

## ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

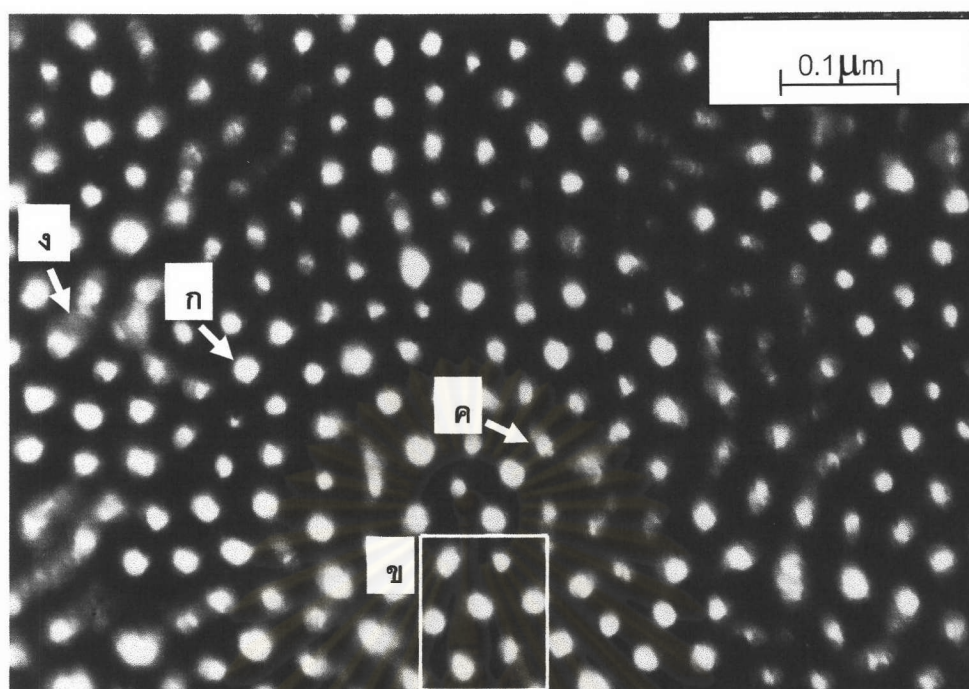
งานวิจัยนี้มีสภาวะการทดลองดังตารางที่ 3-2 โดยตารางที่ 4-1 แสดงความหนาของฟิล์มอะโนดิก ขนาดรู จำนวนรูและระยะห่างระหว่างรูของฟิล์มฯ ซึ่งโครงสร้างของฟิล์มอะโนดิกที่ได้จาก TEM แสดงในรูปที่ 4-1 ถึง 4-3 และรูปในภาคผนวก ก ตารางที่ 4-2 แสดงค่าสีของชิ้นงาน นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะการทดลอง ลักษณะฟิล์มอะโนดิก และค่าสีของชิ้นงาน จะแสดงในรูปที่ 4-4 ถึง 4-24 และรูปในภาคผนวก ข รายละเอียดของผลการทดลองและการอภิปรายผลการทดลอง มีดังต่อไปนี้

### 4.1 ลักษณะโครงสร้างของฟิล์มอะโนดิก

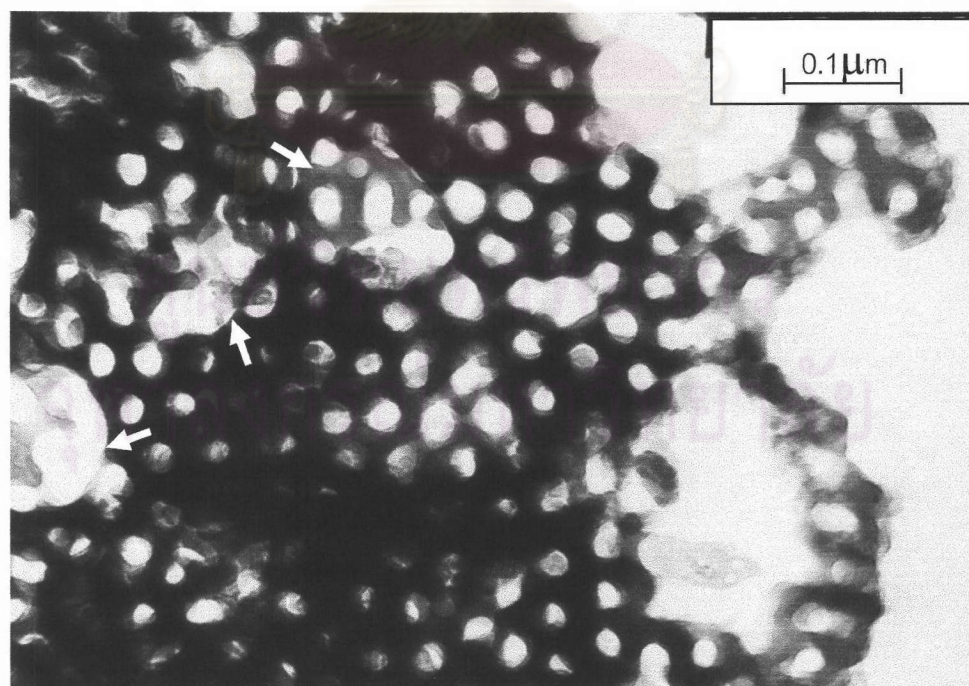
ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากการตรวจสอบด้วย TEM มีลักษณะโครงสร้างของรูแสดงในรูปที่ 4-1 ถึง 4-3 และในภาคผนวก ก รูปที่ 4-1 แสดงฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากการอะโนไดส์ที่อุณหภูมิ 22°C และแรงดันไฟฟ้า 15 V จากรูปพบว่า โครงสร้างปกติของรูฟิล์มอะโนดิกมีลักษณะแสดงในตำแหน่งลูกศร ก ซึ่งแสดงลักษณะรูที่มีรูปร่างกลม และในตำแหน่งช่องสี่เหลี่ยม ข ซึ่งแสดงโครงสร้างที่แต่ละรูมีหกเหลี่ยมรอบ นอกจากนี้ ฟิล์มอะโนดิกอาจมีรูที่มีลักษณะรูปร่างไม่กลม ดังแสดงในตำแหน่งลูกศร ค ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดรูในลักษณะดิ่งลงแบบเฉียง และอาจเกิดโพรงเชื่อมต่อระหว่างรู ซึ่งแสดงในตำแหน่งลูกศร ง

เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าเป็น 16 V จะได้โครงสร้างฟิล์มอะโนดิกในรูปที่ 4-2 ซึ่งเป็นโครงสร้างฟิล์มฯที่ได้จากการอะโนไดส์ที่อุณหภูมิ 22°C และแรงดันไฟฟ้า 16 V จากรูปพบว่า ฟิล์มบางส่วนหลุดหายไปจึงเกิดเป็นบริเวณสีขาว และฟิล์มบางส่วนมีความหนาไม่สม่ำเสมอ (ลูกศร) นอกจากนี้เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 4-1 มาประกอบจะพบว่า ฟิล์มฯยังมีขนาดรูใหญ่กว่าและมีจำนวนรูต่อพื้นที่น้อยกว่าฟิล์มฯในรูปที่ 4-1 ดังนั้น ที่อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์เดียวกัน เมื่อแรงดันไฟฟ้าของการอะโนไดส์เพิ่มขึ้น ฟิล์มอะโนดิกจะมีขนาดรูเพิ่มขึ้น และมีจำนวนรูลดลง

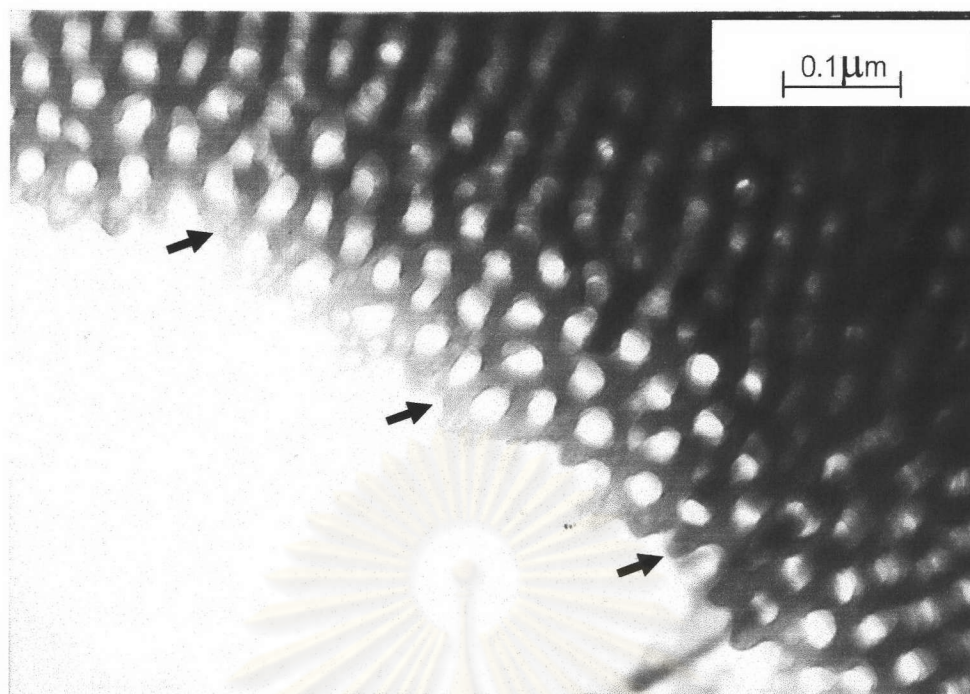
การอะโนไดส์ที่อุณหภูมิ 18°C และแรงดันไฟฟ้า 16 V จะได้โครงสร้างของฟิล์มอะโนดิกดังรูปที่ 4-3 จากรูปแสดงบริเวณขอบของฟิล์มอะโนดิก (ลูกศร) ซึ่งบริเวณสีขาวคือบริเวณที่ไม่มีฟิล์มฯ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับฟิล์มฯในรูปที่ 4-2 และนำข้อมูลจากตารางที่ 4-1 มาประกอบจะพบว่า ที่แรงดันไฟฟ้าเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ลดลง ฟิล์มอะโนดิกจะมีขนาดรูลดลง



