

บทที่ 5

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

5.1 ผลการทดสอบความต้านทานระหว่างชั้นงานพลาสติกเอบีเอสและชั้นเคลือบทองแดงด้วยวิธี Peel Test

หลังจากพลาสติกเอบีเอสผ่านการปรับสภาพผิวในขั้นตอนต่าง ๆ จนกระทั่งเข้าสู่ขั้นตอนการชุบเคลือบผิวทองแดงด้วยไฟฟ้า จะเกิดชั้นเคลือบของโลหะทองแดงบนชั้นงานพลาสติกที่ความหนาระดับหนึ่ง ซึ่งเพียงพอที่จะทำการลอกแถบชั้นเคลือบทองแดงเพื่อทดสอบค่ากำลังความต้านทาน (peel strength) ระหว่างชั้นเคลือบทองแดงและพลาสติก การทดสอบนี้เป็นการหาค่าความต้านทานของผิวเคลือบกับตัวรองรับ (substrate) โดยทำการลอกแถบโลหะออกจากตัวรองรับด้วยเครื่อง universal tensile testing machine (ตัวอย่างการบันทึกค่าของแรงในการลอกแถบโลหะจากเครื่อง universal tensile testing machine แสดงไว้ในภาคผนวก ค) สำหรับความกว้างของแถบโลหะ ระยะทางการลอก และความเร็วในการลอกแถบโลหะขึ้นกับแต่ละมาตรฐานที่กำหนดไว้สำหรับงานวิจัยนี้อ้างอิงการทดสอบจากมาตรฐาน JIS H 8360 [24] (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ช) โดยใช้แถบโลหะกว้าง 10 มิลลิเมตร ลอกเป็นระยะทาง 20 มิลลิเมตร ที่ความเร็วในการลอก 25 มิลลิเมตรต่อนาที สำหรับแต่ละสภาวะการทดลอง (คือ แต่ละสภาวะที่ใช้ในการเตรียมผิวชั้นงานพลาสติกเอบีเอส) ได้ทำการทดสอบชั้นงานจำนวน 4 ชั้น (ทำการลอกแถบโลหะทองแดงทั้งด้านหน้าและด้านหลังของชั้นงานรวมทั้งหมด 8 ครั้ง ในแต่ละสภาวะการทดลอง) ข้อมูลดิบจากการทดสอบ peel test ของแต่ละชั้นงานทดสอบแสดงไว้ในภาคผนวก ง ส่วนตารางที่ 5.1 แสดงสภาวะการทดลองและค่ากำลังความต้านทานเฉลี่ย (คอลัมน์ที่ 5) (โดยที่ค่ากำลังความต้านทานเฉลี่ยคือ ค่าเฉลี่ยกำลังความต้านทานจากชั้นงานทดสอบทั้งหมดในสภาวะนั้น ๆ) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (คอลัมน์ที่ 6) และค่าช่วงความแตกต่าง (คอลัมน์ที่ 7) (ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ฉ) ของแต่ละชั้นงานทดสอบที่ผ่านการคำนวณจากข้อมูลดิบ

ตารางที่ 5.1 ค่ากำลังความตีดแน่นเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นเคลือบโลหะทองแดงบน
ชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสที่สภาวะการกัดผิวต่าง ๆ กัน

สภาวะ การ ทดลองที่	ความเข้มข้น ของกรดโครมิก (กรัมต่อลิตร)	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ระยะเวลา (นาที)	ความยาวแถบโลหะ (20มิลลิเมตร)		
				ค่ากำลังความ ตีดแน่นเฉลี่ย (นิวตัน)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าช่วงความ แตกต่าง
1	200	55	3	-	-	-
2		↓	6	5.75	0.570	0.475
3		↓	9	6.11	0.377	0.314
4		↓	12	5.60	0.428	0.357
5		65	3	5.36	0.248	0.222
6		↓	6	4.55	0.423	0.353
7		↓	9	5.95	0.471	0.393
8		↓	12	5.33	0.673	0.562
9		75	3	5.58	0.662	0.553
10		↓	6	6.01	0.459	0.383
11		↓	9	6.76	0.488	0.407
12	↓	↓	12	6.38	0.280	0.234
13	420	55	3	5.96	0.651	0.543
14		↓	6	5.64	0.567	0.473
15		↓	9	6.53	0.544	0.454
16		↓	12	6.06	0.732	0.338
17		65	3	6.40	0.404	0.337
18		↓	6	6.04	0.537	0.448
19		↓	9	7.10	0.490	0.409
20		↓	12	6.57	0.531	0.443
21		75	3	6.49	0.302	0.252
22		↓	6	6.38	0.097	0.115
23		↓	9	8.06	0.348	0.290
24	↓	↓	12	8.30	0.972	1.145

ตารางที่ 5.1 ค่ากำลังความตีดแน่นเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชั้นเคลือบโลหะทองแดงบน
ชิ้นงานพลาสติกเอปียีเอสที่สภาวะการกัดผิวต่าง ๆ กัน (ต่อ)

สภาวะ การ ทดลองที่	ความเข้มข้น ของกรดโครมิก (กรัมต่อลิตร)	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ระยะเวลา (นาที)	ความยาวแถบโลหะ (20มิลลิเมตร)		
				ค่ากำลังความ ตีดแน่นเฉลี่ย (นิวตัน)	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าช่วงความ แตกต่าง
25	600	55	3	5.96	0.651	1.151
26			6	5.64	0.567	0.304
27			9	6.53	0.544	0.623
28		▼	12	6.06	0.732	1.054
29		65	3	6.40	0.404	0.716
30			6	6.04	0.537	0.388
31			9	7.10	0.490	0.197
32		▼	12	6.57	0.531	0.881
33		75	3	6.49	0.302	0.607
34			6	6.38	0.097	0.614
35			9	8.06	0.348	0.848
36	▼	▼	12	8.30	0.972	0.416

5.2 ผลการศึกษาลักษณะพื้นผิวของพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวที่ความเข้มข้นของสารกัดผิว อุณหภูมิและเวลาในการกัดผิวต่าง ๆ กันด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

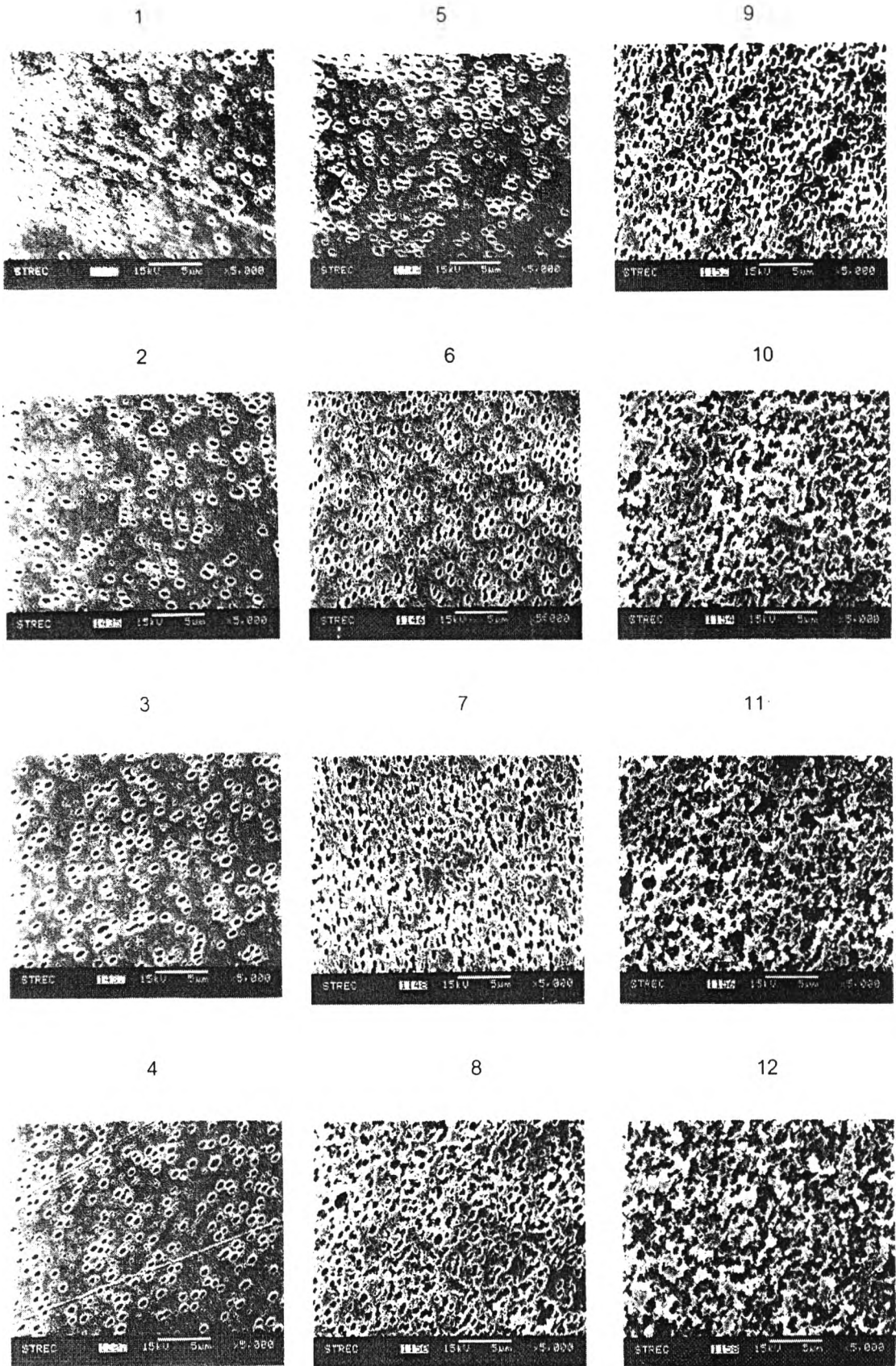
งานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสภายหลังการกัดผิว พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นบนพื้นผิวพลาสติก [6,11,15,34] แต่เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะไม่พบการเปลี่ยนแปลง และได้มีรายงานว่าลักษณะพื้นผิวหรือรูพรุนที่แตกต่างกันนี้อาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อกำลังความตึงแน่นระหว่างชั้นเคลือบทองแดงและพลาสติกเอบีเอสด้วย [6,11,15,34] ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของลักษณะพื้นผิวที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ จึงนำชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสภายหลังการกัดผิวมาศึกษาด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope หรือ SEM) พบว่าลักษณะพื้นผิวหรือรูพรุนที่เกิดขึ้นบนพลาสติกเอบีเอสมีความแตกต่างกันออกไปตามสภาวะการกัดผิวต่าง ๆ ที่ใช้ โดยจัดภาพถ่ายออกเป็น 3 ชุดดังรูปที่ 5.1 – 5.3 เพื่อให้เห็นถึงผลกระทบของสภาวะการกัดผิวที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 3 ตัว (ได้แก่ ความเข้มข้นของสารกัดผิว อุณหภูมิและระยะเวลาในการกัดผิว) ต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิว หมายเลขที่กำกับในแต่ละภาพมีความสัมพันธ์กับสภาวะการกัดผิวในตารางที่ 5.1 เช่น หมายเลข 1 ที่กำกับในภาพหมายถึงชิ้นงานพลาสติกเอบีเอสที่ผ่านการกัดผิวที่สภาวะการทดลองที่ 1 โดยมีความเข้มข้นของกรดโครมิก 200 กรัมต่อลิตร อุณหภูมิในการกัดผิว 55 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกัดผิว 3 นาที

รูปที่ 5.1 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวหรือรูพรุนของพลาสติกเอบีเอสที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกคงที่ที่ (ก) 200 (ข) 420 (ค) 600 กรัมต่อลิตร โดยมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการกัดผิวตามแนวนอนจากซ้ายไปขวา (คือจาก 55 องศาเซลเซียสไปเป็น 75 องศาเซลเซียส) และมีการเพิ่มของระยะเวลาในการกัดผิวตามแนวตั้งจากบนลงล่าง (คือจาก 3 นาทีเป็น 12 นาที)

รูปที่ 5.2 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวหรือรูพรุนของพลาสติกเอบีเอสที่อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่ที่ (ก) 55 (ข) 65 (ค) 75 องศาเซลเซียส โดยมีการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของกรดโครมิกตามแนวนอนจากซ้ายไปขวา (คือจาก 200 กรัมต่อลิตรไปเป็น 600 กรัมต่อลิตร) และมีการเพิ่มของระยะเวลาในการกัดผิวตามแนวตั้งจากบนลงล่าง (คือจาก 3 นาทีเป็น 12 นาที)

