kg/cm ²	700
Flexural modulus	D-790	23 °C	×10 ⁴ Kg/cm ²	2.30
Rockwell hardness	D-785	1/4" at 23 °C	R-scale	116
Heat distortion temperature	D-648	1/4" at 1.86 kg/cm ²	°C	86
	D-648	1/4" at 4.6 kg/cm ²	°C	94
Flammability	UL-94	HB at THK.3.2 mm. V-O at THK. 1.6mm.		HB

ภาคผนวก ฅ

รายการสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

รายการสารเคมี	ยี่ห้อ	Assay
โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate Na_2CO_3)	UNIVAR	99.9% \pm 0.01%
ไตรโซเดียมฟอสเฟต (TriSodium phosphate)	CARLO ERBA	98.5% min.
โซเดียมเมตตาซิลิเกต (Sodium Metasilicate)	FLUKA	>97%
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodiumhydroxide-NaOH)	BDH	99% min.
กรดโครมิก (Chromium trioxide- CrO_3)	UNILAB	98% min.
กรดซัลฟูริก 96% Sp.gr. 1.835 (Sulphuric acid- H_2SO_4)	CARLO ERBA	96% \pm 1% min.
กรดไฮโดรคลอริก Sp.gr. 1.18 (Hydrochloric acid-HCl)	BDH	35.4%
สแตนนัสคลอไรด์ (Stannous chloride- SnCl_2)	CARLO ERBA	98% min.
พัลลาเดียมคลอไรด์ (Palladium chloride- PdCl_2)	CARLO ERBA	59.5% min.
คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper sulphate- CuSO_4)	CARLO ERBA	99.5% min.
โปตัสเซียมโซเดียมตาร์เตรต (Sodium potassium tartrate- $\text{C}_4\text{H}_4\text{KNaO}_6$)	CARLO ERBA	99% min.
ฟอร์มัลดีไฮด์ 37% (formaldehyde-HCHO)	CARLO ERBA	37% min.

ภาคผนวก ญ

วิธีการคำนวณค่าขอบเขตความผิดพลาด (error bar) ของข้อมูล

การประมาณค่าแบบช่วงมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปจากค่าที่ควรจะเป็นจริงน้อยกว่าการประมาณค่าแบบจุด [28] ซึ่งช่วงของค่าประมาณที่ใช้จะขึ้นอยู่กับการกระจายของค่าลักษณะที่สนใจศึกษา และระดับความเชื่อมั่นในการประมาณค่าเป็นสำคัญ คือ ถ้าค่าลักษณะที่สนใจศึกษามีการกระจายมาก ช่วงของค่าประมาณจะกว้าง หรือถ้าระดับความเชื่อมั่นในการประมาณสูงจะทำให้โอกาสในการประมาณผิดพลาดลดลง ทำให้ช่วงของค่าประมาณจะกว้าง นอกจากนี้ขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลก็มีผลต่อความกว้างของช่วงประมาณด้วย โดยถ้าขนาดตัวอย่างน้อยจะทำให้ช่วงประมาณกว้าง แต่ถ้าขนาดตัวอย่างมากช่วงประมาณจะแคบลง สำหรับกรณีที่ไม่ทราบค่าแปรปรวนประชากร จะประมาณค่าแปรปรวนประชากรด้วยค่าแปรปรวนตัวอย่าง ดังนั้นจะทำให้ได้ช่วงความเชื่อมั่นของการประมาณค่าเฉลี่ยประชากร (μ) ที่ระดับความเชื่อมั่น $(1-\alpha)100\%$ [28]

ดังนี้

$$\bar{y} \pm t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

\bar{y} = ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

s = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n = จำนวนข้อมูล

$t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}$ = การแจกแจงแบบ t ที่ระดับความเป็นอิสระ $t - 1$

ดังนั้น ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบน (lower confidence limit) = $\bar{y} + t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง (upper confidence limit) = $\bar{y} - t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$

ค่าช่วงความแตกต่าง = $t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$

ตัวอย่างการคำนวณค่าขอบเขตความผิดพลาดที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จากข้อมูลค่ากำลังความตืดแน่นจากสภาวะการทดลองที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยค่าต่าง ๆ คือ 5.53, 5.47, 6.32, 5.60, 6.58, 6.28, 5.12 และ 5.09

$$\text{จะได้ว่า } \bar{y} = \frac{5.53 + 5.47 + 6.32 + 5.60 + 6.58 + 6.28 + 5.12 + 5.09}{8}$$

$$= 5.75$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$= 0.570$$

โดยที่ $1 - \alpha = 0.95$

$$\alpha = 0.05$$

$$1 - (\alpha/2) = 0.975$$

และ $n - 1 = 7$

จากนั้นจึงนำค่า $t_{0.975,7}$ มาหาค่าจากการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ t ในตารางที่ ญ.1

ซึ่งค่า $t_{0.975,7} = 2.36$

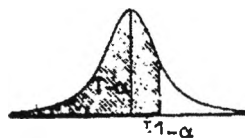
ดังนั้น ขีดจำกัดความเชื่อมั่นล่าง (lower confidence limit) = 5.92