รูปที่ 4-1 พิล์มอะโนดิกจากการอะโนไดส์ที่ อุณหภูมิ 22°C และแรงดันไฟฟ้า 15 V  
 ถ่ายด้วย TEM (ก) ลักษณะรูปกตีมี่รูปร่างกลม (ข) โครงสร้างปกติแต่ละ  
 มีหกรูล้อมรอบ (ค) ลักษณะที่มีรูปร่างไม่กลม (ง) โพรงเชื่อมต่อกันระหว่างรู



รูปที่ 4-2 พิล์มอะโนดิกจากการอะโนไดส์ที่ อุณหภูมิ 22°C และแรงดันไฟฟ้า 16 V  
 ถ่ายด้วย TEM ลูกศรแสดงบริเวณที่ฟิล์มหนาไม่สม่ำเสมอ



รูปที่ 4-3 फिल्मอะโนดิกจากการอะโนไดส์ที่ อุณหภูมิ 18°C และแรงดันไฟฟ้า 16 V  
ถ่ายด้วย TEM ลูกศรแสดงบริเวณขอบของฟิล์มฯ

ตารางที่ 4-1 ความหนาของฟิล์มอะโนดิก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู จำนวนของรู  
และระยะห่างระหว่างรูของฟิล์มอะโนดิก

สภาวะการ อะโนไดส์	ความหนาของ ฟิล์มอะโนดิก (ไมครอน)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของรู (นาโนเมตร)	จำนวนของรู (รูต่อตาราง มิลลิเมตร)	ระยะห่าง ระหว่างรู (นาโนเมตร)
16°C, 14V	9	16.95	4,938	25.33
16°C, 15V	11	17.50	4,729	29.00
16°C, 16V	14	18.09	4,532	30.67
16°C, 17V	20	19.17	3,647	34.67
18°C, 14V	11	17.67	4,712	18.67
18°C, 15V	13	20.67	4,709	22.00
18°C, 16V	16	22.00	4,655	25.33
18°C, 17V	21	23.17	3,592	27.33
20°C, 14V	12	18.50	5,926	22.67
20°C, 15V	15	21.33	4,784	25.33
20°C, 16V	19	22.75	4,237	29.33
20°C, 17V	24	23.86	3,882	30.67

สภาวะการ อะโนไดส์	ความหนาของ ฟิล์มอะโนไดค (ไมครอน)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ของรู (นาโนเมตร)	จำนวนของรู (รูต่อตาราง มิลลิเมตร)	ระยะห่าง ระหว่างรู (นาโนเมตร)
22°C, 14V	15	21.34	5,270	18.00
22°C, 15V	16	23.08	4,613	20.00
22°C, 16V	18	24.72	4,587	23.33
22°C, 17V	20	25.67	4,564	26.00

ตารางที่ 4-2 ค่าสีของชิ้นงานที่ผ่านการทำสี

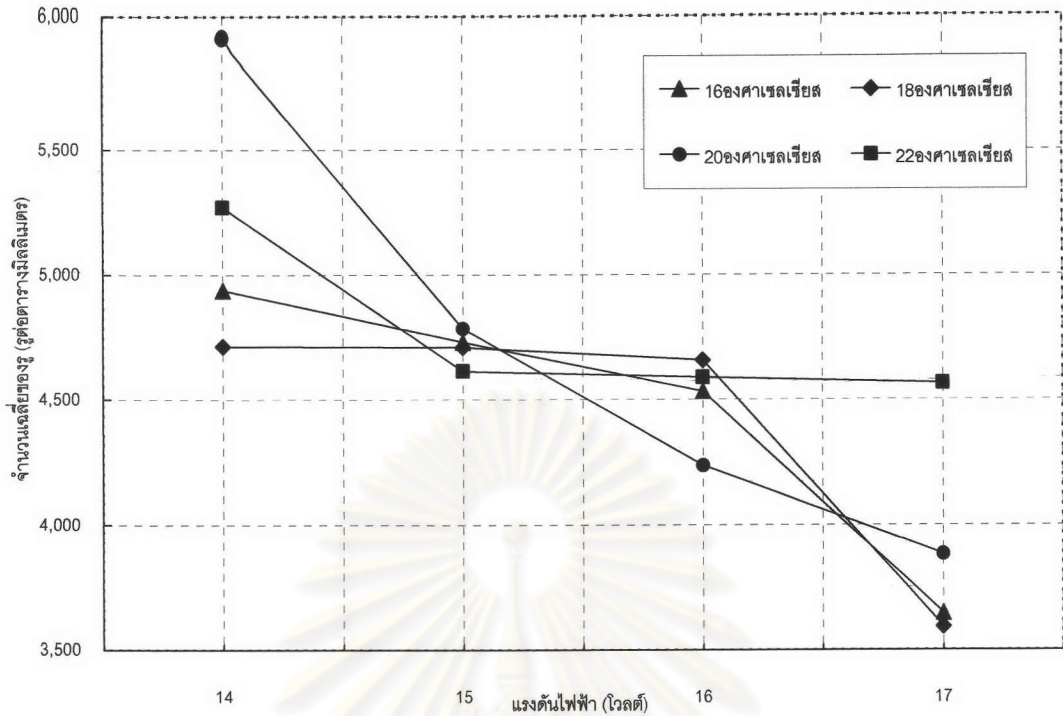
สภาวะการ อะโนไดส์	ความสว่าง L*	ค่าพิกัดสี a*	ค่าพิกัดสี b*
16°C, 14V	22.39	3.32	10.35
16°C, 15V	24.09	3.14	12.07
16°C, 16V	28.65	2.72	12.31
16°C, 17V	32.08	2.46	13.15
18°C, 14V	24.73	3.70	11.95
18°C, 15V	28.33	3.71	13.92
18°C, 16V	34.67	3.36	14.91
18°C, 17V	40.28	2.91	14.88
20°C, 14V	24.55	2.95	12.00
20°C, 15V	31.95	3.38	12.76
20°C, 16V	34.17	2.70	12.78
20°C, 17V	39.08	2.67	14.02
22°C, 14V	29.41	3.13	11.69
22°C, 15V	30.54	3.48	13.48
22°C, 16V	32.94	2.99	12.41
22°C, 17V	36.82	3.12	14.72

#### 4.2 อิทธิพลของแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ต่อลักษณะฟิล์มอะโนดิก

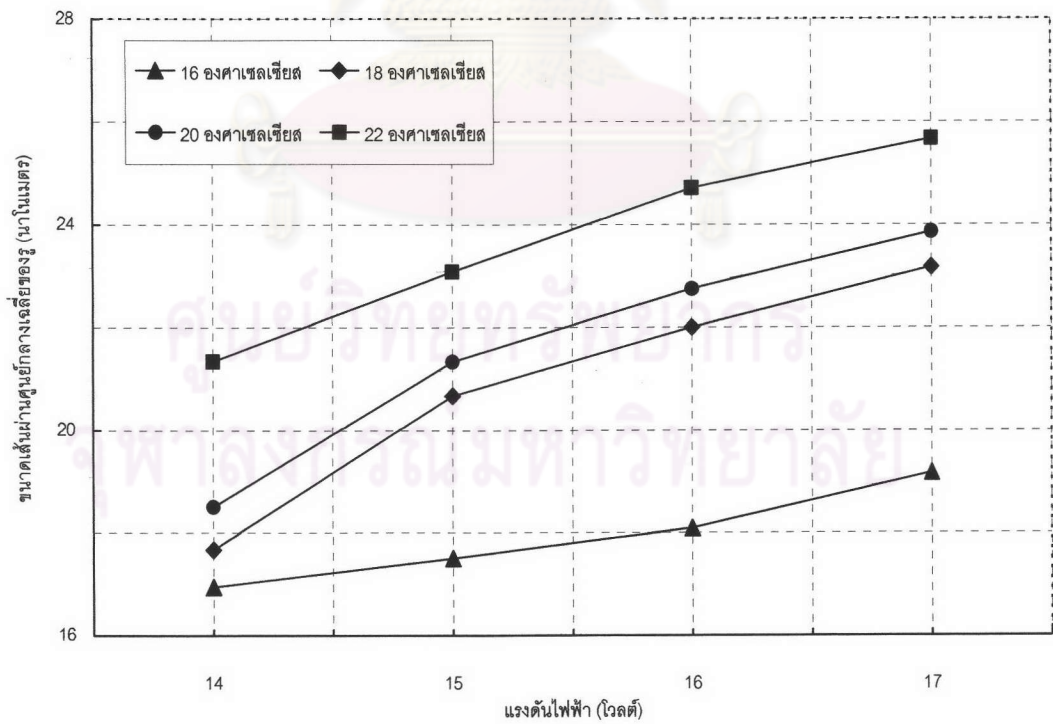
ผลของแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ต่อจำนวนรูของฟิล์มอะโนดิก แสดงในรูปที่ 4-4 จากรูปพบว่า จำนวนรูจะเปลี่ยนแปลงตามแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ที่ใช้ จำนวนรูจะลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น ที่อุณหภูมิเล็กโตรไลต์  $22^{\circ}\text{C}$  ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V, 16 V และ 17 V มีจำนวนรูใกล้เคียงกัน ที่แรงดันไฟฟ้า 14 V พบว่า ที่อุณหภูมิเล็กโตรไลต์  $20^{\circ}\text{C}$  จะให้จำนวนรูมากที่สุด ตามมาด้วยอุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$ ,  $16^{\circ}\text{C}$  และ  $18^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ จากนั้นจำนวนรูจะลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 15 V โดยจำนวนรูที่อุณหภูมิต่างๆจะใกล้เคียงกัน และเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 16 V จำนวนรูที่ได้มีค่าแตกต่างจากที่ 15 V เพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่และจำนวนรูที่อุณหภูมิอื่นๆจะมีค่าใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับที่ 15 V ยกเว้นที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V และ 16 V มีจำนวนรูแตกต่างอย่างชัดเจน เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 17 V พบว่าที่อุณหภูมิเล็กโตรไลต์  $22^{\circ}\text{C}$  จำนวนรูจะคงที่ในขณะที่อุณหภูมิอื่นๆจะให้จำนวนรูลดลง

ผลของแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ต่อขนาดรูของฟิล์มอะโนดิก แสดงในรูปที่ 4-5 จากรูปพบว่า ที่ทุกๆค่าของอุณหภูมิเล็กโตรไลต์รูจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าของการอะโนไดส์สูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิเล็กโตรไลต์  $22^{\circ}\text{C}$  ของแต่ละแรงดันไฟฟ้าจะมีขนาดรูใหญ่ที่สุด ตามมาด้วยที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$  และ  $16^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ ผลของแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ต่อความหนาของฟิล์มอะโนดิก แสดงในรูปที่ 4-6 จากรูปพบว่า ที่ทุกๆค่าของอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ ฟิล์มจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าของการอะโนไดส์สูงขึ้น ที่แรงดันไฟฟ้า 14 V และ 15 V ฟิล์มจะหนาที่สุดที่อุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$  แต่ที่ 16 V และ 17 V ฟิล์มจะหนาที่สุดที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากฟิล์มเกิดการละลายกลับสู่อิเล็กโตรไลต์เพราะอุณหภูมิของการอะโนไดส์ที่สูงเกินไป (Brace และ Sheasby, 1979) ซึ่งได้แก่ที่อุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$

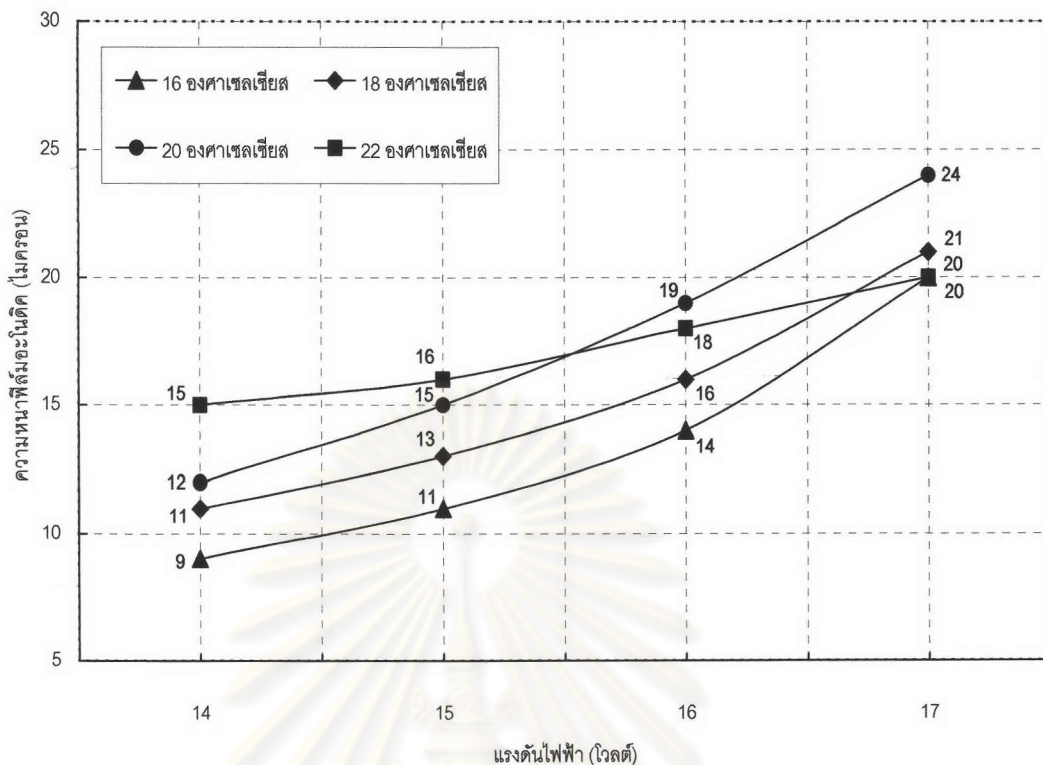
รูปที่ 4-4 ถึง 4-6 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรู ขนาดรู และความหนาของฟิล์มฯ เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ฟิล์มฯมีจำนวนรูลดลง ในขณะที่ขนาดของรูใหญ่ขึ้น และมีความหนาของฟิล์มฯเพิ่มขึ้น โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V จะได้ฟิล์มอะโนดิกที่มีจำนวนรูมากที่สุด มีขนาดรูเล็กที่สุด และฟิล์มฯมีความหนาน้อยที่สุด เมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 17 V ฟิล์มฯจะมีจำนวนรูน้อยที่สุด มีขนาดรูใหญ่ที่สุด และฟิล์มฯมีความหนามากที่สุด เมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิเล็กโตรไลต์เดียวกัน นอกจากนั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ยังสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูและความหนาของฟิล์มฯ โดยเมื่ออุณหภูมิเล็กโตรไลต์เพิ่มขึ้น ฟิล์มฯจะมีรูขนาดใหญ่ขึ้น ที่อุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$  ฟิล์มฯจะมีขนาดรูใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิอื่นๆที่แรงดันไฟฟ้าเดียวกัน นอกจากนั้นฟิล์มฯจะมีความหนาเพิ่มขึ้น ในรูปที่ 4-4 พบว่าจำนวนรูของแต่ละอุณหภูมิเล็กโตรไลต์เรียงลำดับแตกต่างกันในแต่ละแรงดันไฟฟ้า แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูของฟิล์มฯไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเล็กโตรไลต์



รูปที่ 4-4 อิทธิพลของอุณหภูมิอิเล็กทรอนิกส์และแรงดันไฟฟ้าระหว่างอะนาล็อก ต่อจำนวนเกลียวของรูฟิล์มอะนาล็อก



รูปที่ 4-5 อิทธิพลของอุณหภูมิอิเล็กทรอนิกส์และแรงดันไฟฟ้าระหว่างอะนาล็อก ต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกลียวของรูฟิล์มอะนาล็อก



รูปที่ 4-6 อิทธิพลของอุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์และแรงดันไฟฟ้าระหว่างอะโนดิสต์  
ต่อความหนาของฟิล์มอะโนดิสต์

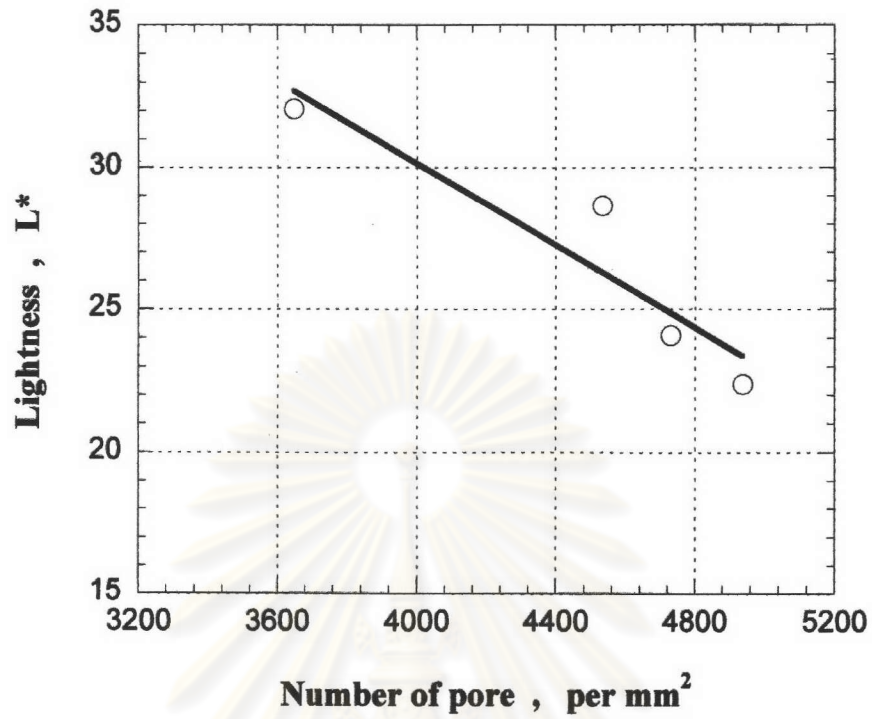
#### 4.3 อิทธิพลของลักษณะฟิล์มอะโนดิสต์ต่อค่าสี

ผลของจำนวนรูต่อค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิสต์ในชั้นงานที่อะโนดิสต์ ณ อุณหภูมิ อิเล็กโตรไลต์ 16°C, 18°C, 20°C และ 22°C แสดงในรูปที่ 4-7 ถึง 4-10 ตามลำดับ จากรูปพบว่า ที่ทุกๆอุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ ค่าความสว่าง  $L^*$  จะลดลงเมื่อจำนวนรูของฟิล์มเพิ่มขึ้น โดยฟิล์ม อะโนดิสต์ที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 16°C (รูปที่ 4-7) ที่มีจำนวนรู 3,647 ถึง 4,938 รูต่อตาราง มิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 32.08 ถึง 22.39 ฟิล์มอะโนดิสต์ที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 18°C (รูปที่ 4-8) ที่มีจำนวนรู 3,592 ถึง 4,712 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 40.28 ถึง 24.73 ฟิล์มอะโนดิสต์ที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 20°C (รูปที่ 4-9) ที่มีจำนวนรู 3,882 ถึง 5,926 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 39.08 ถึง 24.55 ฟิล์มอะโนดิสต์ที่ได้จาก อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 22°C (รูปที่ 4-10) ที่มีจำนวนรู 4,564 ถึง 5,270 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่า ความสว่างอยู่ในช่วง 36.82 ถึง 29.41 ผลของจำนวนรูต่อค่าพิคัดสี  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิสต์ในชั้นงาน ที่ถูกอะโนดิสต์ที่อุณหภูมิ 20°C แสดงในรูปที่ 4-11 จากรูปพบว่า ค่าพิคัดสี  $a^*$  ของแต่ละจำนวนรูมี ค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์อื่นๆจะให้ผล เช่นเดียวกัน โดยที่อุณหภูมิ 16°C, 18°C, 20°C และ 22°C มีค่าพิคัดสี  $a^*$  ประมาณ 2.91, 3.42, 2.93 และ 3.18 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิคัดสี  $a^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลง

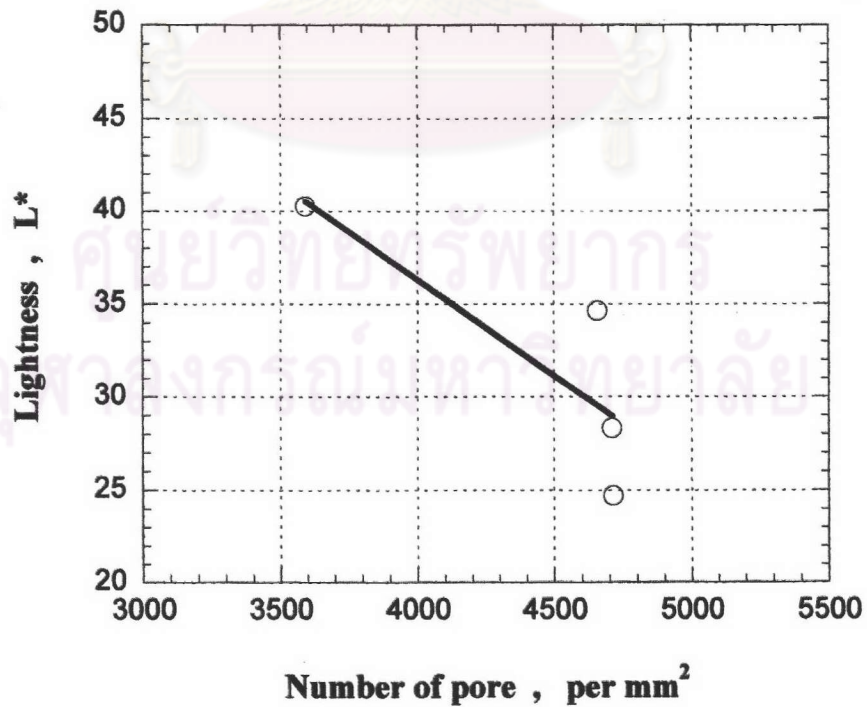
จำนวนรูของฟิล์มฯ นอกจากนั้น ผลของจำนวนรูต่อค่าพิกต์ดี  $b^*$  มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าพิกต์ดี  $a^*$  รูปที่ 4-12 แสดงผลจำนวนรูต่อค่าพิกต์ดี  $b^*$  ของฟิล์มฯที่อะโนไดส์ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  จากรูปพบว่า ค่าพิกต์ดี  $b^*$  ของแต่ละจำนวนรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์อื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยที่อุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  และ  $22^{\circ}\text{C}$  มีค่าพิกต์ดี  $b^*$  ประมาณ 11.97, 13.92, 12.89 และ 13.08 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกต์ดี  $b^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูของฟิล์มฯ

ผลของจำนวนรูต่อค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิกที่ถูกอะโนไดส์ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V แสดงในรูปที่ 4-13 จากรูปพบว่า ค่าความสว่าง  $L^*$  มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อจำนวนรูเพิ่มขึ้น และที่แรงดันไฟฟ้าอื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 14 V ที่มีจำนวนรู 4,712 ถึง 5,926 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 22.39 ถึง 29.41 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 15 V ที่มีจำนวนรู 4,613 ถึง 4,784 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 24.09 ถึง 31.95 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 16 V ที่มีจำนวนรู 4,237 ถึง 4,655 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 28.65 ถึง 34.67 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 17 V ที่มีจำนวนรู 3,592 ถึง 4,564 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 32.08 ถึง 40.28 ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง  $L^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูของฟิล์มฯ ผลของจำนวนรูต่อค่าพิกต์ดี  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงานที่ถูกอะโนไดส์ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V แสดงในรูปที่ 4-14 จากรูปพบว่า ค่าพิกต์ดี  $a^*$  ของแต่ละจำนวนรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่แรงดันไฟฟ้าอื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V, 15 V, 16 V และ 17 V มีค่าพิกต์ดี  $a^*$  ประมาณ 3.28, 3.43, 2.94 และ 2.79 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกต์ดี  $a^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูของฟิล์มฯ นอกจากนั้น ผลของจำนวนรูต่อค่าพิกต์ดี  $b^*$  มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าพิกต์ดี  $a^*$  รูปที่ 4-15 แสดงผลจำนวนรูต่อค่าพิกต์ดี  $b^*$  ของฟิล์มฯที่อะโนไดส์ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V จากรูปพบว่า ค่าพิกต์ดี  $b^*$  ของแต่ละจำนวนรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่แรงดันไฟฟ้าอื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V, 15 V, 16 V และ 17 V มีค่าพิกต์ดี  $b^*$  ประมาณ 11.50, 13.06, 13.10 และ 14.19 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกต์ดี  $b^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูของฟิล์มฯ

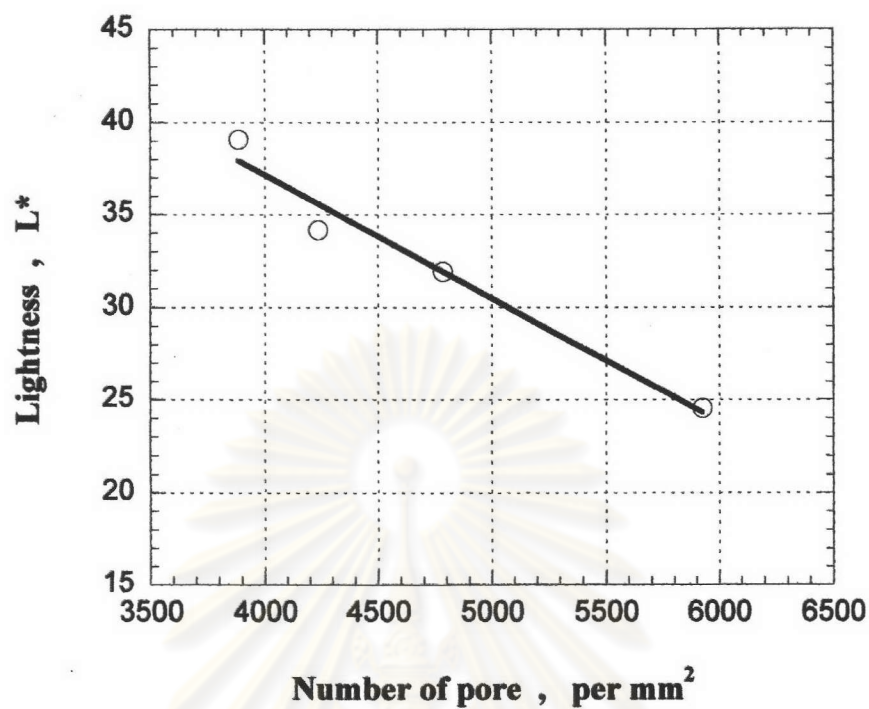




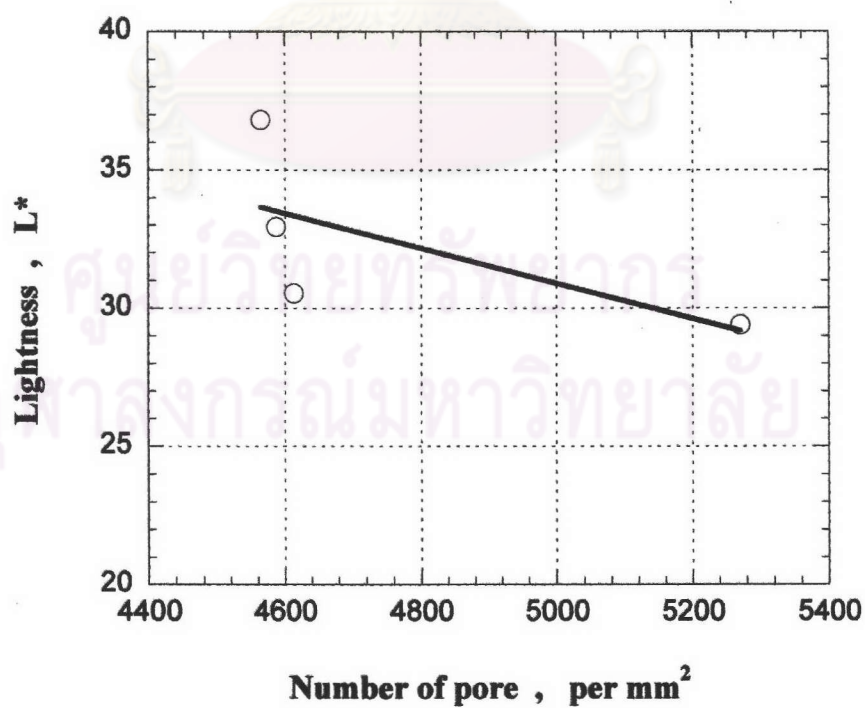
รูปที่ 4-7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ 16°C



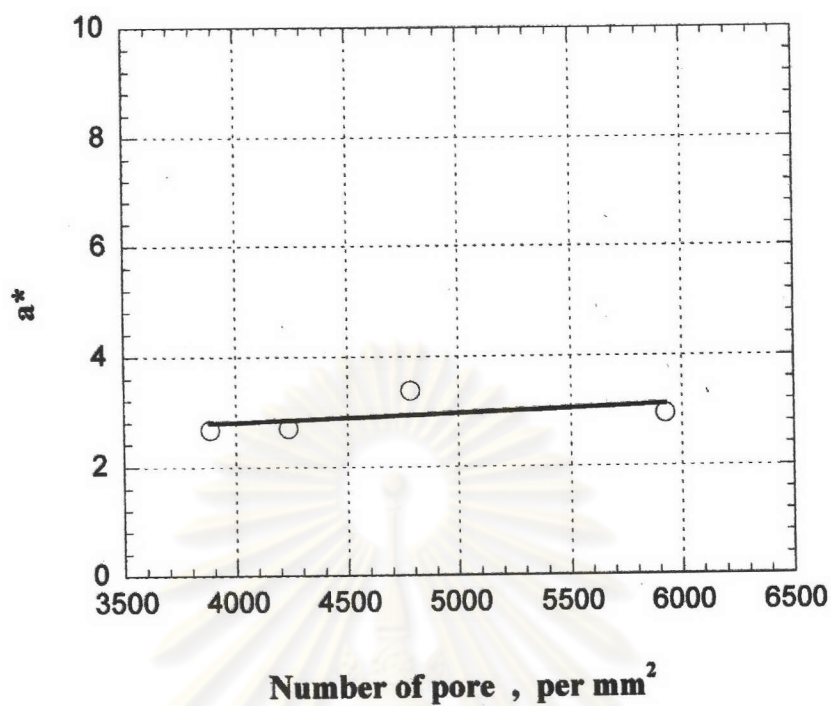
รูปที่ 4-8 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ 18°C