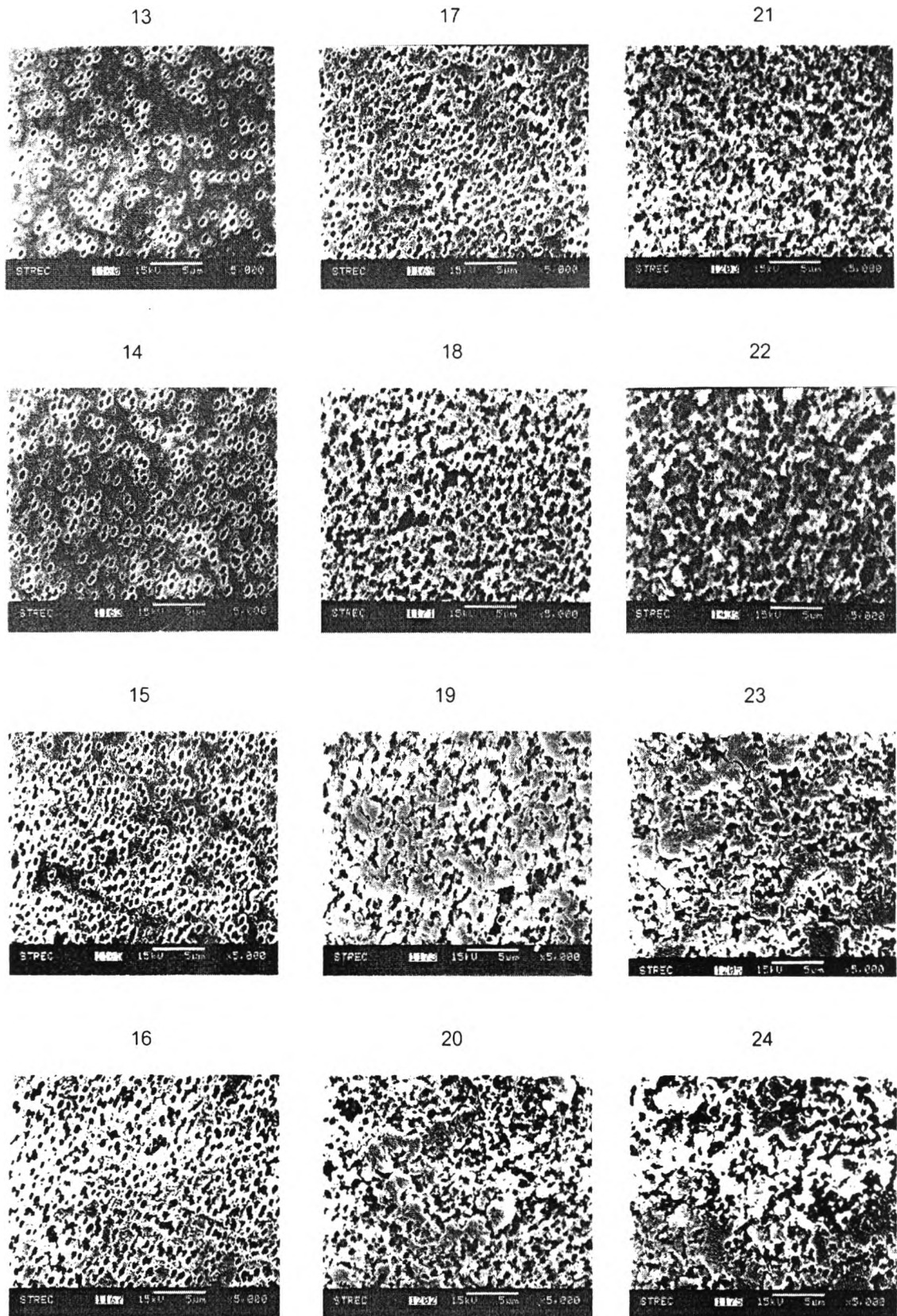
รูปที่ 5.3 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวหรือรูพรุนของพลาสติกเอบีเอสที่ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที โดยมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการกัดผิวตามแนวนอนจากซ้ายไปขวา (คือจาก 55 องศาเซลเซียสไปเป็น 75 องศาเซลเซียส) และมีการเพิ่มของความเข้มข้นของกรดโครมิกตามแนวตั้งจากบนลงล่าง (คือจาก 200 กรัมต่อลิตรไปเป็น 600 กรัมต่อลิตร)

อนึ่งภาพถ่าย SEM ขนาดขยายของภาพต่าง ๆ ที่แสดงในรูปที่ 5.1 – 5.3 ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ โดยมีหมายเลขกำกับซึ่งมีความหมายเช่นเดียวกับที่ได้กล่าวตอนต้น



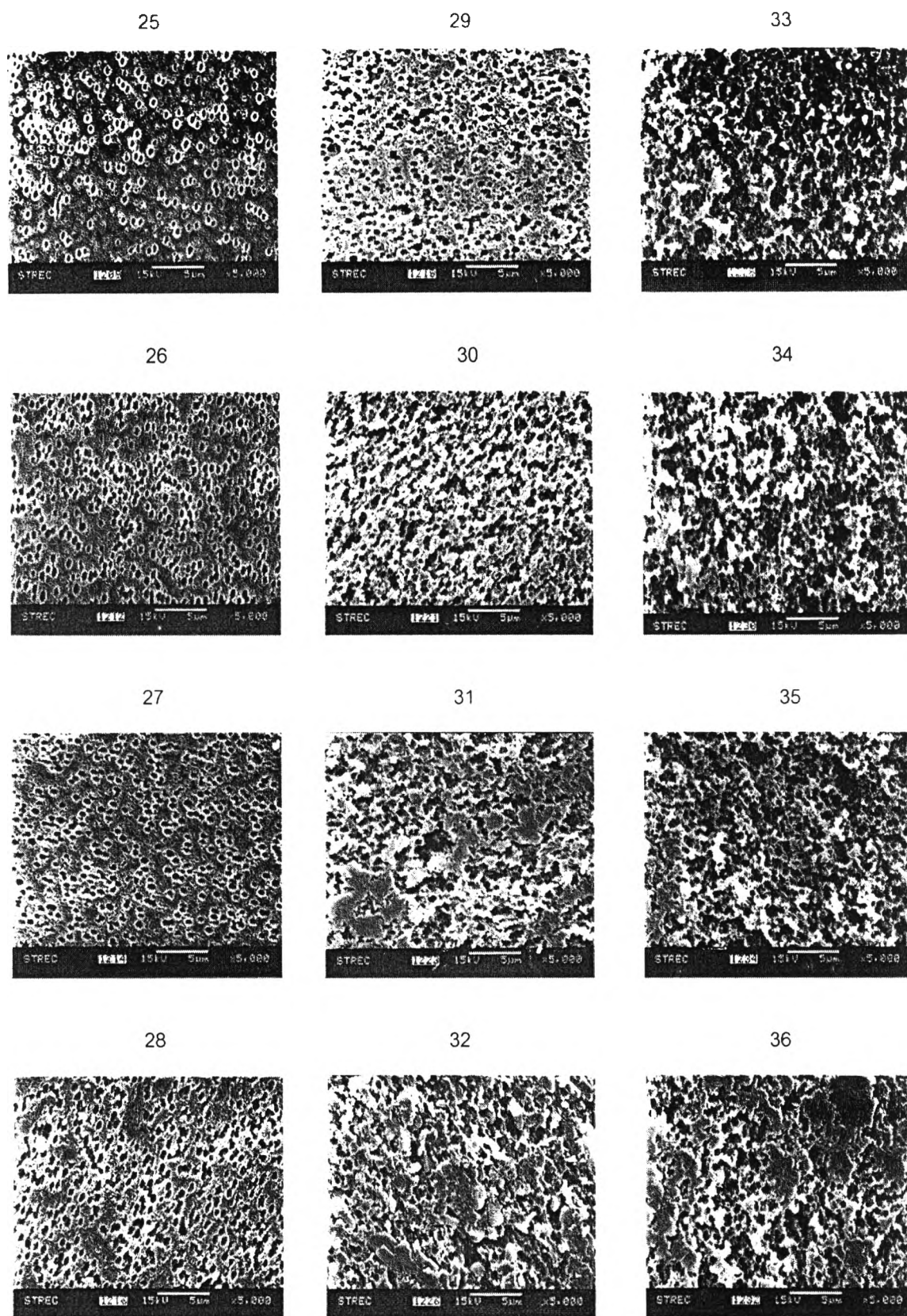
(ก)

รูปที่ 5.1 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสภายหลังจากการกีดผิวที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร



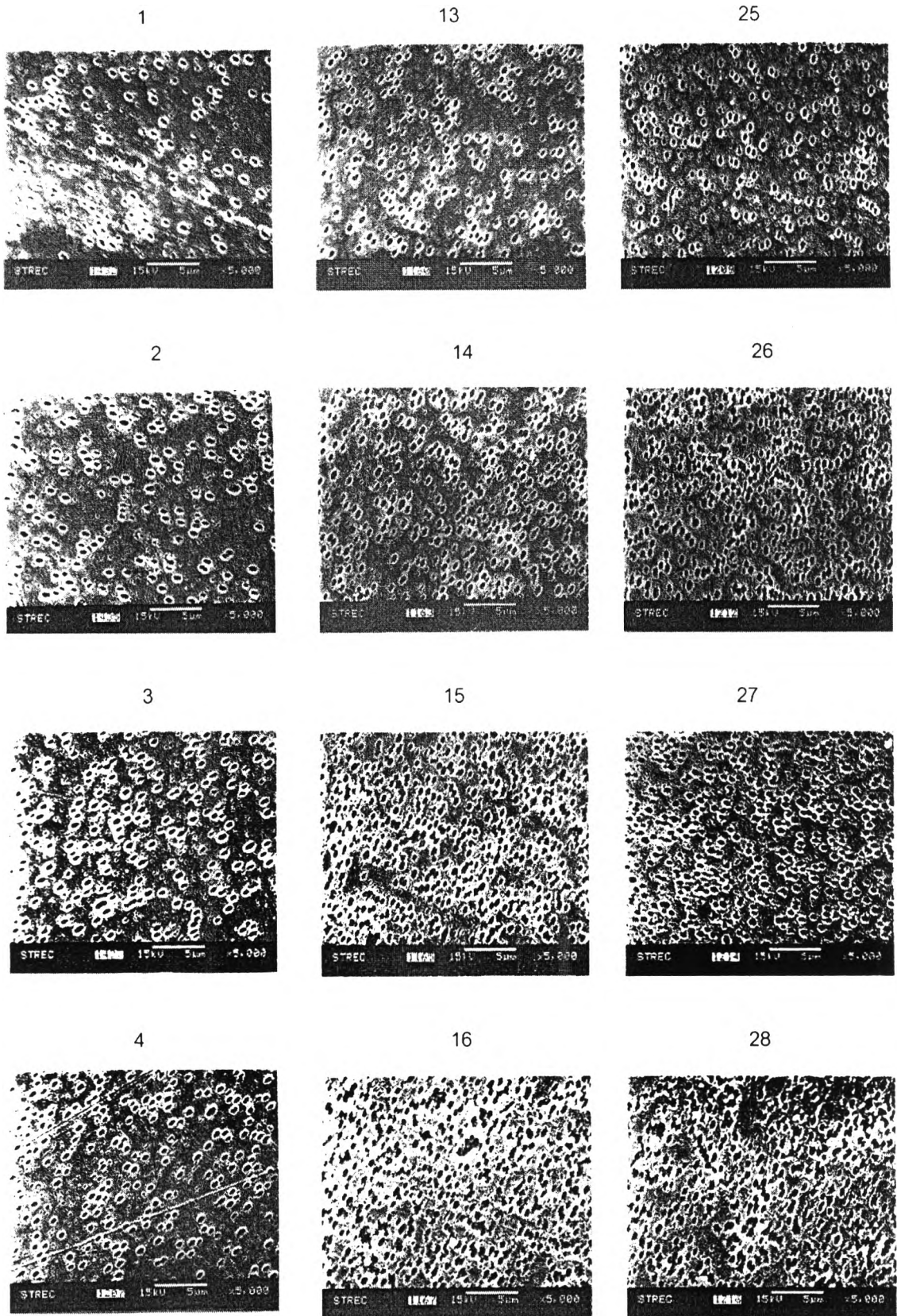
(ข)

รูปที่ 5.1 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสภายหลังจากการกัดผิวที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกคิงที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร (ต่อ)



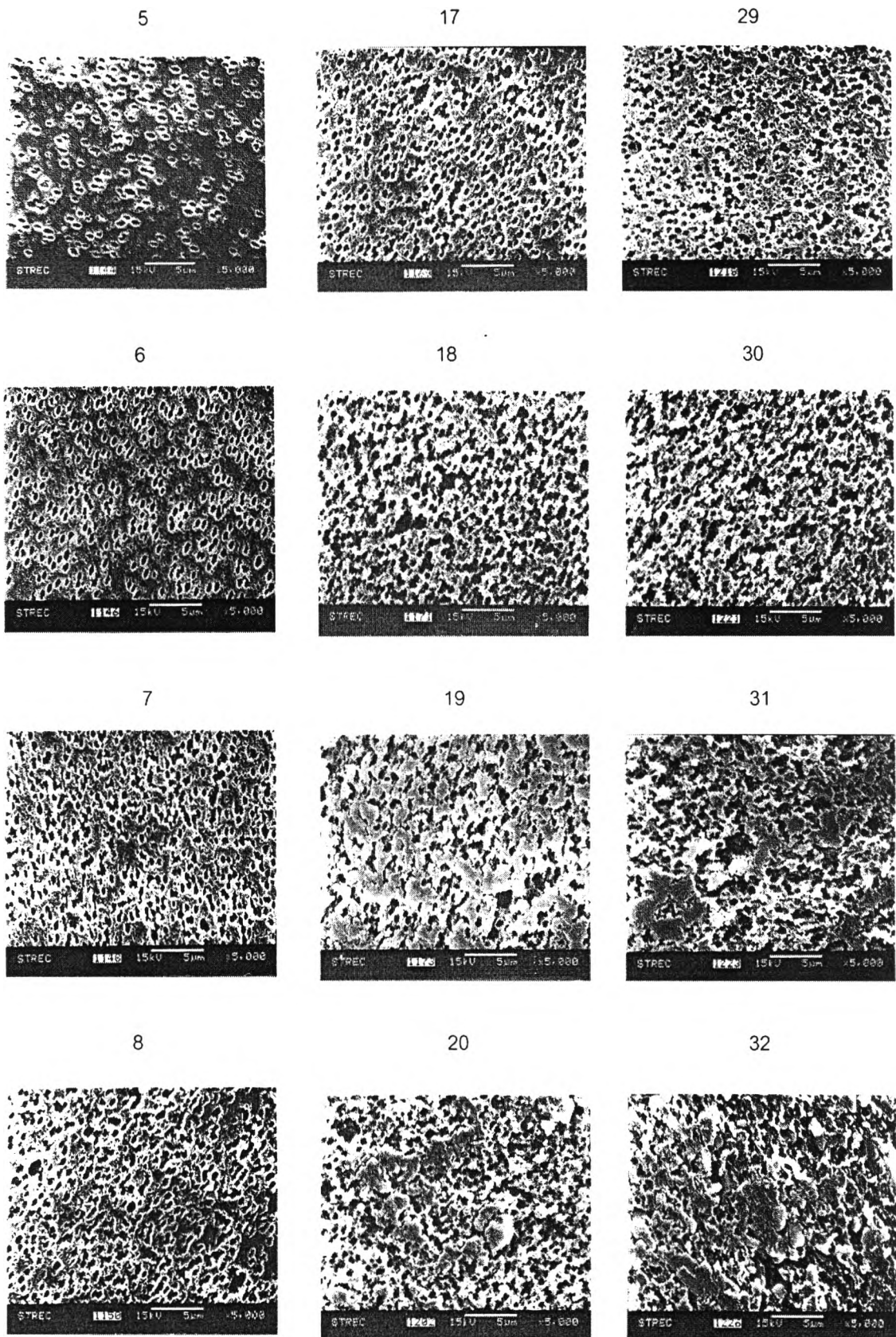
(ค)