ขีดจำกัดความเชื่อมั่นบน (upper confidence limit) = 5.58

ค่าช่วงความแตกต่าง = 0.168

สำหรับค่าช่วงความแตกต่างในแต่ละการทดสอบแสดงประกอบไว้ในตารางที่ 5.1 ในคอลัมน์ที่ 7

ตารางที่ ญ.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบ t



ตัวเลขในตารางเป็นค่าของ $t_{1-\alpha}$ ซึ่งทำให้ $P[T < t_{1-\alpha}] = 1-\alpha$ ตามค่า α ที่ระบุไว้

Degrees of Freedom	$t_{.99}$	$t_{.90}$	$t_{.85}$	$t_{.70}$	$t_{.75}$	$t_{.80}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.9995}$
1	.158	.325	.510	.727	1.00	1.38	1.96	3.08	6.31	12.7	31.8	63.7	637
2	.142	.289	.445	.617	.816	1.06	1.39	1.89	2.92	4.30	6.96	9.92	31.6
3	.137	.277	.424	.584	.765	.978	1.25	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84	12.9
4	.134	.271	.414	.569	.741	.941	1.19	1.53	2.13	2.78	3.75	4.60	8.61
5	.132	.267	.408	.559	.727	.920	1.16	1.48	2.01	2.57	3.36	4.03	6.86
6	.131	.265	.404	.553	.718	.906	1.13	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71	5.96
7	.130	.263	.402	.549	.711	.896	1.12	1.42	1.90	2.36	3.00	3.50	5.40
8	.130	.262	.399	.546	.706	.889	1.11	1.40	1.86	2.31	2.90	3.36	5.04
9	.129	.261	.398	.543	.703	.883	1.10	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25	4.78
10	.129	.260	.397	.542	.700	.879	1.09	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17	4.59
11	.129	.260	.396	.540	.697	.876	1.09	1.36	1.80	2.20	2.72	3.11	4.44
12	.128	.259	.395	.539	.695	.873	1.08	1.36	1.78	2.18	2.68	3.06	4.32
13	.128	.259	.394	.538	.694	.870	1.08	1.35	1.77	2.16	2.65	3.01	4.22
14	.128	.258	.393	.537	.692	.868	1.08	1.34	1.76	2.14	2.62	2.98	4.14
15	.128	.258	.393	.536	.691	.866	1.07	1.34	1.75	2.13	2.60	2.95	4.07
16	.128	.258	.392	.535	.690	.865	1.07	1.34	1.75	2.12	2.58	2.92	4.02
17	.128	.257	.392	.534	.689	.863	1.07	1.33	1.74	2.11	2.57	2.90	3.96
18	.127	.257	.392	.534	.688	.862	1.07	1.33	1.73	2.10	2.55	2.88	3.92
19	.127	.257	.391	.533	.688	.861	1.07	1.33	1.73	2.09	2.54	2.86	3.88
20	.127	.257	.391	.533	.687	.860	1.06	1.32	1.72	2.09	2.53	2.84	3.85
21	.127	.257	.391	.532	.686	.859	1.06	1.32	1.72	2.08	2.52	2.83	3.82
22	.127	.256	.390	.532	.686	.858	1.06	1.32	1.72	2.07	2.51	2.82	3.79
23	.127	.256	.390	.532	.685	.858	1.06	1.32	1.71	2.07	2.50	2.81	3.77
24	.127	.256	.390	.531	.685	.857	1.06	1.32	1.71	2.06	2.49	2.80	3.74
25	.127	.256	.390	.531	.684	.856	1.06	1.32	1.71	2.06	2.48	2.79	3.72
26	.127	.256	.390	.531	.684	.856	1.06	1.32	1.70	2.06	2.48	2.78	3.71
27	.127	.256	.389	.531	.684	.855	1.06	1.31	1.70	2.05	2.47	2.77	3.69
28	.127	.256	.389	.530	.683	.855	1.06	1.31	1.70	2.05	2.47	2.76	3.67
29	.127	.256	.389	.530	.683	.854	1.05	1.31	1.70	2.04	2.46	2.76	3.66
30	.127	.256	.389	.530	.683	.854	1.05	1.31	1.70	2.04	2.46	2.75	3.65
∞	.126	.253	.385	.524	.674	.842	1.04	1.28	1.64	1.96	2.33	2.58	3.29

Note: For the lower percentiles, use the relation $t_{\alpha} = -t_{1-\alpha}$. In particular, $t_{.50} = -t_{.50} = 0$. For example, for 6 degrees of freedom, $t_{.10} = -t_{.90} = -1.404$.

This table is abridged from Table II of Fisher and Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural, and Medical Research* (5th ed.)/Fisher, *Statistical Methods for Research Workers*, published by Oliver and Boyd, Ltd., Edinburgh, by permission of the authors and publishers.

ประวัติผู้เขียน



นายพงษ์ศักดิ์ ฉัตรฉวีวัฒนา เกิดวันที่ 6 ตุลาคม 2520 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2541