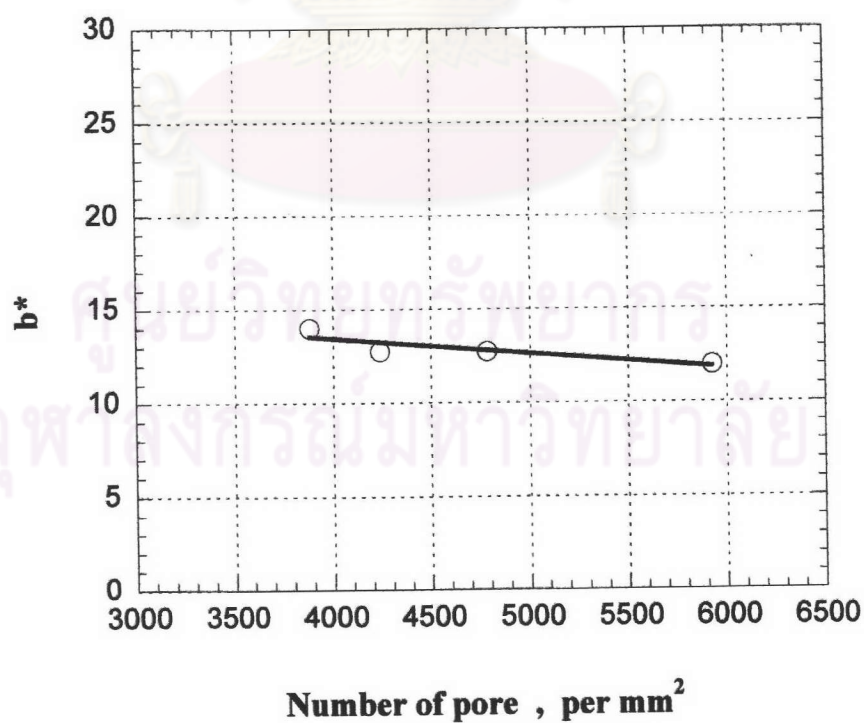
รูปที่ 4-9 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ 20°C



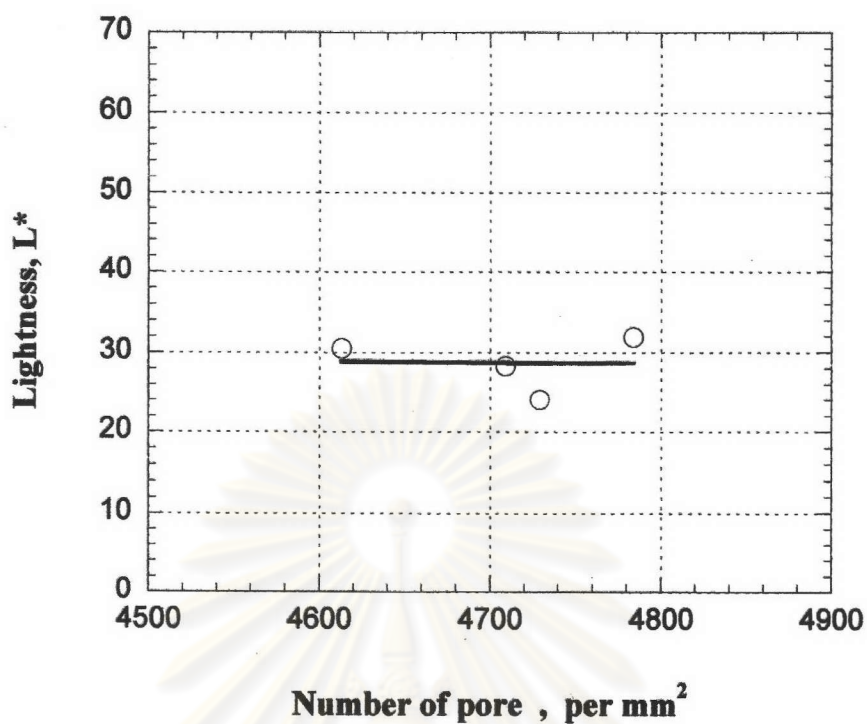
รูปที่ 4-10 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ 22°C



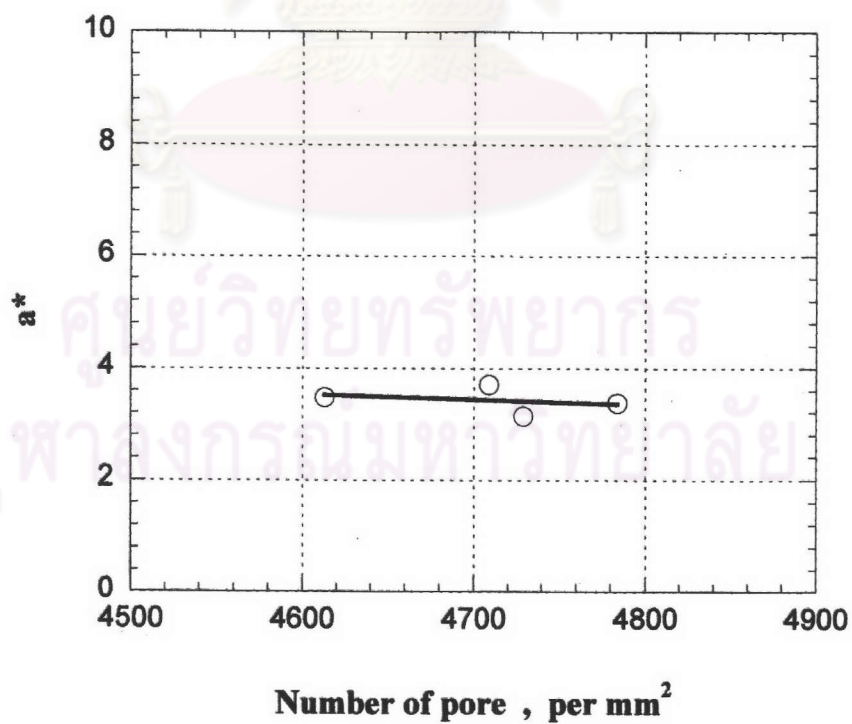
รูปที่ 4-11 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าพิกัดสี  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงานที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 20°C



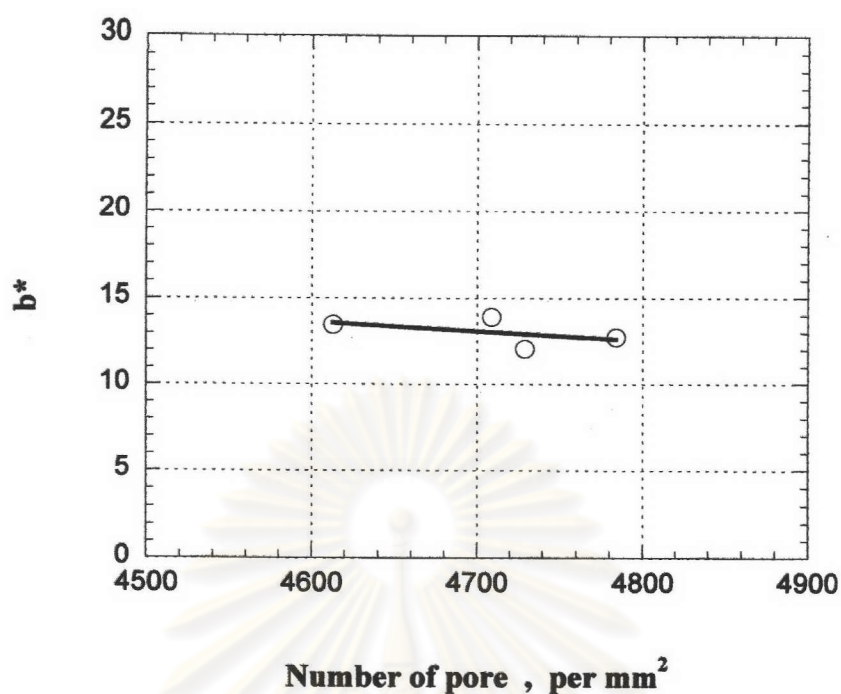
รูปที่ 4-12 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าพิกัดสี  $b^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงานที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 20°C



รูปที่ 4-13 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์



รูปที่ 4-14 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าพิกัดสี a\* ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์

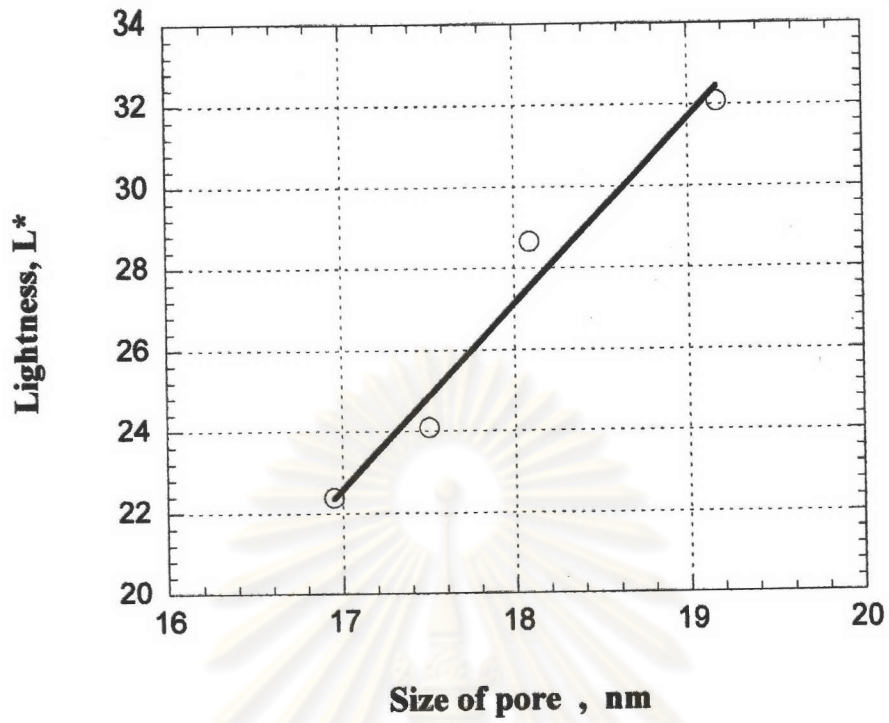


รูปที่ 4-15 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูกับค่าพิกัดสี  $b^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงานที่อะโนไดส์ ณ แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์