รูปที่ 5.1 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสภายหลังการกัณผิวที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ กัน ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกคองที่ที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร (ต่อ)



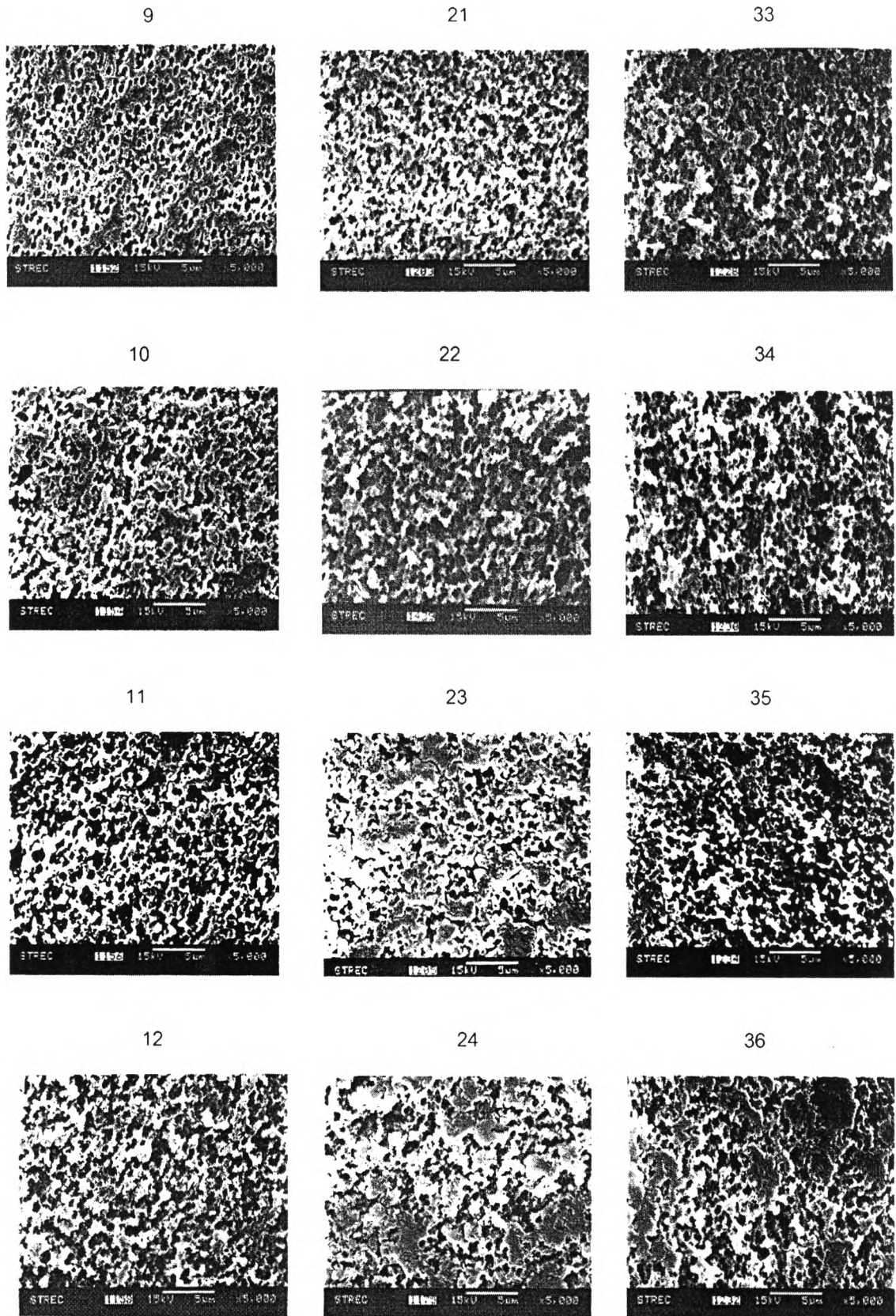
(ก)

รูปที่ 5.2 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอป็อกไซด์ภายหลังการกัดผิวด้วยความเข้มข้นของกรดโครมิกและเวลาในการกัดผิวต่างๆ กัน ที่อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่ที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส



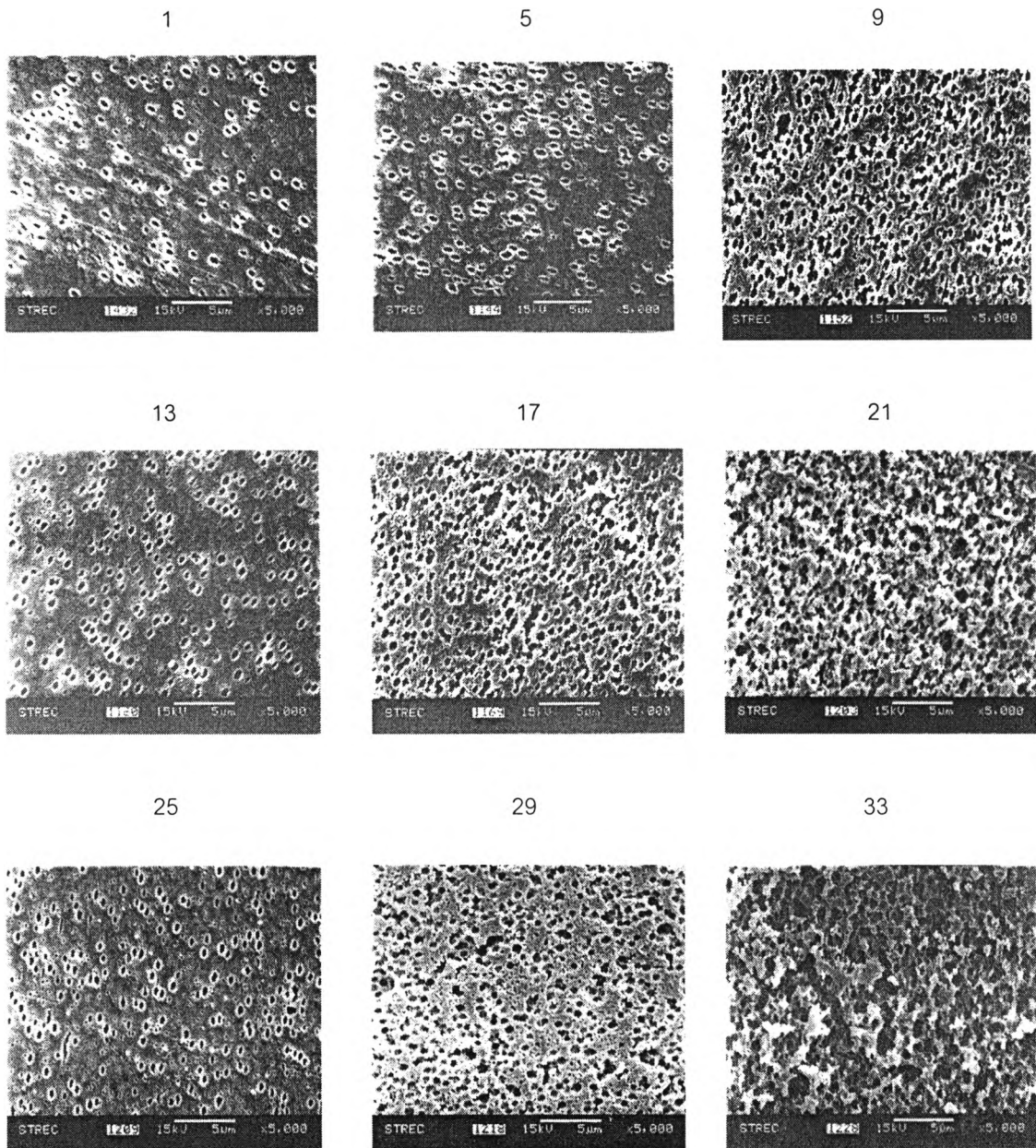
(ข)

รูปที่ 5.2 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนโกลภายหลังการกััดผิวที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกและเวลาในการกััดผิวต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิในการกััดผิวคงที่ที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส (ต่อ)



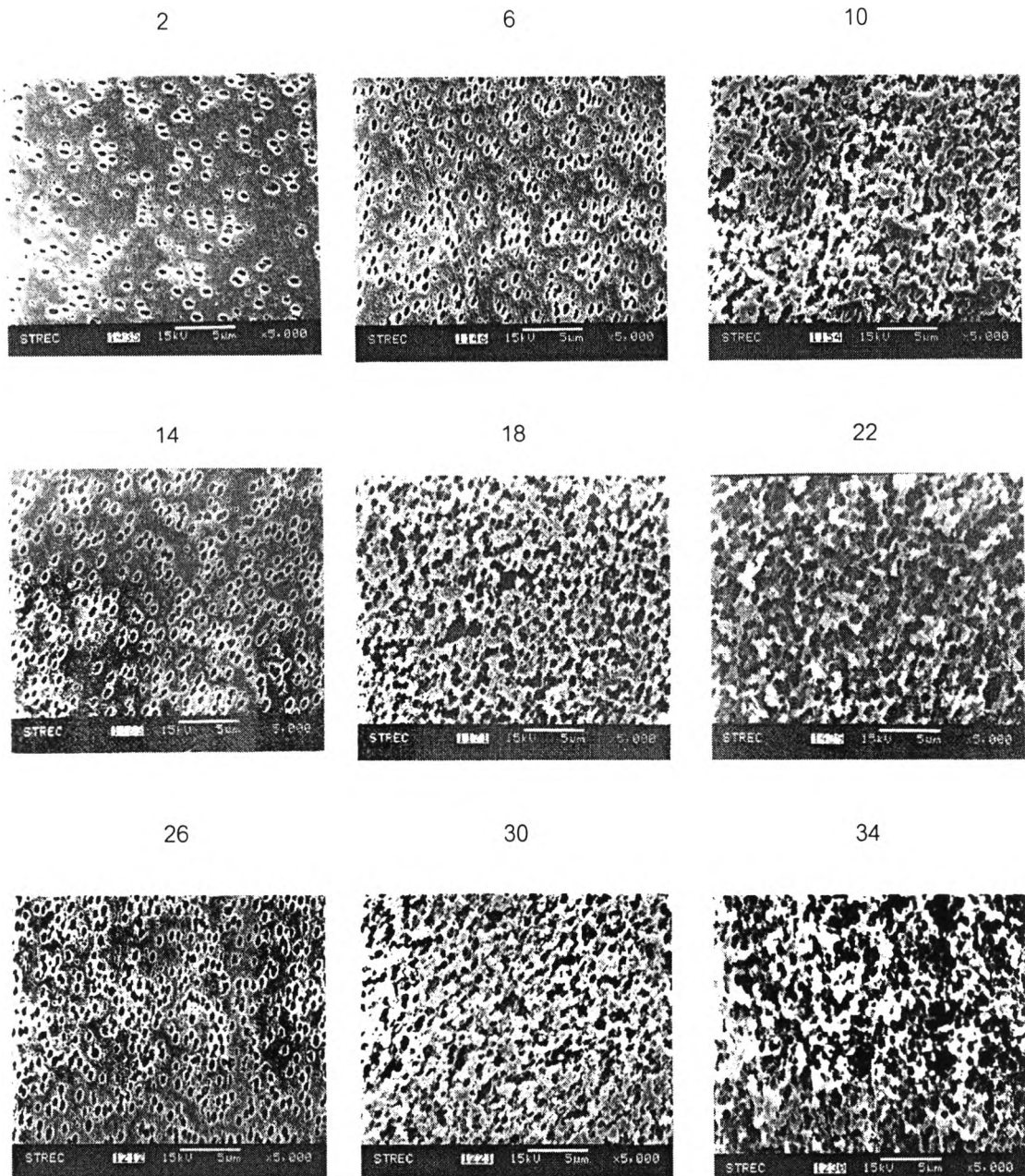
(ค)