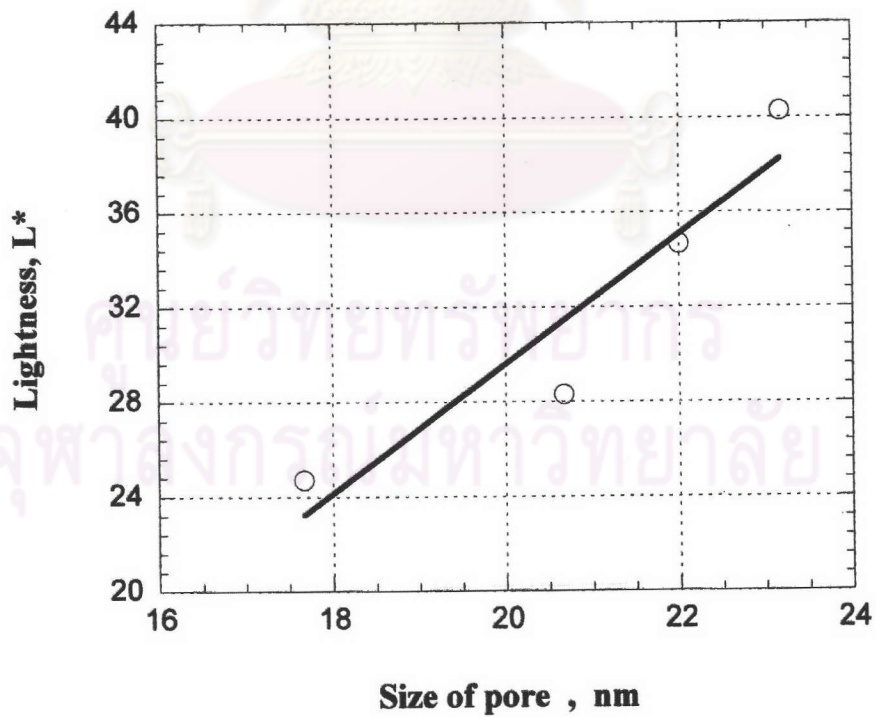
ผลของขนาดรูต่อค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงานที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์  $16^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  และ  $22^{\circ}\text{C}$  แสดงในรูปที่ 4-16 ถึง 4-19 ตามลำดับ จากรูปพบว่าที่ทุกๆอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ ค่าความสว่าง  $L^*$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดรูของฟิล์มฯเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์  $16^{\circ}\text{C}$  (รูปที่ 4-16) ที่มีขนาดรู 16.95 ถึง 19.17 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 22.39 ถึง 32.08 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์  $18^{\circ}\text{C}$  (รูปที่ 4-17) ที่มีขนาดรู 17.67 ถึง 23.17 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 24.73 ถึง 40.28 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์  $20^{\circ}\text{C}$  (รูปที่ 4-18) ที่มีขนาดรู 18.50 ถึง 23.86 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 24.55 ถึง 39.08 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์  $22^{\circ}\text{C}$  (รูปที่ 4-19) ที่มีขนาดรู 21.34 ถึง 25.67 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 29.41 ถึง 36.82 ผลของขนาดรูต่อค่าพิกัดสี  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงานที่ถูอะโนไดส์ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  แสดงในรูปที่ 4-20 จากรูปพบว่า ค่าพิกัดสี  $a^*$  ของแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์อื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยที่อุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  และ  $22^{\circ}\text{C}$  มีค่าพิกัดสี  $a^*$  ประมาณ 2.91, 3.42, 2.93 และ 3.18 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $a^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์มฯ นอกจากนั้นผลของขนาดรูต่อค่าพิกัดสี  $b^*$  มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าพิกัดสี  $a^*$  รูปที่ 4-21 แสดงผลขนาดรูต่อค่าพิกัดสี  $b^*$  ของฟิล์มฯที่อะโนไดส์ที่อุณหภูมิ  $20^{\circ}\text{C}$  จากรูปพบว่า ค่าพิกัดสี  $b^*$  ของแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่อุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์อื่นๆจะให้ผล

เช่นเดียวกัน โดยที่อุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  และ  $22^{\circ}\text{C}$  มีค่าพิกัดสี  $b^*$  ประมาณ 11.97, 13.92, 12.89 และ 13.08 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $b^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์มฯ

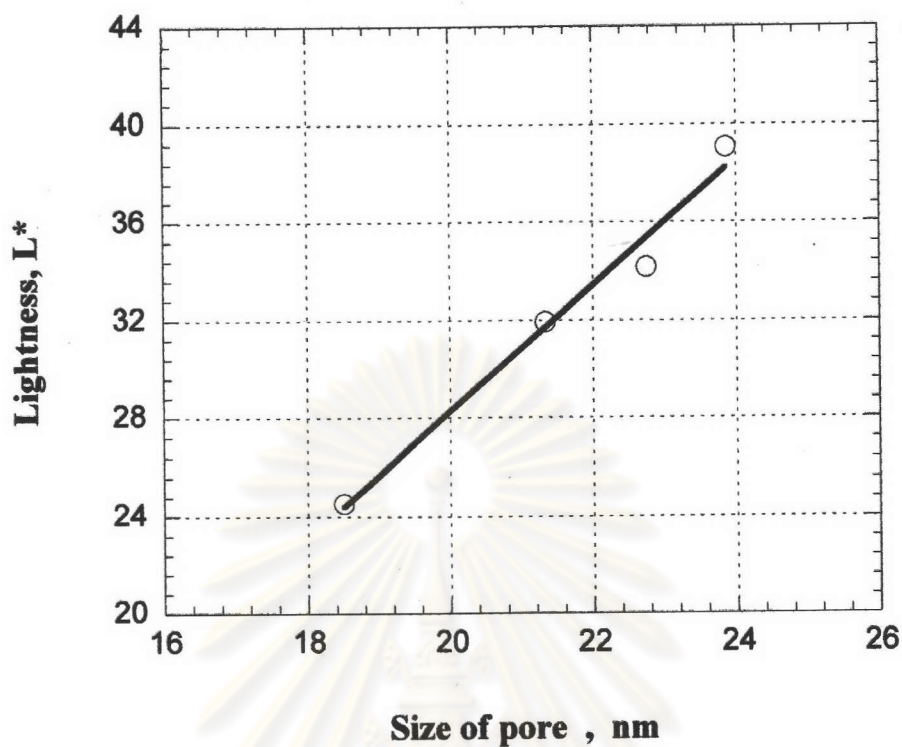
ผลของขนาดรูต่อค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิกที่ถูกอะโนไดส์ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V แสดงในรูปที่ 4-22 จากรูปพบว่า ค่าความสว่าง  $L^*$  มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อขนาดรูเพิ่มขึ้น และที่แรงดันไฟฟ้าอื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 14 V ที่มีขนาดรู 16.95 ถึง 21.34 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 22.39 ถึง 29.41 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 15 V ที่มีขนาดรู 17.50 ถึง 23.08 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 24.09 ถึง 31.95 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 16 V ที่มีขนาดรู 18.09 ถึง 24.72 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 28.65 ถึง 34.67 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 17 V ที่มีขนาดรู 19.17 ถึง 25.67 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 32.08 ถึง 40.28 ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง  $L^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์มฯ ผลของขนาดรูต่อค่าพิกัดสี  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชิ้นงานที่ถูกอะโนไดส์ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V แสดงในรูปที่ 4-23 จากรูปพบว่า ค่าพิกัดสี  $a^*$  ของแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่แรงดันไฟฟ้าอื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V, 15 V, 16 V และ 17 V มีค่าพิกัดสี  $a^*$  ประมาณ 3.28, 3.43, 2.94 และ 2.79 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $a^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์มฯ นอกจากนี้ ผลของขนาดรูต่อค่าพิกัดสี  $b^*$  มีลักษณะเช่นเดียวกับค่าพิกัดสี  $a^*$  รูปที่ 4-24 แสดงผลขนาดรูต่อค่าพิกัดสี  $b^*$  ของฟิล์มฯที่อะโนไดส์ที่แรงดันไฟฟ้า 15 V จากรูปพบว่า ค่าพิกัดสี  $b^*$  ของแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ และที่แรงดันไฟฟ้าอื่นๆจะให้ผลเช่นเดียวกัน โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V, 15 V, 16 V และ 17 V มีค่าพิกัดสี  $b^*$  ประมาณ 11.50, 13.06, 13.10 และ 14.19 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $b^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์มฯ



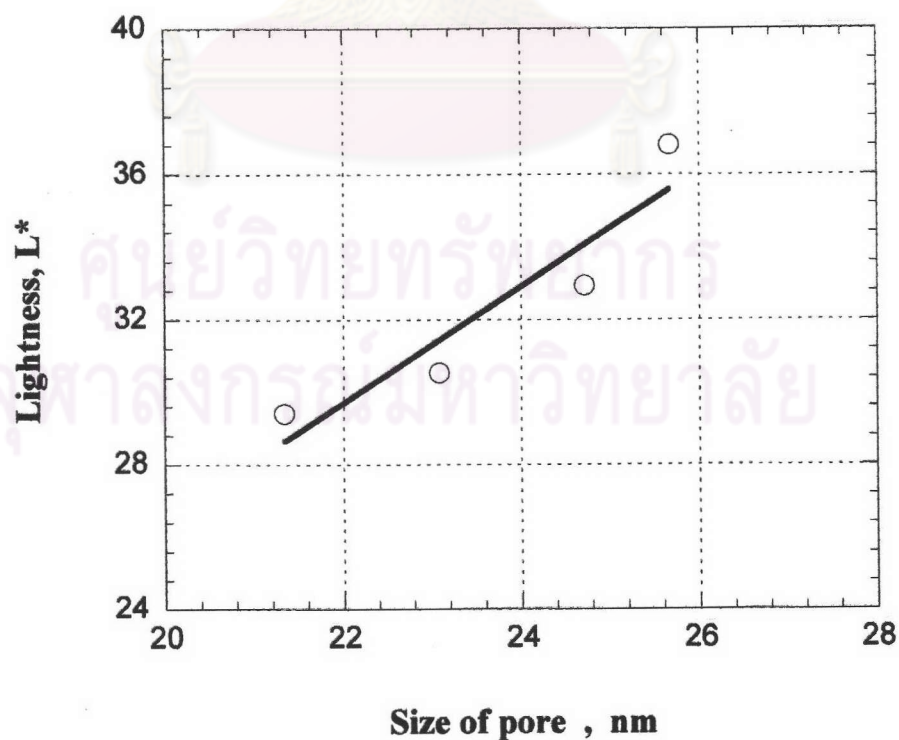
รูปที่ 4-16 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์  $16^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 4-17 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์  $18^{\circ}\text{C}$

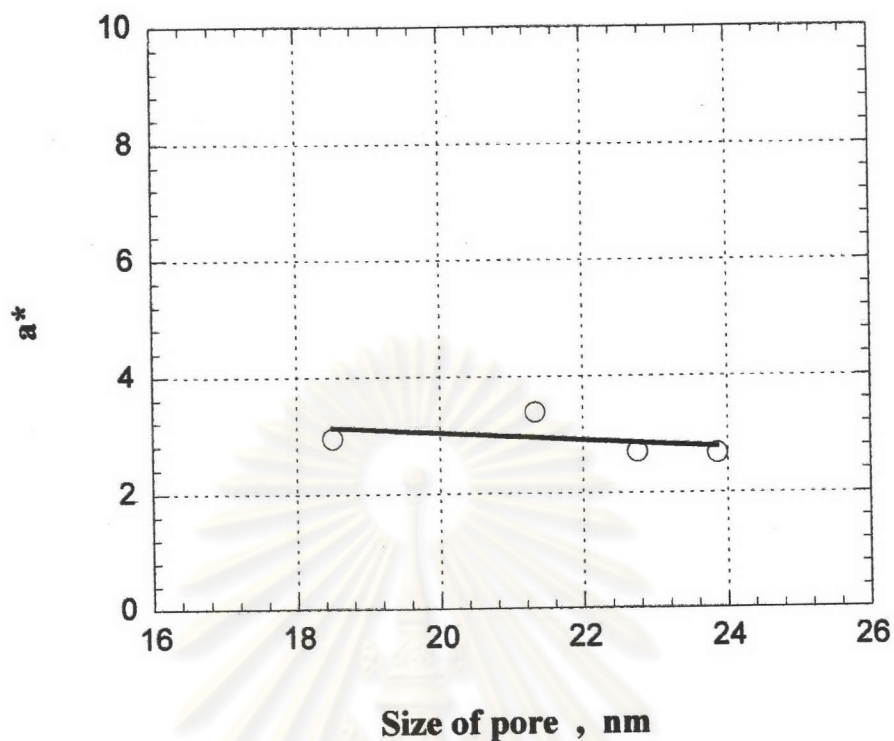


รูปที่ 4-18 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 20°C

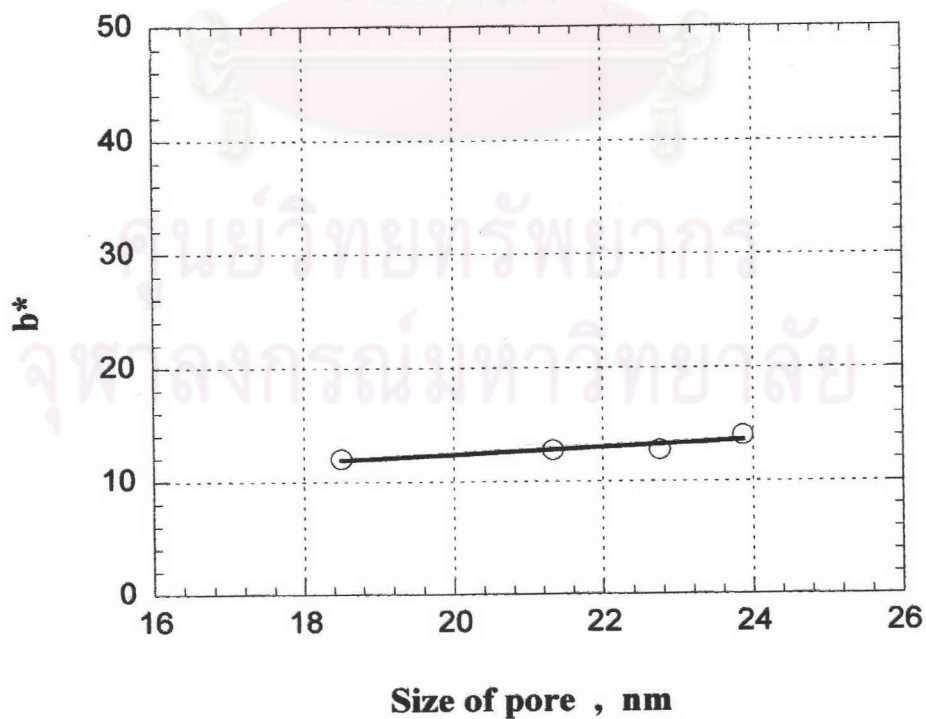


รูปที่ 4-19 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าความสว่าง L\* ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์ 22°C

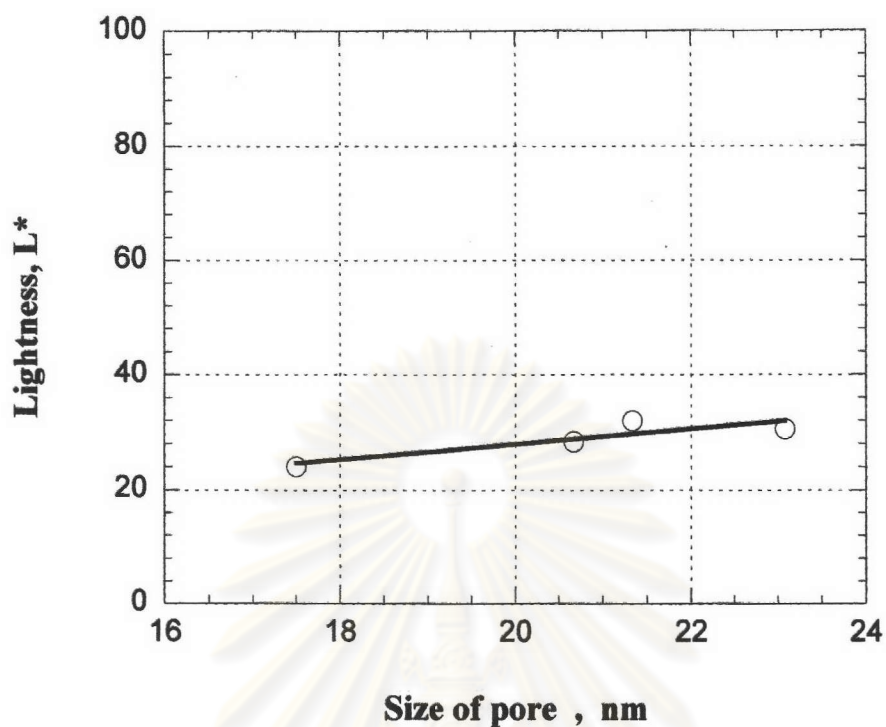




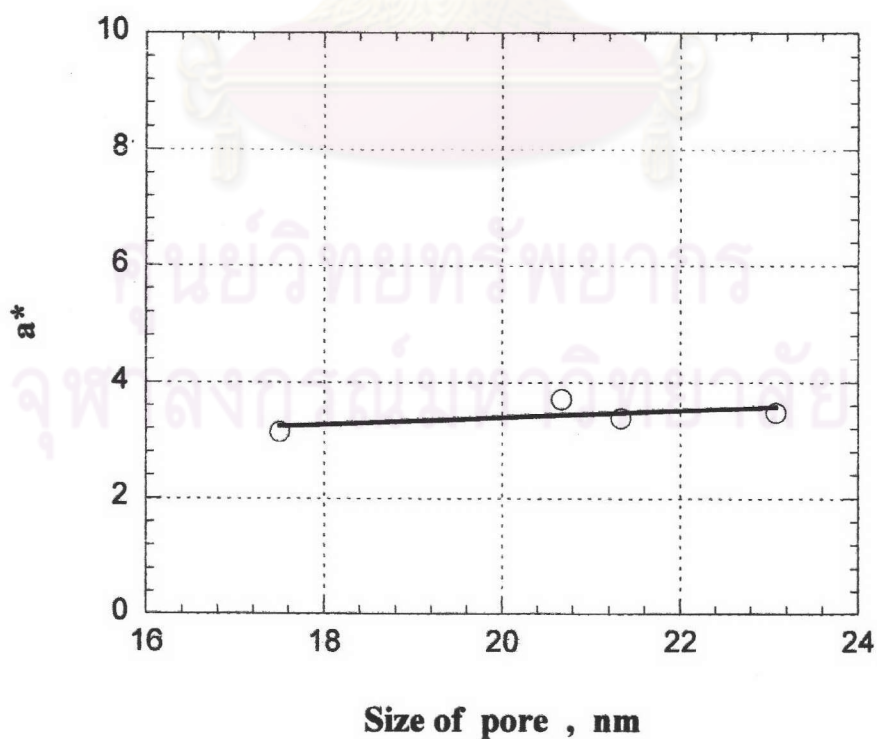
รูปที่ 4-20 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าพิกัดสี่  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงานที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์  $20^{\circ}\text{C}$