รูปที่ 5.2 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสภายหลังจากการกัณผิวที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกและเวลาในการกัณผิวต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิในการกัณผิวคงที่ที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส (ต่อ)



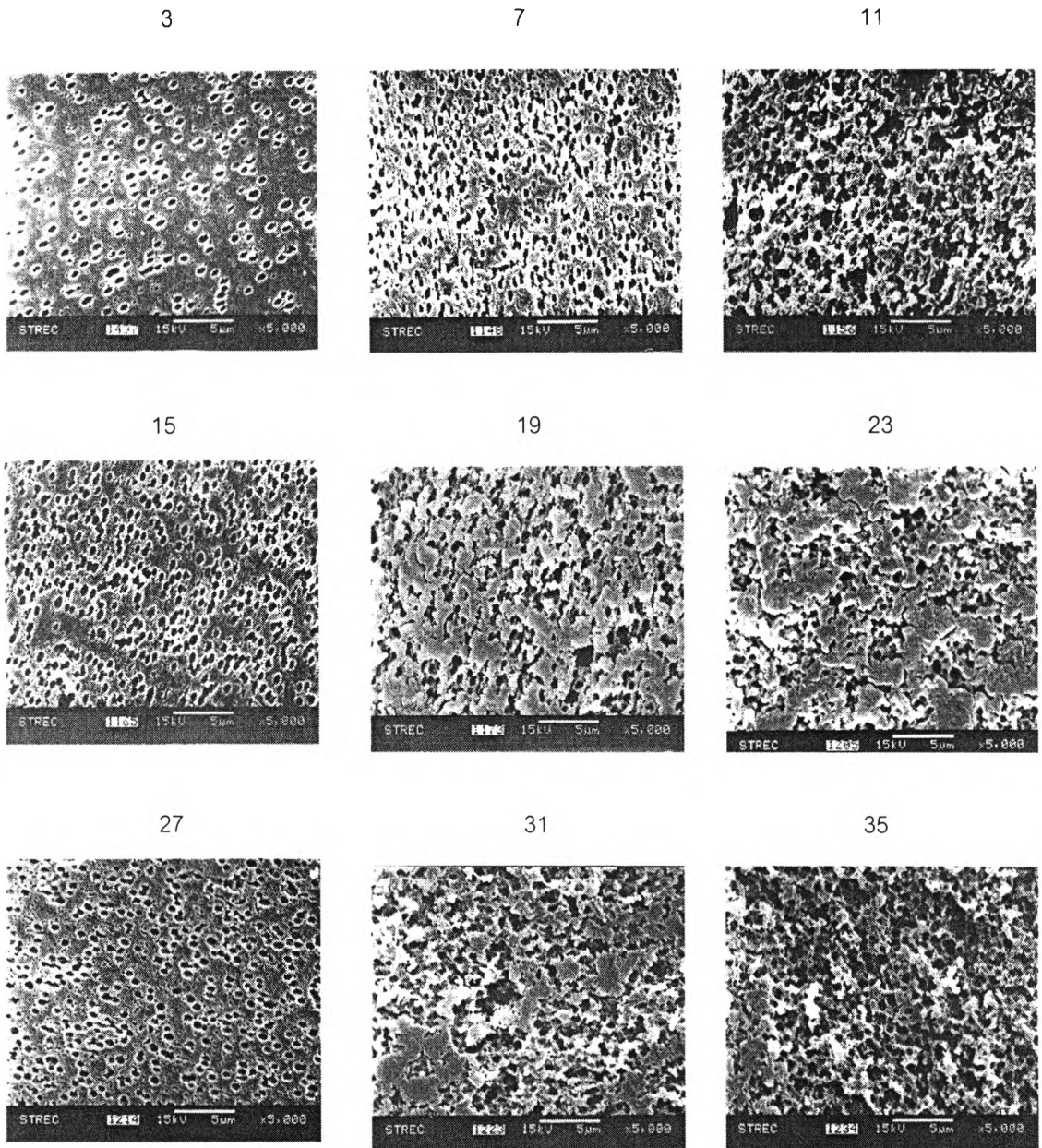
(ก)

รูปที่ 5.3 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสภายหลังจากการกัฒผิวที่อุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดโครมิกต่าง ๆ กัน ที่เวลาในการกัฒผิวคงที่ที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที



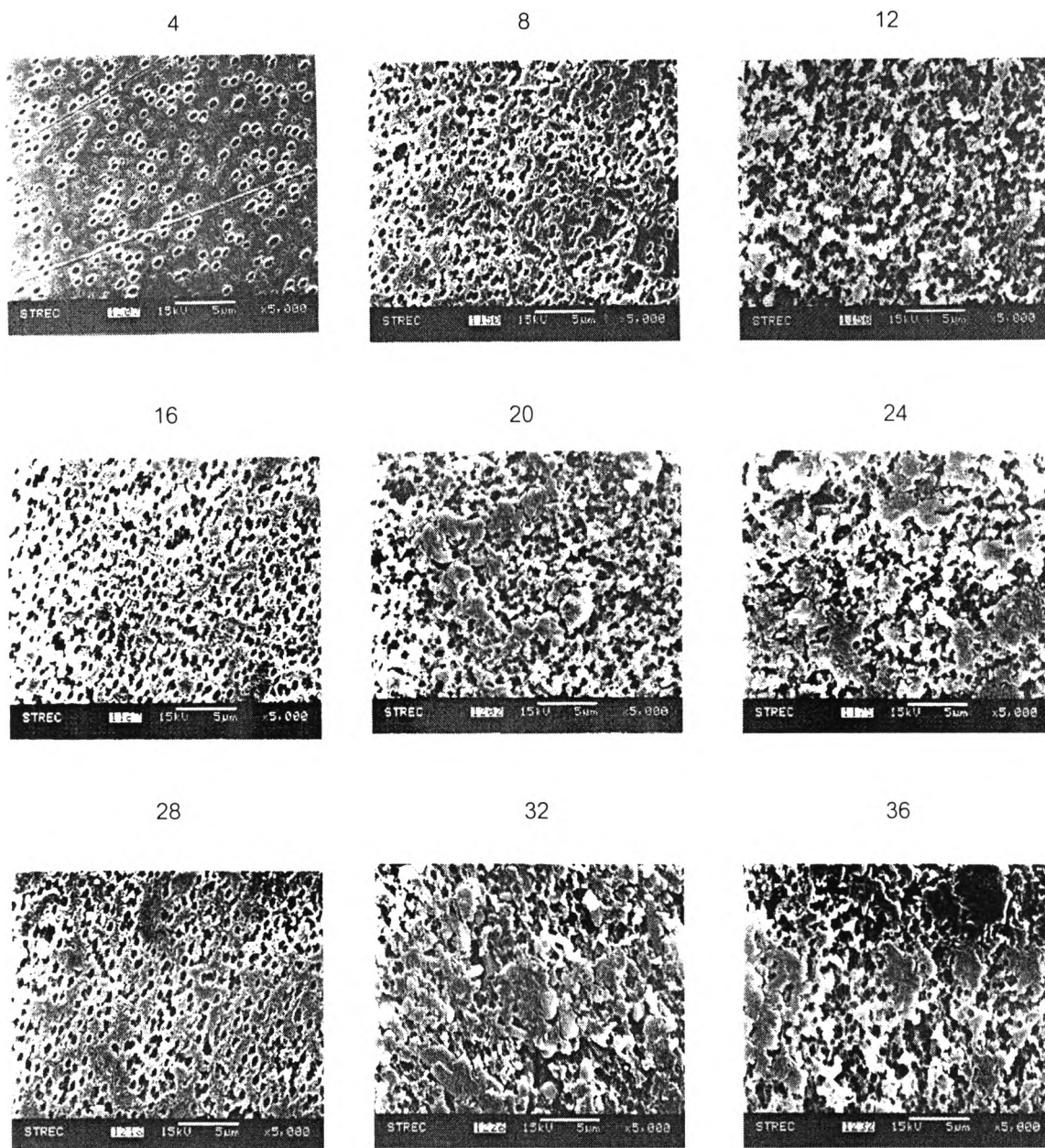
(ข)

รูปที่ 5.3 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนโกลภายหลังจากการกัฒมิวที่อุณหภูมิต่างกันและ ความเข้มข้นของกรดโครมิกต่าง ๆ กัน ที่เวลาในการกัฒมิวคงที่ที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที (ต่อ)



(ค)

รูปที่ 5.3 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอทิลีนภายหลังจากการก่อดินที่อุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดโครมิกต่าง ๆ กัน ที่เวลาในการก่อดินคงที่ที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที (ต่อ)



(ง)

รูปที่ 5.3 ชุดภาพถ่ายแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปียเอสภายหลังจากการกัณผิวที่อุณหภูมิและความเข้มข้นของกรดโครมิกต่าง ๆ กัน ที่เวลาในการกัณผิวครั้งที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที (ต่อ)

5.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการกัดผิวต่อค่ากำลังความตึงเครียด

ข้อมูลดังตารางที่ 5.1 สามารถถูกนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังความตึงเครียด (ซึ่งเป็นตัวแปรตาม) และสภาวะการกัดผิว ได้แก่ ความเข้มข้นของสารกัดผิว อุณหภูมิและเวลาในการกัดผิว (ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ) โดยทำการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับสองตัวแปรอิสระ และกำหนดให้ตัวแปรอิสระที่เหลืออีกหนึ่งตัวคงที่ ในรูปแบบกราฟ 2 มิติหรือกราฟ contour ได้ (ในงานวิจัยนี้สร้างกราฟ contour โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SigmaPlot for Windows version 5.00 ของบริษัท SPSS Inc.) สำหรับในงานวิจัยนี้ได้สร้างกราฟ contour และกราฟ 2 มิติ ไว้หลายแบบดังสรุปในตารางที่ 5.2

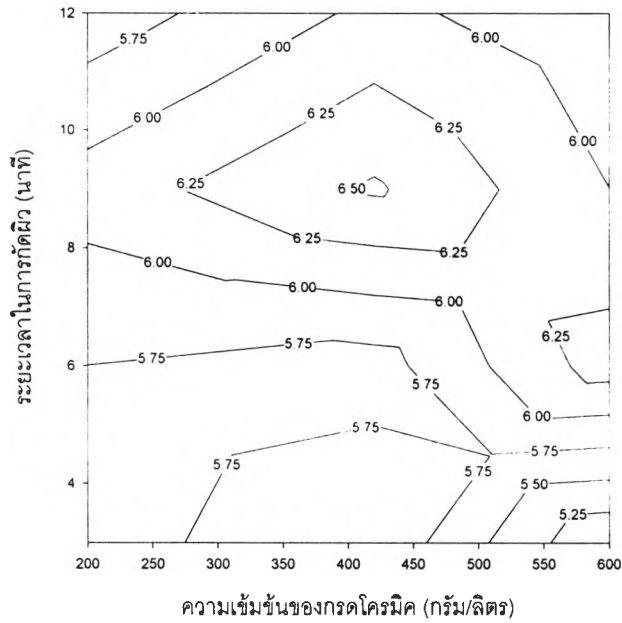
ตารางที่ 5.2 สรุปกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียดและความเข้มข้นของกรดโครมิก อุณหภูมิและระยะเวลาในการกัดผิว

สภาวะที่กำหนดให้คงที่	กราฟ contour	กราฟสองมิติ
อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่ที่ 55, 65 และ 75 องศาเซลเซียส	รูปที่ 5.4ก – 5.4ค	รูปที่ 5.7ก – 5.7ค
ความเข้มข้นของกรดโครมิกคงที่ที่ 200, 420 และ 600 กรัมต่อลิตร	รูปที่ 5.5ก – 5.5ค	รูปที่ 5.8ก – 5.8ค
ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ 3, 6, 9 และ 12 นาที	รูปที่ 5.6ก – 5.6ง	รูปที่ 5.9ก – 5.9ง

สำหรับกราฟที่สร้างจากผลการทดสอบค่ากำลังความตึงเครียดในตารางที่ 5.1 ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเฉลี่ยค่ากำลังความตึงเครียดจากการทดสอบทั้ง 8 ครั้งในสภาวะหนึ่ง ๆ ดังนั้นเมื่อนำมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์จึงได้แสดงขอบเขตความผิดพลาด (error bar) ของข้อมูลไว้ด้วยความเชื่อมั่น 95 % (โดยวิธีการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก) ในกราฟรูปที่ 5.7-5.9

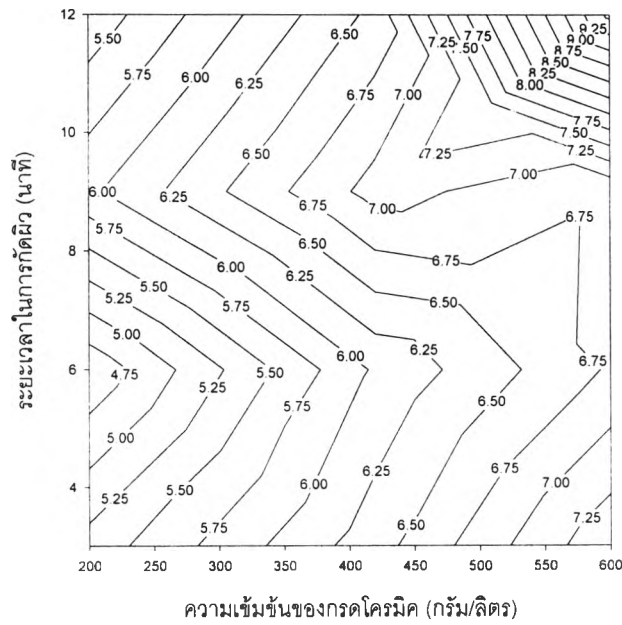
สำหรับชิ้นงานพลาสติกเอปียีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสภาวะการทดลองที่ 1 เมื่อผ่านการชุบเคลือบผิวด้วยทองแดงแบบไร้กระแสพบว่าเกิดการหลุดลอกและบวมพองของชั้นเคลือบทองแดงดังรูปที่ ค.1 ในภาคผนวก ค จึงไม่สามารถที่จะนำมาทดสอบด้วยวิธี peel test ภายหลังจากการชุบเคลือบผิวด้วยไฟฟ้าได้ ดังนั้นค่ากำลังความตึงเครียดที่สภาวะการทดลองนี้จะไม่ปรากฏในกราฟรูปที่ 5.7ก 5.8ก และ 5.9ก นั่นคือสภาวะการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นจุดต่ำสุดของค่าความเข้มข้นของกรดโครมิก ระยะเวลาและอุณหภูมิในการกัดผิวที่ใช้ในงานวิจัยนี้ น่าจะเป็นจุดที่ไม่เหมาะสมในการชุบเคลือบผิว

อุณหภูมิในการกักฝังครั้งที่ 55 องศาเซลเซียส



(ก)

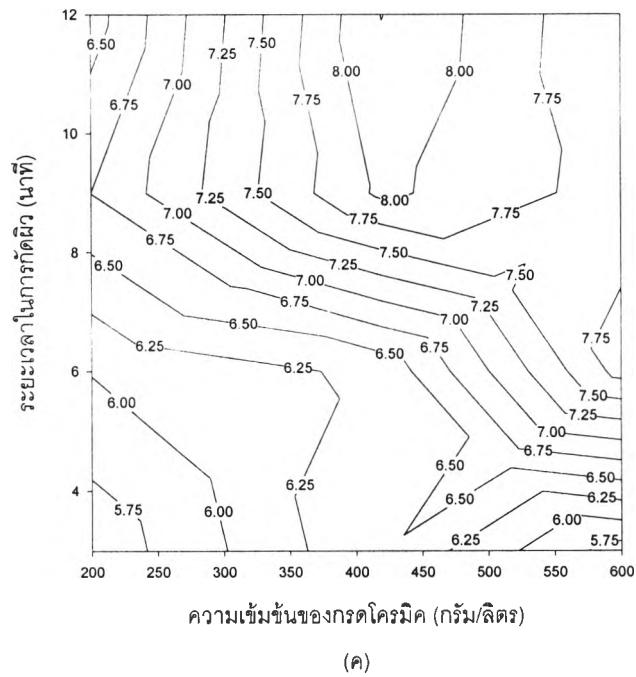
อุณหภูมิในการกักฝังครั้งที่ 65 องศาเซลเซียส



(ข)

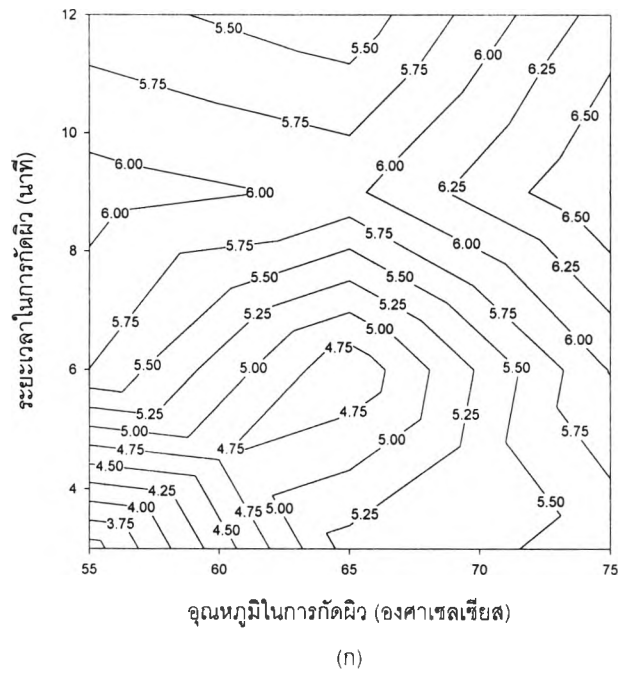
รูปที่ 5.4 กราฟ contour แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงแน่น (N/cm) กับความเข้มข้นของกรดโครมิกและระยะเวลาในการกักฝัง ที่อุณหภูมิในการกักฝังครั้งที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิในการกักฝังครั้งที่ 75 องศาเซลเซียส

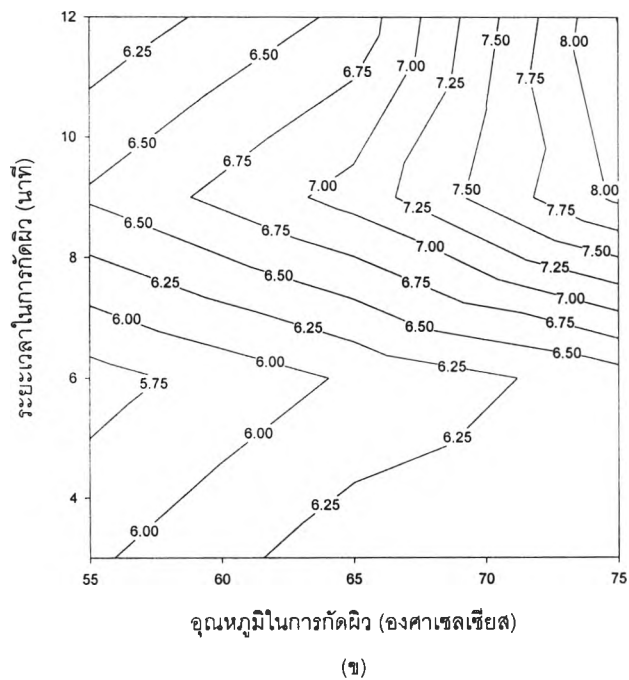


รูปที่ 5.4 กราฟ contour แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียด (N/cm) กับความเข้มข้นของกรดโครมิกและระยะเวลาในการกักฝัง ที่อุณหภูมิในการกักฝังครั้งที่ที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส (ต่อ)

ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ 200 กรัม/ลิตร

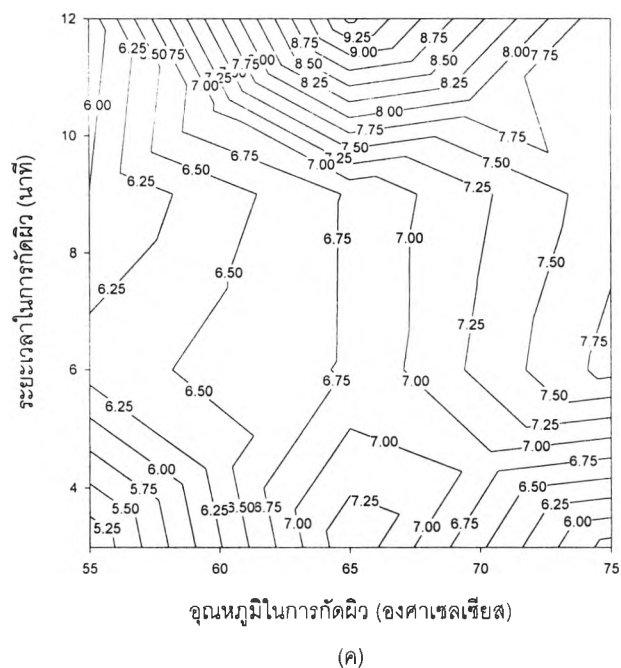


ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ 420 กรัม/ลิตร



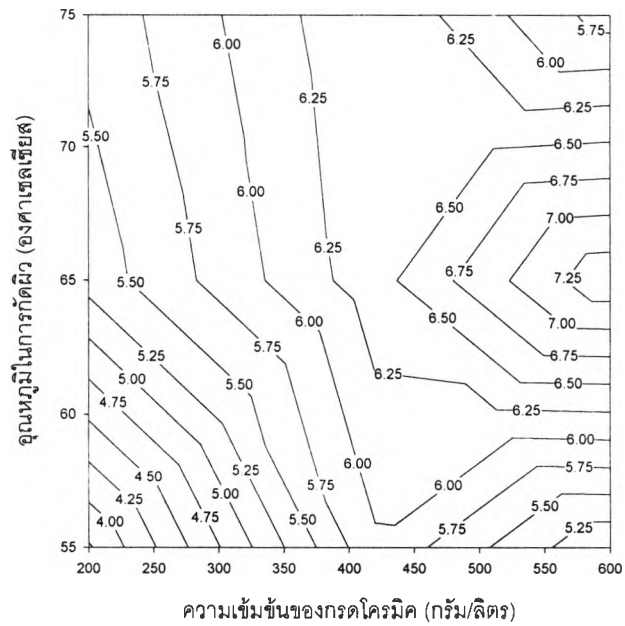
รูปที่ 5.5 กราฟ contour แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียด (N/cm) กับระยะเวลาในการกััดย้อมและอุณหภูมิในการกััดย้อม ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร

ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ 600 กรัม/ลิตร



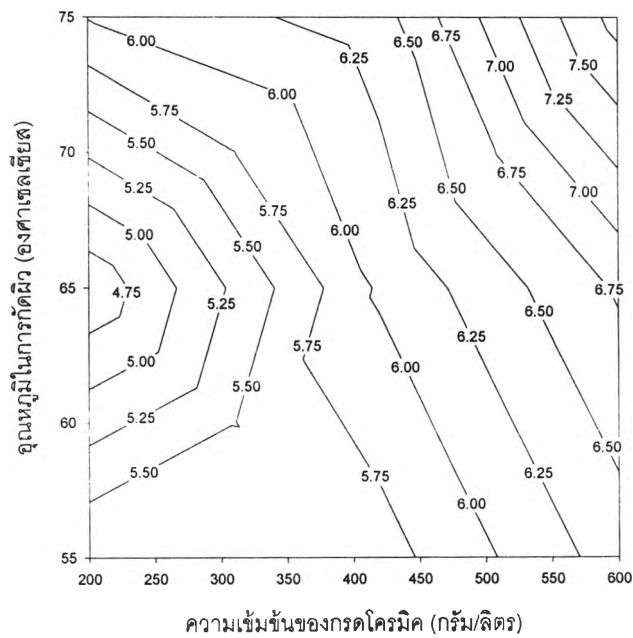
รูปที่ 5.5 กราฟ contour แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียด (N/cm) กับระยะเวลาในการกัดผิวและอุณหภูมิในการกัดผิว ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร (ต่อ)

ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ 3 นาที



(ก)

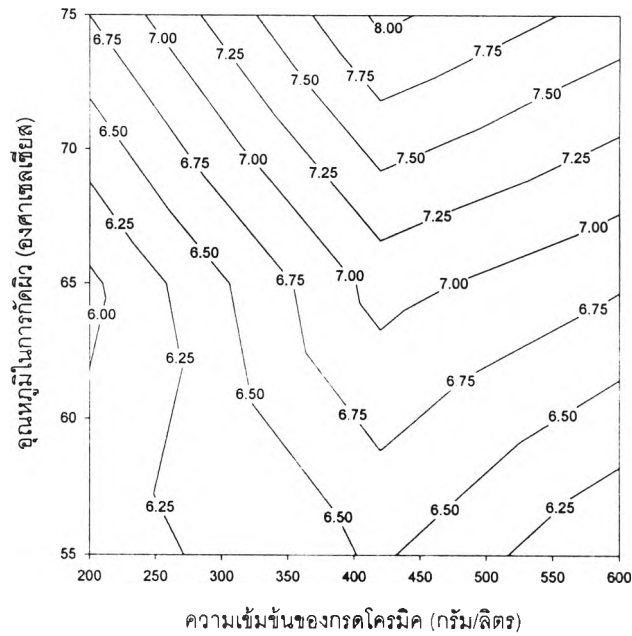
ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ 6 นาที



(ข)

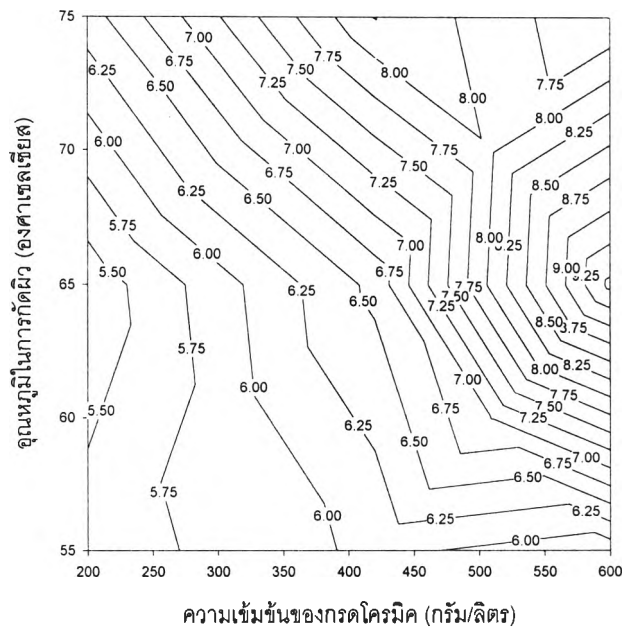
รูปที่ 5.6 กราฟ contour แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียด (N/cm) กับอุณหภูมิในการกัดผิวและความเข้มข้นของกรดโครมิก ที่ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที

ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ 9 นาที



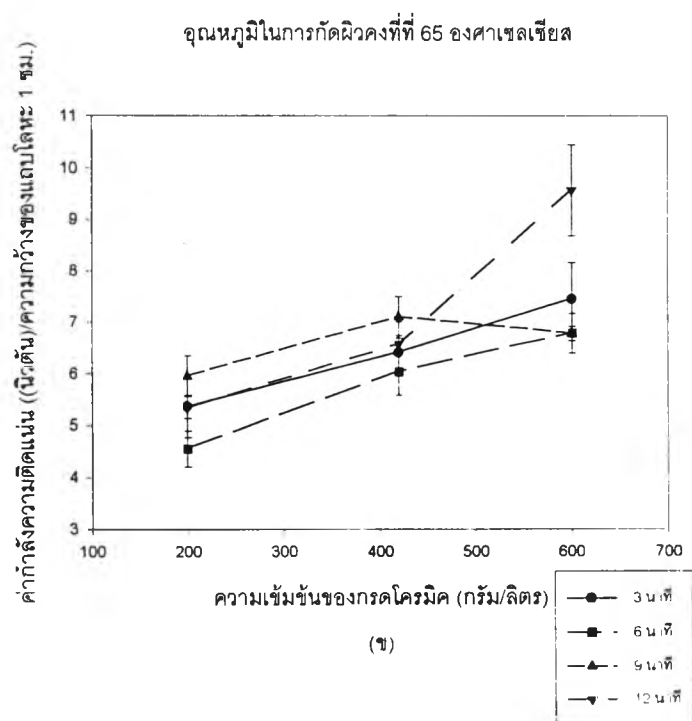
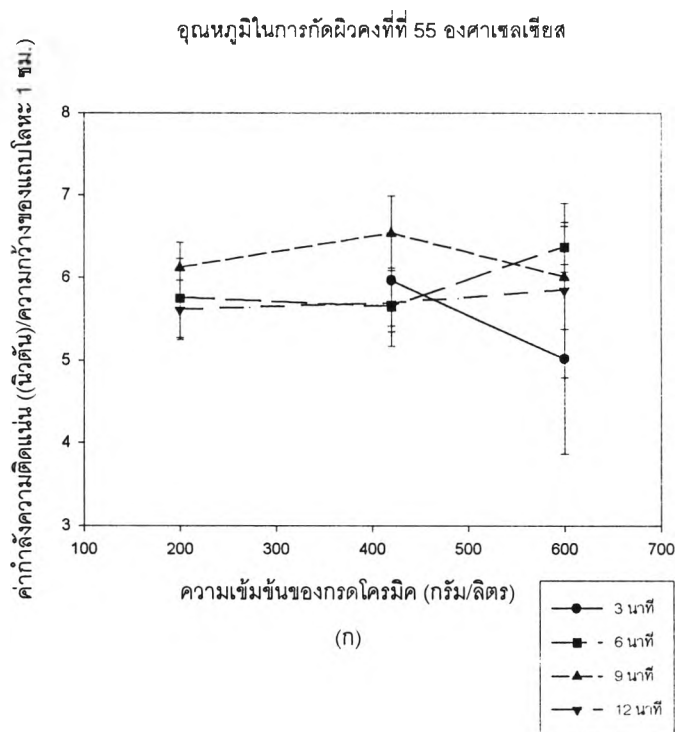
(ค)

ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ 12 นาที

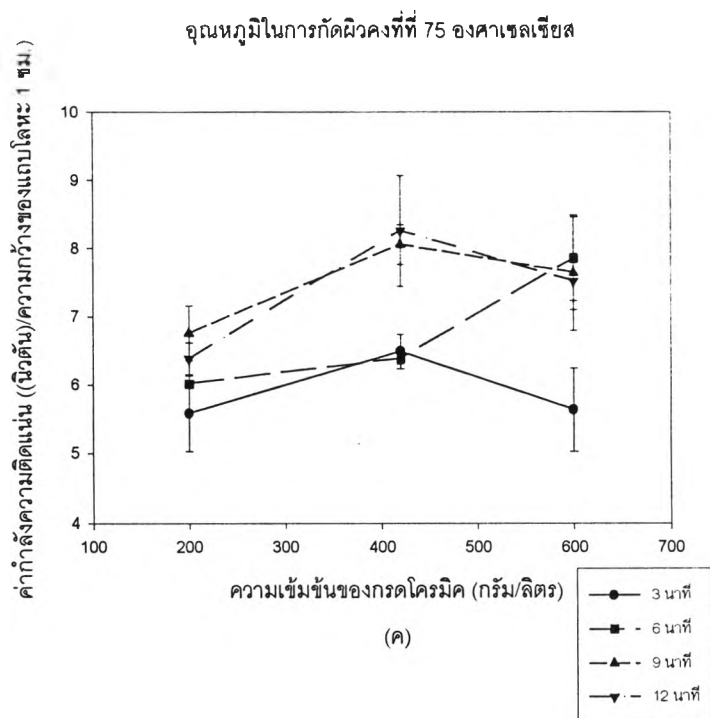


(ง)

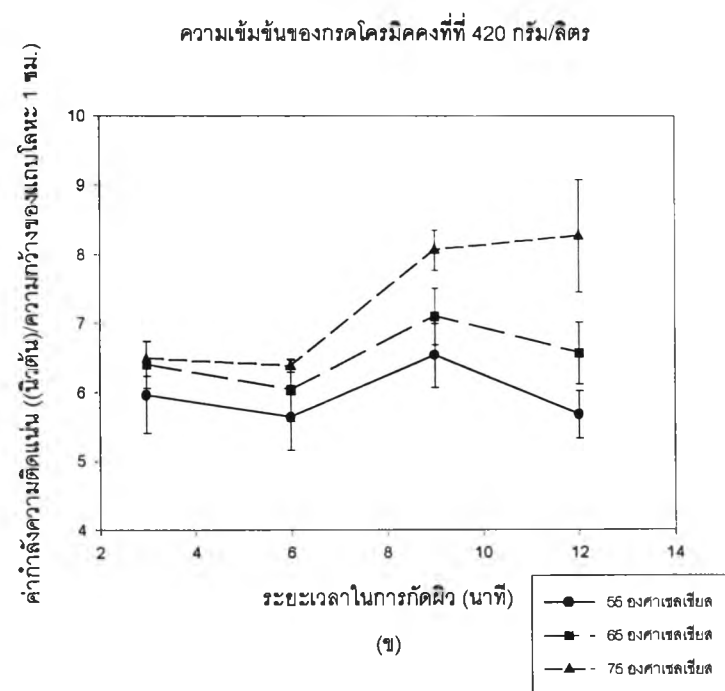
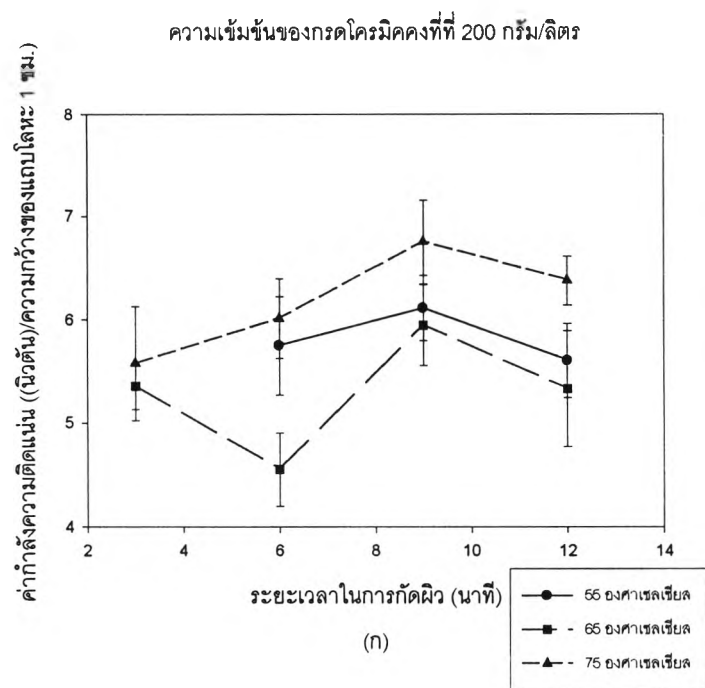
รูปที่ 5.6 กราฟ contour แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียด (N/cm) กับอุณหภูมิในการกัดผิวและความเข้มข้นของกรดโครมิก ที่ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที (ต่อ)



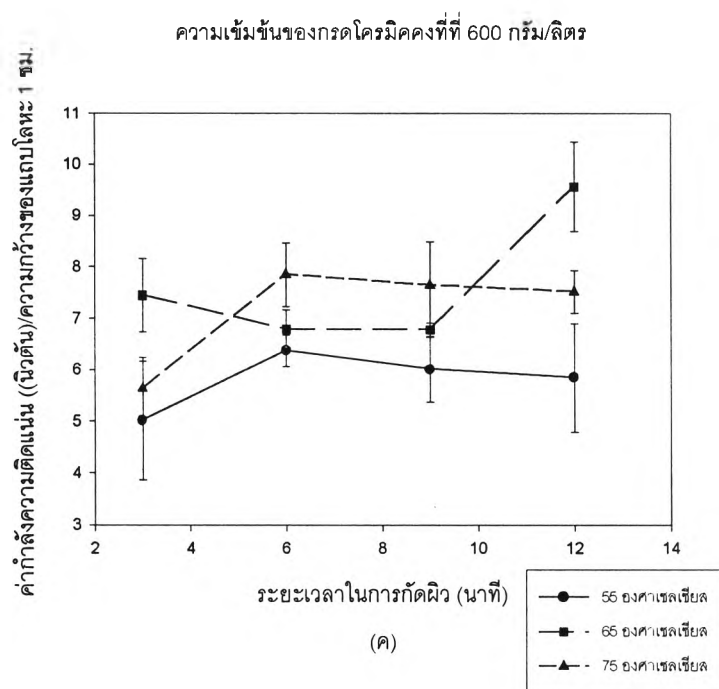
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียดกับความเข้มข้นของกรดโคโรมิด และระยะเวลาในการกักฝังศพ ที่อุณหภูมิในการกักฝังศพที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส



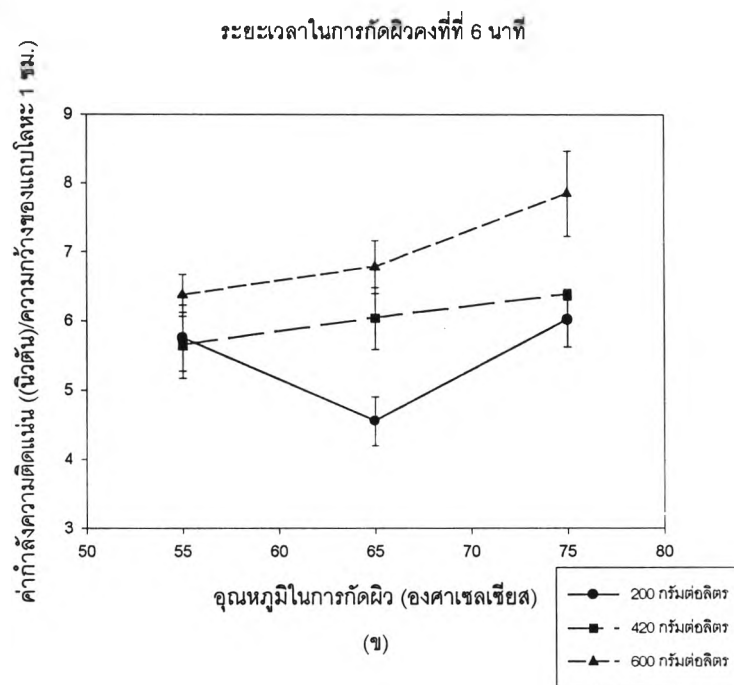
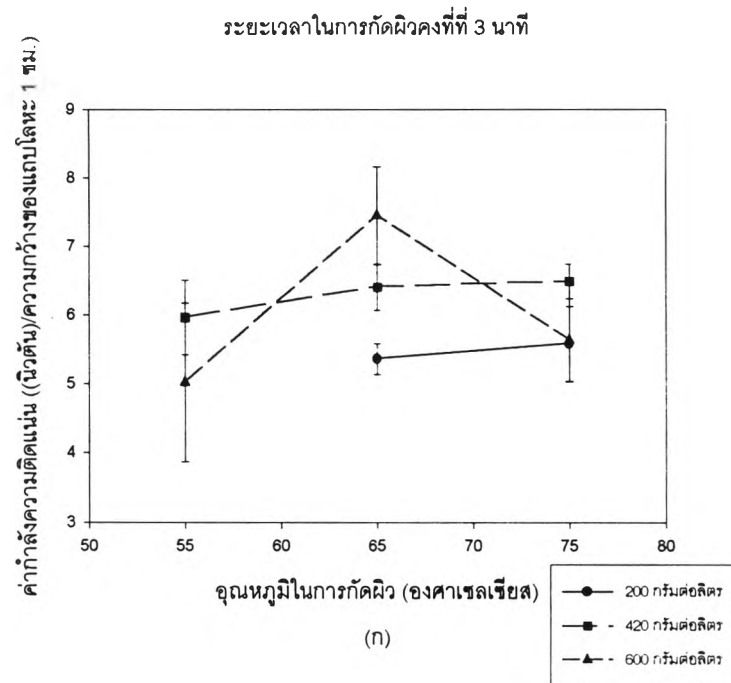
รูปที่ 5.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียดกับความเข้มข้นของกรดโครมิก และระยะเวลาในการกักตัว ที่อุณหภูมิในการกักตัวครั้งที่ (ก) 55 (ข) 65 และ (ค) 75 องศาเซลเซียส (ต่อ)



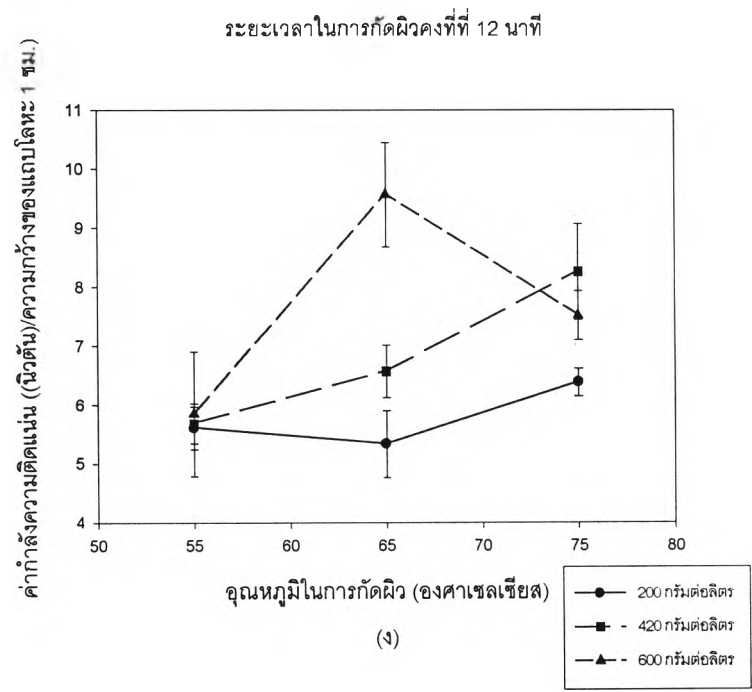
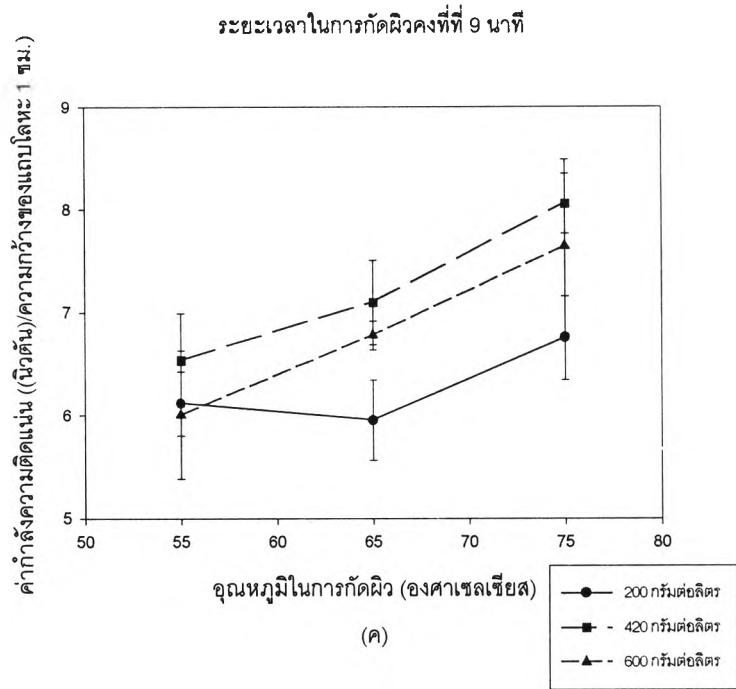
รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตืดแน่นกับระยะเวลาในการกััดผิวและอุณหภูมิในการกััดผิว ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร



รูปที่ 5.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความดูดแน่นกับระยะเวลาในการกัดผิวและอุณหภูมิในการกัดผิว ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกแดงที่ (ก) 200 (ข) 420 และ (ค) 600 กรัมต่อลิตร (ต่อ)



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียดกับอุณหภูมิในการกักตุนและความเข้มข้นของกรดโครมิก ที่ระยะเวลาในการกักตุนที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที



รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังความตึงเครียดกับอุณหภูมิในการกักตุนและความเข้มข้นของกรดโครมิก ที่ระยะเวลาในการกักตุนครั้งที่ (ก) 3 (ข) 6 (ค) 9 และ (ง) 12 นาที (ต่อ)

5.4 การวิเคราะห์ผล

5.4.1 ผลของความเข้มข้นของกรดโครมิกที่มีต่อกำลังความตึงเครียด

กราฟรูปที่ 5.7ก - 5.7ค เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดโครมิกและระยะเวลาในการกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียด โดยกำหนดให้อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่พบว่าแนวโน้มของข้อมูลไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ตัวอย่างเช่น รูปที่ 5.7ก ที่อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่ที่ 55 องศาเซลเซียส เห็นได้ว่าเมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเปลี่ยนแปลง (ที่ระยะเวลาการกัดผิวใด ๆ) ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวดังรูปที่ 5.2ก แต่ละแถว เมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเปลี่ยนแปลงไปจากซ้ายไปขวา ที่อุณหภูมิการกัดผิวคงที่ เห็นได้ว่าความหนาแน่นของรูพรุนต่อพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งน่าจะเป็นเหตุที่ทำให้ค่ากำลังความตึงเครียดที่ได้มีความแตกต่างกันไม่มากตามทฤษฎีการยึดเหนี่ยวดังอธิบายในข้อ 2.4 และงานวิจัยในอดีต [6,15,34] ได้กล่าวว่า ในเบื้องต้นจำนวนรูพรุน ขนาดและการกระจายตัวของรูพรุนที่เกิดขึ้นบนผิวพลาสติกเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นที่มีผลต่อกำลังความตึงเครียด แต่หากพิจารณาโดยละเอียดแล้วจะพบว่า รูปร่างของรูพรุนและลักษณะที่ซับซ้อนของรูพรุน เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกำลังความตึงเครียด ในทางตรงข้ามกราฟรูปที่ 5.7ข และ 5.7ค พบว่ามีความแตกต่างของค่ากำลังความตึงเครียดอย่างชัดเจน หากเปรียบเทียบกับภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 5.2ข และ 5.2ค ตามลำดับ ในแต่ละแถวจากซ้ายไปขวา จะเห็นว่าลักษณะพื้นผิวเกิดการเปลี่ยนแปลงจากที่มีความหนาแน่นของรูพรุนต่อพื้นที่ไม่มากนักไปจนกระทั่งลักษณะพื้นผิวเกิดความขรุขระ ซึ่งสอดคล้องกับค่ากำลังความตึงเครียดที่แตกต่างกัน จากกราฟทั้งสามเห็นได้ว่าโดยรวมผลของความเข้มข้นของกรดโครมิกที่มีต่อกำลังความตึงเครียดไม่เป็นไปในแนวโน้มเดียวกันเมื่ออุณหภูมิในการกัดผิวต่างกัน นอกจากนี้แล้วเมื่อพิจารณากราฟ contour ดังรูปที่ 5.5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการกัดผิวและระยะเวลาในการกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะและพลาสติกที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกคงที่ที่ต่าง ๆ กัน โดยรวม (คือดูรูป 5.5ก - 5.5ค เทียบกัน) เห็นได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเพิ่มขึ้นจาก 200 กรัมต่อลิตรไปเป็น 420 กรัมต่อลิตร ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมทั้งกับบนเส้นกราฟมีแนวโน้มที่จะยับยั้งค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเพิ่มขึ้นจาก 420 เป็น 600 กรัมต่อลิตร ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมยังไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน

อย่างไรก็ตามพบว่าข้อมูลการทดลองบางส่วนสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา คือที่อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่ที่ 75 องศาเซลเซียสดังรูปที่ 5.7ค เมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเพิ่มขึ้น ค่ากำลังความตึงเครียดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนถึงที่ค่าความเข้มข้นของกรดโครมิกค่าหนึ่ง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดโครมิกในการกัดผิวต่อไป ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมมีแนวโน้มลดลง ซึ่งลักษณะแนวโน้มเช่นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของนางสาวเสาวรจณ์ ธรรมไพโรจน์ [7] ที่ได้

ศึกษาถึงความเข้มข้นของสารกัดผิวที่มีต่อค่ากำลังความตึงเครียดระหว่างพลาสติกและโลหะ (โดยใช้ชิ้นงานพลาสติกที่มีขนาดกว้าง 2.54 เซนติเมตร ยาว 16.5 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกัดผิว 10-15 นาที และทดสอบด้วยวิธี peel test (วิธีการทดสอบใกล้เคียงกับมาตรฐาน ASTM แต่รายละเอียดที่ใช้แตกต่างกัน)) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเพิ่มขึ้นจาก 200 กรัมต่อลิตรเป็น 420 กรัมต่อลิตร ค่ากำลังความตึงเครียดที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นของกรดโครมิกเพิ่มขึ้นต่อไปเป็น 600 กรัมต่อลิตร และ 800 กรัมต่อลิตร ค่ากำลังความตึงเครียดกลับมีแนวโน้มลดลง

ข้อมูลของรูปที่ 5.7ค ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ M.Matsunaga และคณะ [34] ที่ได้ศึกษาถึงสัดส่วนความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกในสารละลายที่อิมมิดด้วยกรดโครมิก (โดยใช้ชิ้นงานทดสอบประกอบด้วยพลาสติกเอปียีเอสถูกฉีดขึ้นรูปที่ 260 องศาเซลเซียส 2.5 F.C.V. และที่ 220 องศาเซลเซียส 10 F.C.V. โดยผ่านการกัดผิวที่ 60 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกัดผิวถูกเลือกตามวัตถุประสงค์ของการทดสอบ) โดยพบว่าผลของสภาวะการกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียดสามารถแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 3.1 จากกราฟเห็นได้ชัดว่าสำหรับพลาสติกเอปียีเอสที่ถูกฉีดขึ้นรูปที่ 260 องศาเซลเซียส 2.5 F.C.V. ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกในช่วงที่เหมาะสมคือ 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เกิดความตึงเครียดสูงสุด แต่สำหรับพลาสติกเอปียีเอสที่ถูกฉีดขึ้นรูปที่ 220 องศาเซลเซียส 10 F.C.V. ช่วงความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกที่ทำให้เกิดความตึงเครียดสูงสุดยังไม่ชัดเจน และ M.Matsunaga และคณะ [34] ได้กล่าวว่ นอกจากความเข้มข้นขององค์ประกอบของสารกัดผิวมีผลต่อกำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะกับชิ้นงานพลาสติกเอปียีเอสแล้ว สภาพการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกก็มีผลต่อกำลังความตึงเครียดเช่นกัน

นอกจากนี้แล้วสัดส่วนความเข้มข้นขององค์ประกอบของสารกัดผิวที่เหมาะสม มีความสำคัญต่อการเกิดลักษณะรูพรุนที่เหมาะสมบนพื้นผิวพลาสติกเอปียีเอส ซึ่งในงานวิจัยของ M.Matsunaga และคณะ [34] ได้แสดงภาพภาคตัดขวางพลาสติกเอปียีเอสที่ผ่านการกัดผิวด้วยสารกัดผิวที่มีสัดส่วนของกรดซัลฟูริกต่าง ๆ กัน 5 ระดับดังรูปที่ 3.2 และ M.Matsunaga [34] ได้เสนอว่าเมื่อสัดส่วนของกรดซัลฟูริกในสารกัดผิวอยู่ในช่วง 50 - 60 % ขนาดและการกระจายตัวของลักษณะพื้นผิวคล้ายสลักยี่ด (dovetail) จะเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้เกิดกำลังความตึงเครียดที่สูง

การที่ผลโดยรวมของความเข้มข้นของสารกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียด ที่อุณหภูมิในการกัดผิวคงที่ที่ 55 65 และ 75 องศาเซลเซียส ที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังไม่ค่อยสอดคล้องกับงานวิจัยในอดีตอาจมีสาเหตุที่คล้ายกับงานวิจัยของ M.Matsunaga [34] คือ สภาพการขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกเอปียีเอสที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากที่ใช้ในงานวิจัยของนางสาวเสาวรจน์ ธรรม

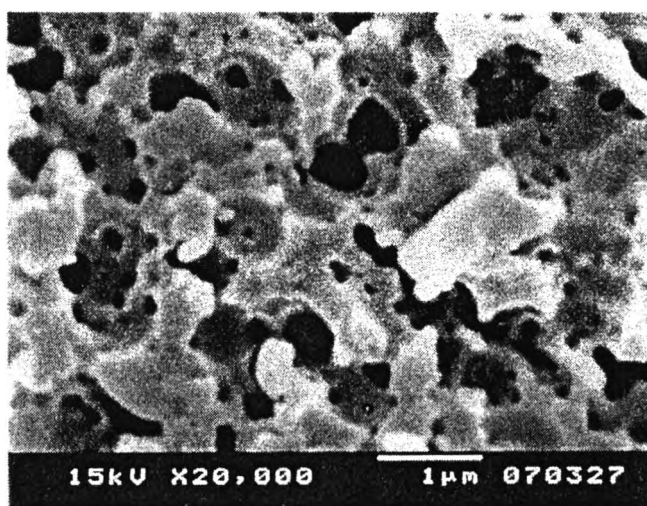
ไพโรจน์ [7] และ M.Matsunaga [34] ที่นำมาเปรียบเทียบ จึงทำให้ผลกระทบของความเข้มข้นของสารกัณณิที่มีต่อค่ากำลังความตีดแน่นของชั้นเคลือบที่ได้ในงานวิจัยนี้แตกต่างจากงานวิจัยในอดีต

5.4.2 ผลของระยะเวลาในการกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียด

กราฟรูปที่ 5.8ก และ 5.8ข เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการกัดผิวและอุณหภูมิในการกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียด โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของกรดโครมิกคงที่พบว่าโดยรวมอาจกล่าวได้ว่า เมื่อระยะเวลาในการกัดผิวเพิ่มขึ้นถึงช่วงเวลาหนึ่งที่อุณหภูมิการกัดผิวใด ๆ ค่ากำลังความตึงเครียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย และเมื่อเพิ่มระยะเวลาการกัดผิวต่อไป ค่ากำลังความตึงเครียดที่ได้มีแนวโน้มลดลง แต่สำหรับกราฟรูปที่ 5.8ค จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกเมื่อระยะเวลาในการกัดผิวเพิ่มขึ้น ค่ากำลังความตึงเครียดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกัดผิวต่อไป ค่ากำลังความตึงเครียดที่ได้มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน (หนึ่งยังไม่สามารถอธิบายแนวโน้มของข้อมูลที่อุณหภูมิการกัดผิวที่ 65 องศาเซลเซียส ที่แตกต่างจากข้อมูลชุดอื่นในรูป 5.8ค ได้) หากพิจารณาจากภาพถ่าย SEM ในรูปที่ 5.1ก-5.1ค (ทีละคอลัมน์จากบนลงล่าง) จะเห็นว่าลักษณะพื้นผิวที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปจึงส่งผลให้มีค่ากำลังความตึงเครียดที่แตกต่างกัน หากพิจารณาลักษณะพื้นผิวในรายละเอียดจะพบว่าลักษณะที่แตกต่างกันออกไปดังเช่น จำนวนของรูพรุน ขนาดและความสม่ำเสมอของรูพรุน และลักษณะรูพรุนที่มีความซับซ้อน (ในที่นี้ไม่สามารถหาผลลัพธ์ในเชิงปริมาณได้) น่าจะส่งผลต่อค่ากำลังความตึงเครียด ทั้งสิ้นตามกลไกความตึงเครียดที่ได้กล่าวแล้วในข้อ 2.4 และจากกราฟ contour ดังรูปที่ 5.6 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการกัดผิวและความเข้มข้นของกรดโครมิกที่มีต่อกำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะและพลาสติกที่ระยะเวลาในการกัดผิวคงที่ที่ต่าง ๆ กัน เมื่อเปรียบเทียบกราฟทั้งหมดโดยรวมเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการกัดผิวเพิ่มขึ้น (คือเมื่อเปรียบเทียบกราฟ 5.6ก ทั้งภาพกับกราฟ 5.6ข และ ค และ ง ทั้งภาพ) ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมที่กำกับบนเส้นกราฟมีแนวโน้มที่จะขยับค่าเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนถึงระยะเวลาการกัดผิวค่าหนึ่ง เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นต่อไป แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังความตึงเครียดยังไม่ชัดเจนแต่ค่อนข้างจะมีแนวโน้มลดลง

ผลการทดลองโดยรวมข้างต้นสอดคล้องกับงานของ C.A. Villamizar และคณะ [15] ที่ศึกษาถึงผลของระยะเวลาในการกัดผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียดที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกและอุณหภูมิในการกัดผิวหนึ่ง ๆ (รายละเอียดได้กล่าวไว้ในบทที่ 3) พบว่าเมื่อระยะเวลาในการกัดผิวเพิ่มขึ้นจาก 5 วินาที ถึง 3 นาที พบว่าค่ากำลังความตึงเครียดมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากและยังคงที่เมื่อระยะเวลาในการกัดผิวผ่านไป 15 นาที แต่เมื่อใช้ระยะเวลาในการกัดผิวนานกว่า 15 นาที ค่ากำลังความตึงเครียดเริ่มมีแนวโน้มลดลง โดย C.A. Villamizar และคณะ [15] ได้อธิบายว่าสารกัดผิวจะทำการกำจัดอนุภาคบิวทอะไดอิน เป็นผลให้เกิดช่องว่างหรือรูพรุนที่มีขนาดและรูปร่างต่าง ๆ กัน เมื่อระยะเวลาในการกัดผิวเพิ่มขึ้น ขนาดรูพรุนก็เพิ่มขึ้น และรูปแบบของหลุมขนาดเล็กในรูพรุน

(pit) และ ช่อง (channel) ที่ซับซ้อนก็จะเกิดขึ้น แต่ถ้าหากระยะเวลาในการกัดผิวมากเกินไปขนาดของรูพรุนอาจจะมีขนาดเกินกว่าที่เหมาะสม ซึ่งจะลดกำลังความตึงเครียดได้ และในงานวิจัยของ Seward และคณะ [31] ได้กล่าวไว้ว่าการกัดผิวจะทำให้พื้นผิวพลาสติกเกิดเป็นรูพรุนและหลุมขนาดเล็กในรูพรุน (pit) แต่หากทำการกัดผิวเป็นระยะเวลาสั้นจะทำให้ขนาดรูพรุนที่เกิดขึ้นมีขนาดเกินขนาดที่เหมาะสม อาจจะเป็นสาเหตุทำให้กำลังความตึงเครียดลดลง อย่างไรก็ตามหากหลุมขนาดเล็กในรูพรุน (pit) (ที่อยู่ในรูพรุนที่ถูกกัดผิวมากเกินไป) ถูกกัดผิวเพิ่มขึ้นจนมีขนาดที่เหมาะสมก็สามารถที่จะปรับปรุงกำลังความตึงเครียดได้ และจากวิจัยของ Koichi Kato [30] ได้แสดงภาพภาคตัดขวางของพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสภายหลังจากการกัดผิวที่ระยะเวลาต่าง ๆ กันดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวพลาสติกเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับที่ Seward และคณะ [31] ได้กล่าวไว้ สำหรับรูปที่ 5.10 เป็นตัวอย่างภาพถ่ายพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสจากการทดลองของงานวิจัยปัจจุบัน (ซึ่งสภาวะที่ใช้ตรงกับสภาวะการกัดผิวที่ 33 ในตารางที่ 4.1) พบว่าเกิดหลุมขนาดเล็กในรูพรุน (pit) ที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งหาก pit ที่เกิดขึ้นนี้มีขนาดที่เหมาะสมก็จะส่งผลให้กำลังความตึงเครียดสูงขึ้นได้



รูปที่ 5.10 ตัวอย่างภาพถ่ายพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสที่ถูกกัดผิวด้วยชุดการทดลองที่ 33

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่า เพื่อความชัดเจนในการวิเคราะห์ผลควรมีภาพถ่าย SEM ของภาคตัดขวางของพื้นผิวพลาสติกเอบีเอสประกอบการวิเคราะห์ผล อย่างไรก็ตามจากข้อมูลการทดลองที่ได้จากงานวิจัยปัจจุบันและงานวิจัยในอดีตพอที่จะกล่าวได้ว่าเมื่อระยะเวลาใน

การกัดผิวเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาหนึ่ง ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการกัดผิวต่อไป ค่ากำลังความตึงเครียดที่ได้มีแนวโน้มลดลง

5.4.3 ผลของอุณหภูมิในการกักผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียด

กราฟรูปที่ 5.9ก - 5.9ง เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในการกักผิวและความเข้มข้นของกรดโครมิกที่มีต่อกำลังความตึงเครียด โดยกำหนดให้ระยะเวลาในการกักผิวคงที่พบว่าโดยรวมอาจกล่าวได้ว่า เมื่ออุณหภูมิในการกักผิวเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกใด ๆ ค่ากำลังความตึงเครียดจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวพลาสติกในรูปที่ 5.1ก-5.1ค หรือ 5.3ก-5.3ง ในแต่ละแถวจากซ้ายไปขวา จะเห็นว่าลักษณะพื้นผิวเกิดการเปลี่ยนแปลงจากที่มีจำนวนหรือความหนาแน่นของรูพรุนต่อพื้นที่ไม่มากนักไปจนมีความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นหรือจนกระทั่งลักษณะพื้นผิวเกิดความขรุขระ ซึ่งในเบื้องต้นกล่าวได้ว่า เมื่อความหนาแน่นของพื้นผิวพลาสติกเพิ่มขึ้น ค่ากำลังความตึงเครียดที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าพิจารณาโดยละเอียดแล้วจะพบว่า รูปร่างของรูพรุนและลักษณะที่ซับซ้อนของรูพรุน เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อกำลังความตึงเครียด และจากกราฟ contour รูปที่ 5.4 ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดโครมิกและระยะเวลาในการกักผิวที่มีต่อกำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะและพลาสติกที่อุณหภูมิในการกักผิวคงที่ที่ต่าง ๆ กัน เมื่อเปรียบเทียบกราฟทั้งสามโดยรวมจะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการกักผิวเพิ่มขึ้นจาก 55 เป็น 65 และ 75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่ากำลังความตึงเครียดในกราฟโดยรวมมีแนวโน้มที่จะขยับค่าเพิ่มขึ้นจากกราฟที่มีอุณหภูมิในการกักผิวต่ำไปสู่กราฟที่มีอุณหภูมิในการกักผิวสูงขึ้น ณ เวลาในการกักผิวและความเข้มข้นของกรดโครมิกใด ๆ หรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการกักผิวเพิ่มขึ้นจาก 55 เป็น 65 และ 75 องศาเซลเซียส ที่ความเข้มข้นของกรดโครมิกและระยะเวลาในการกักผิวใด ๆ ค่ากำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบทองแดงและพลาสติกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แม้ในงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ได้มีการวิเคราะห์ผลของอุณหภูมิที่มีต่อกำลังความตึงเครียด แต่เชื่อว่าผลของอุณหภูมิในการกักผิวน่าจะสอดคล้องกับทฤษฎีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั่วไปคือ ปฏิกิริยาการกักผิวน่าจะเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้ค่าคงที่ของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้เร็วขึ้น ทำให้พื้นผิวพลาสติกเอปียเอสหลังการกักผิวมีความแตกต่างกันไป ซึ่งสอดคล้องกับการกักผิวในงานวิจัยนี้ที่ช่วงอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ถึง 75 องศาเซลเซียส

จากข้อมูลการทดลองและทฤษฎีอัตราเกิดปฏิกิริยาเคมีข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าเมื่ออุณหภูมิในการกักผิวเพิ่มขึ้น ค่ากำลังความตึงเครียดโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5.4.4 ผลกระทบของตัวแปรอิสระทั้งสามจากสภาวะการกัดผิวที่มีต่อค่ากำลังความตึงเครียด

จากกราฟ contour ดังรูปที่ 5.4 – 5.6 โดยรวมจะเห็นได้ว่า รูปแบบของกราฟในแต่ละรูปที่แสดงถึงค่ากำลังความตึงเครียดมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อสภาวะที่ใช้ในการกัดผิวเปลี่ยนแปลง ดังตัวอย่างรูปที่ 5.4 เห็นได้ว่าที่ระยะเวลาในการกัดผิวและความเข้มข้นของกรดโครมิกได้อื่น ๆ เมื่ออุณหภูมิในการกัดผิวที่คงที่ที่อุณหภูมิหนึ่งเปลี่ยนเป็นคงที่ที่อีกอุณหภูมิหนึ่งพบว่ารูปแบบของกราฟที่แสดงค่ากำลังความตึงเครียดเปลี่ยนแปลงจากลักษณะหนึ่งไปเป็นอีกลักษณะหนึ่งที่แตกต่างกัน ซึ่งไม่ได้เป็นเพียงการขยับของค่ากำลังความตึงเครียดโดยที่รูปแบบของกราฟยังคงเดิมเท่านั้น สำหรับกราฟ contour รูปอื่น ๆ ก็เช่นเดียวกันที่แสดงถึงผลกระทบร่วมกันจากตัวแปรอิสระทั้งสาม นอกจากนั้นจากทฤษฎีความตึงเครียดที่ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับลักษณะพื้นผิวหรือรูพรุนที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อค่ากำลังความตึงเครียดที่ต่างกัน จึงอาจกล่าวได้ว่าสภาวะที่ใช้ในการกัดผิวได้แก่ ความเข้มข้นของกรดโครมิก อุณหภูมิและระยะเวลาในการกัดผิว มีผลต่อค่ากำลังความตึงเครียด เพราะตัวแปรเหล่านี้ทำให้เกิดลักษณะพื้นผิวพลาสติกเอปี้เอสที่แตกต่างกันซึ่งสามารถพบได้จากภาพถ่ายลักษณะพื้นผิวพลาสติกดังรูปที่ 5.1-5.3

แม้ว่าจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากงานวิจัยปัจจุบันยังไม่สามารถที่จะกล่าวได้อย่างชัดเจนว่าตัวแปรตัวใดมีผลกระทบอย่างไรกับค่ากำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะและพลาสติกเอปี้เอสและตัวแปรตัวใดมีความสำคัญมากกว่ากัน แต่พอที่จะกล่าวได้ว่าสภาวะการกัดผิวได้แก่ ความเข้มข้นของสารกัดผิว อุณหภูมิและระยะเวลาในการกัดผิวมีอิทธิพลร่วมกันต่อค่ากำลังความตึงเครียดระหว่างชั้นเคลือบโลหะกับชิ้นงานพลาสติกเอปี้เอส