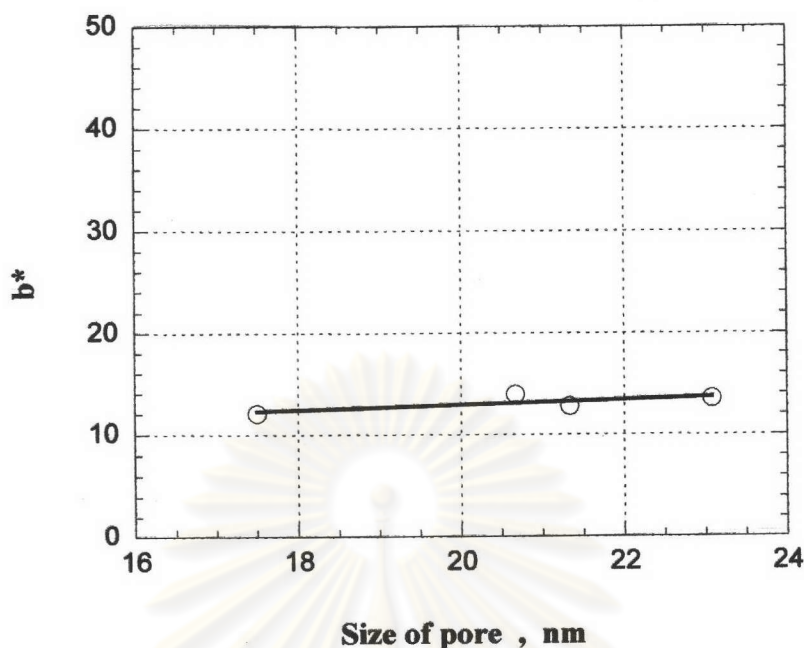
รูปที่ 4-21 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าพิกัดสี่  $b^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงานที่อะโนไดส์ ณ อุณหภูมิอิเล็กโตรไลต์  $20^{\circ}\text{C}$



รูปที่ 4-22 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าความสว่าง  $L^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์



รูปที่ 4-23 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าพิกัดสี  $a^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนไดส์ ณ แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์



รูปที่ 4-24 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดรูกับค่าพิกัดสี  $b^*$  ของฟิล์มอะโนดิกในชั้นงาน  
ที่อะโนดิส์ ณ แรงดันไฟฟ้า 15 โวลต์

การเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดของฟิล์มอะโนดิกมีผลต่อค่าสีของชั้นงาน โดยในกรณีการอะโนดิส์ที่แต่ละอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ พบว่าที่ทุกๆอุณหภูมิเล็กโตรไลต์ ค่าความสว่าง  $L^*$  จะลดลงเมื่อจำนวนรูของฟิล์มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความสว่าง  $L^*$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดรูของฟิล์มเพิ่มขึ้น ซึ่งหากนำข้อมูลจากตารางที่ 4-1 และ 4-2 มาเปรียบเทียบระหว่างจำนวนรู ขนาดรู ระยะห่างระหว่างรูของฟิล์ม กับค่าความสว่าง  $L^*$  ดังตัวอย่างการอะโนดิส์ที่อุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$  แรงดันไฟฟ้า 15 V และที่อุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$  แรงดันไฟฟ้า 16 V จะพบว่าการอะโนดิส์ที่อุณหภูมิ  $22^{\circ}\text{C}$  แรงดันไฟฟ้า 15 V จะให้ฟิล์มที่มีจำนวนรู 4,613 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีขนาดรู 23.08 นาโนเมตร มีระยะห่างระหว่างรู 20 นาโนเมตร และมีค่าความสว่าง 30.54 เมื่อแรงดันไฟฟ้าของการอะโนดิส์เพิ่มขึ้นเป็น 16 V ฟิล์มที่ได้จะมีจำนวนรูลดลงเป็น 4,587 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีขนาดรูเพิ่มขึ้นเป็น 24.72 นาโนเมตร มีระยะห่างระหว่างรูเพิ่มขึ้นเป็น 23.33 นาโนเมตร และมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเป็น 32.94 ซึ่งสาเหตุที่ฟิล์มมีความสว่างเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดรูเพิ่มขึ้น แต่กลับมีความสว่างลดลงเมื่อจำนวนรูเพิ่มขึ้น เพราะสีของฟิล์มอะโนดิกเกิดมาจากอนุภาคสีเข้าไปอยู่ภายในรูและทำให้เกิดการกระจายของแสง (Göhausen และ Puderbach, 1983) ถึงแม้ว่าฟิล์มจะมีขนาดรูใหญ่ แต่ก็มีระยะห่างระหว่างรูมากหรือมีขนาดเซลล์ใหญ่ และมีจำนวนรูต่อพื้นที่ลดลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (Wernick และ Pinner 4 th ed., 1972) ซึ่งหากพิจารณาที่ขนาดพื้นที่ฟิล์มเท่ากัน กรณีฟิล์มที่มีขนาดรูและขนาดเซลล์เล็กกว่าแต่มีจำนวนรูต่อพื้นที่มากกว่า จะมีอนุภาคสีอยู่ในรูในปริมาณมากกว่า ดังนั้นฟิล์มดังกล่าวจะมีความสว่างน้อยกว่าหรือมีสีเข้มกว่า

กรณีฟิล์มที่มีขนาดรูและขนาดเซลล์ใหญ่แต่มีจำนวนรูต่อพื้นที่น้อย ในกรณีการอะโนไดส์ที่แต่ละแรงดันไฟฟ้า พบว่า ค่าความสว่าง  $L^*$  มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อจำนวนรูเพิ่มขึ้น รวมทั้งเมื่อขนาดรูเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง  $L^*$  จึงไม่ขึ้นกับทั้งการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์มฯ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงทั้งค่าพิกัดสี  $a^*$  และ  $b^*$  ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดรูของฟิล์มอะโนไดค

#### 4.4 อิทธิพลของแรงดันไฟฟ้าต่อค่าสี

จากการกล่าวถึง อิทธิพลของแรงดันไฟฟ้าต่อลักษณะฟิล์มอะโนไดค และอิทธิพลของลักษณะฟิล์มอะโนไดคต่อค่าสี พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้ามีผลต่อค่าสีของฟิล์มฯ โดยจากรูปที่ 4-4 และ 4-5 พบว่า ฟิล์มอะโนไดคจะมีจำนวนรูลดลงและมีขนาดรูเพิ่มขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าของการอะโนไดส์เพิ่มขึ้น และจากรูปที่ 4-7 ถึง 4-12 และ รูปที่ 4-16 ถึง 4-21 พบว่า ที่ทุกๆอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ ค่าความสว่าง  $L^*$  จะลดลงเมื่อจำนวนรูของฟิล์มฯเพิ่มขึ้น และค่าความสว่าง  $L^*$  จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดรูของฟิล์มฯเพิ่มขึ้น ค่าพิกัดสี  $a^*$  ของแต่ละจำนวนรูและแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ โดยที่อุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  และ  $22^{\circ}\text{C}$  มีค่าพิกัดสี  $a^*$  ประมาณ 2.91, 3.42, 2.93 และ 3.18 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $a^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดรูของฟิล์มฯ ค่าพิกัดสี  $b^*$  ของแต่ละจำนวนรูและแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ โดยที่อุณหภูมิ  $16^{\circ}\text{C}$ ,  $18^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  และ  $22^{\circ}\text{C}$  มีค่าพิกัดสี  $b^*$  ประมาณ 11.97, 13.92, 12.89 และ 13.08 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $b^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดรูของฟิล์มฯ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง  $L^*$  มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของชิ้นงานมากกว่าเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $a^*$  และ  $b^*$  โดยค่าความสว่าง  $L^*$  จะเพิ่มขึ้นหรือฟิล์มมีสีอ่อนลงเมื่อแรงดันไฟฟ้าของการอะโนไดส์เพิ่มขึ้น เพราะฟิล์มอะโนไดค มีขนาดรูเพิ่มขึ้น และมีระยะห่างระหว่างรูเพิ่มขึ้น จึงมีจำนวนรูต่อพื้นที่ลดลง ทำให้มีอนุภาคสีเข้าอยู่ภายในรูในปริมาณน้อย

#### 4.5 อิทธิพลของอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ต่อค่าสี

จากการกล่าวถึง อิทธิพลของอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ต่อลักษณะฟิล์มอะโนไดค และอิทธิพลของลักษณะฟิล์มอะโนไดคต่อค่าสี จากรูปที่ 4-4 และ 4-5 พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงขนาดรูของฟิล์ม โดยเมื่ออุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น ฟิล์มฯ จะมีรูขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ จำนวนรูของแต่ละอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ยังเรียงลำดับแตกต่างกันในแต่ละแรงดันไฟฟ้า แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูของฟิล์มฯไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอิเล็กโทรไลต์ และจากรูปที่ 4-13 ถึง 4-15 และ รูปที่ 4-22 ถึง 4-24 พบว่า ที่ทุกๆ

แรงดันไฟฟ้า ค่าความสว่าง  $L^*$  มีค่าใกล้เคียงกันเมื่อจำนวนรูและขนาดรูเพิ่มขึ้น โดยฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 14 V ที่มีจำนวนรู 4,712 ถึง 5,926 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีขนาดรู 16.95 ถึง 21.34 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 22.39 ถึง 29.41 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 15 V ที่มีจำนวนรู 4,613 ถึง 4,784 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีขนาดรู 17.50 ถึง 23.08 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 24.09 ถึง 31.95 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 16 V ที่มีจำนวนรู 4,237 ถึง 4,655 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีขนาดรู 18.09 ถึง 24.72 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 28.65 ถึง 34.67 ฟิล์มอะโนดิกที่ได้จากแรงดันไฟฟ้า 17 V ที่มีจำนวนรู 3,592 ถึง 4,564 รูต่อตารางมิลลิเมตร มีขนาดรู 19.17 ถึง 25.67 นาโนเมตร มีค่าความสว่างอยู่ในช่วง 32.08 ถึง 40.28 ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง  $L^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดรูของฟิล์มฯ ค่าพิกัดสี  $a^*$  ของแต่ละจำนวนรูและแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V, 15 V, 16 V และ 17 V มีค่าพิกัดสี  $a^*$  ประมาณ 3.28, 3.43, 2.94 และ 2.79 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $a^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดรูของฟิล์มฯ ค่าพิกัดสี  $b^*$  ของแต่ละจำนวนรูและแต่ละขนาดรูมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยจนอาจกล่าวได้ว่ามีค่าคงที่ โดยที่แรงดันไฟฟ้า 14 V, 15 V, 16 V และ 17 V มีค่าพิกัดสี  $b^*$  ประมาณ 11.50, 13.06, 13.10 และ 14.19 ตามลำดับ ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงค่าพิกัดสี  $b^*$  จึงไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงจำนวนรูและขนาดรูของฟิล์มฯ ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าสี ทั้งค่าความสว่าง  $L^*$  ค่าพิกัดสี  $a^*$  และค่าพิกัดสี  $b^*$  จะไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเล็กโตรไลต์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย