

บทที่ 4

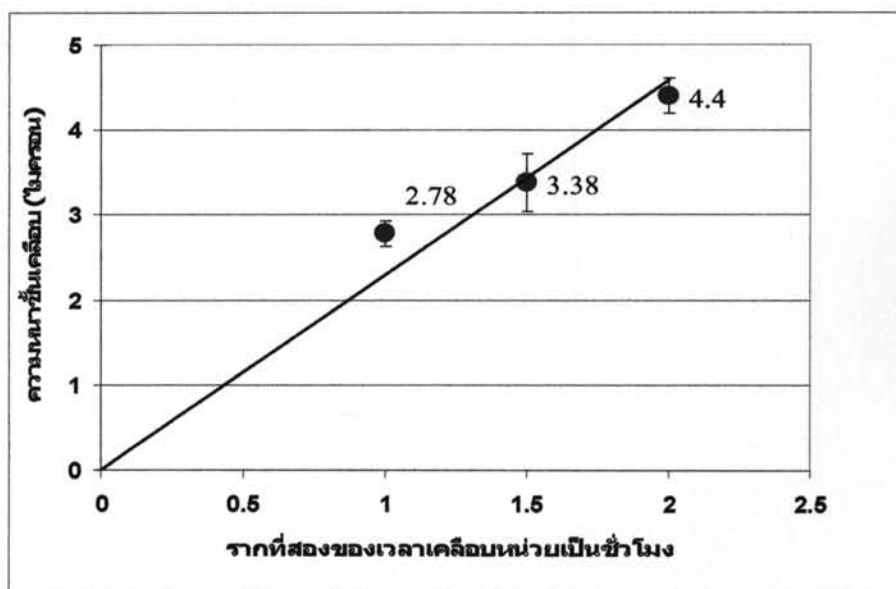
ผลการทดลองและการอภิปราย

4.1 ผลของการใช้วานาเดียมเพนทอกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักกับ B_4C ที่แปรผันปริมาณ 4, 5 และ 6.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

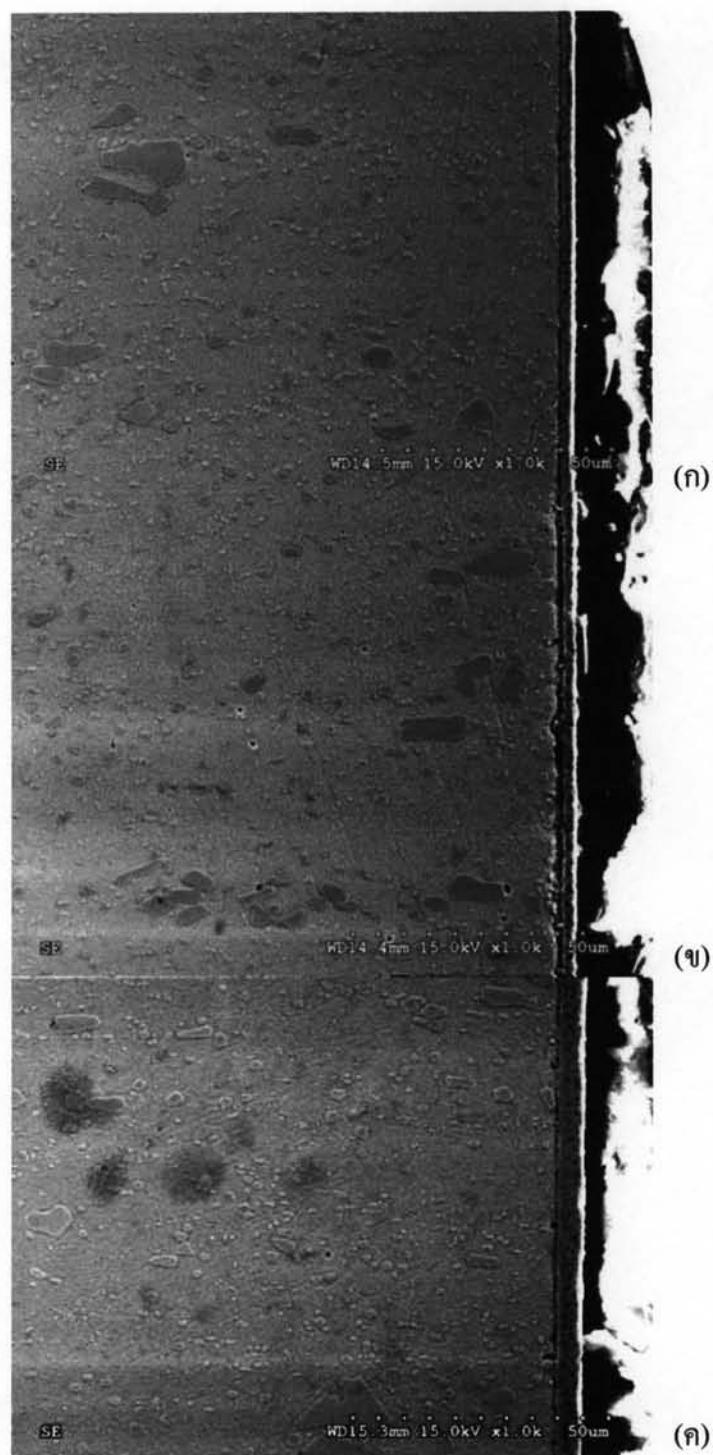
การเคลือบผิวบนชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือ DC53 โดยใช้วานาเดียมเพนทอกไซด์ เป็นสารให้ธาตุวานาเดียมกับโบรอนคาร์ไบด์ในฐานะตัวรีดิวซ์ที่อุณหภูมิ $1000^{\circ}C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมงถึง 4 ชั่วโมง โดยแปรผันปริมาณตัวรีดิวซ์ 4 - 6.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

4.1.1 โบรอนคาร์ไบด์ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่ได้หนาเพิ่มขึ้นตามเวลาเคลือบที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง 15 นาที และ 4 ชั่วโมง จะให้ความหนา 2.77, 3.38 และ 4.7 ไมครอนตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ชั้นเคลือบจะมีความหนาเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแพร่ซึมของธาตุคาร์บอนในเนื้อชิ้นงานที่จะมารวมกับธาตุวานาเดียมในบอแรกซ์หลอมเหลวเกิดเป็นชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่บริเวณผิวของชิ้นงาน โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์แสดงในรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นความหนาชั้นเคลือบเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามรากที่สองของเวลาในการเคลือบผิว



รูปที่ 4.1 ความหนาชั้นเคลือบที่ได้จากการใช้ V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 4 wt% บนผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53

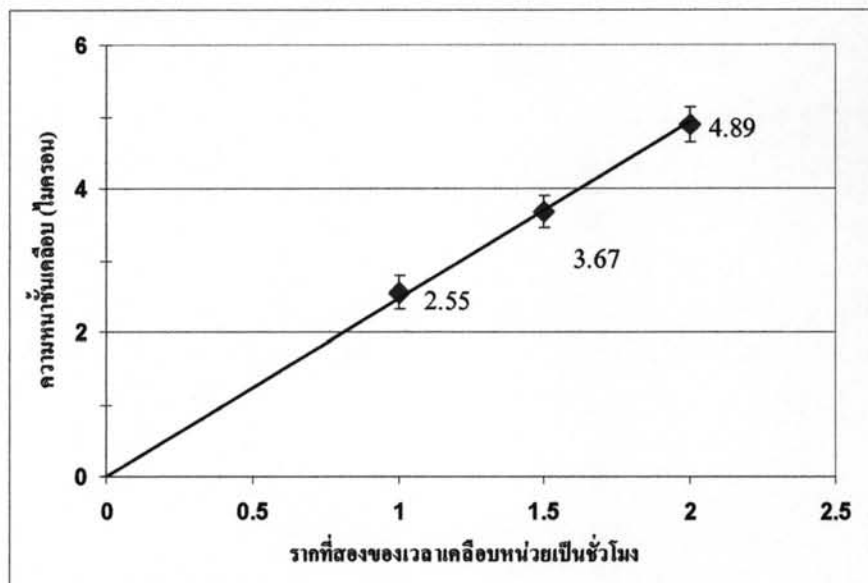


รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 เคลือบผิวที่อุณหภูมิ $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่เติม V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 4 wt% เป็นเวลา (ก) 1 ชม. (ข) 2 ชม. 15 นาที และ (ค) 4 ชม.

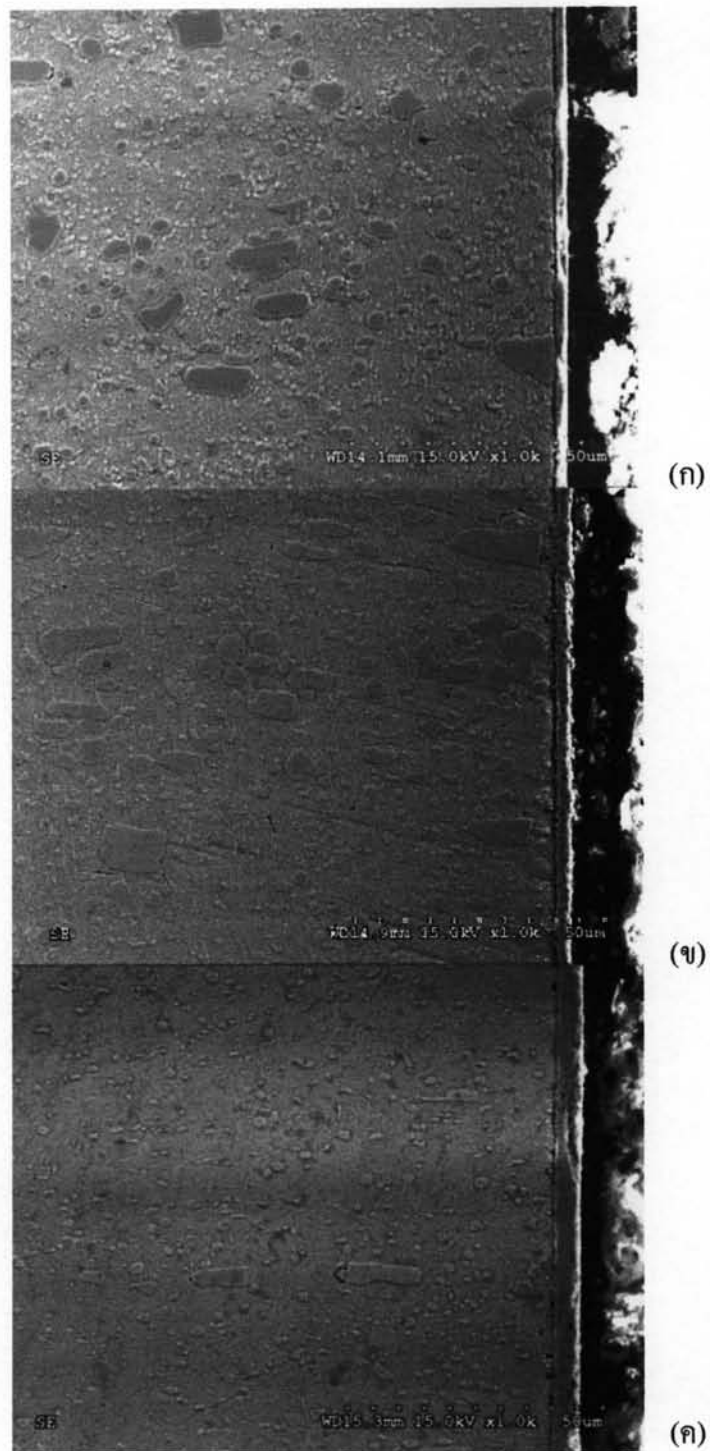
4.1.2 โบรอนคาร์ไบด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่ได้หนาเพิ่มขึ้นตามเวลาเคลือบที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง 15 นาทีและ 4 ชั่วโมง จะได้ความหนาที่ได้คือ 2.23, 3.67 และ 4.89 ไมครอน ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งชั้นเคลือบจะมีความหนาเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแพร่ซึมของธาตุคาร์บอนในเนื้อชิ้นงานที่มารวมกับธาตุวานาเดียมที่ละลายอยู่ในบอแรกซ์หลอมเหลวเกิดเป็นชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่บริเวณผิวของชิ้นงาน โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบแสดงในรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นความหนาชั้นเคลือบเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามรากที่สองของเวลาในการเคลือบผิว

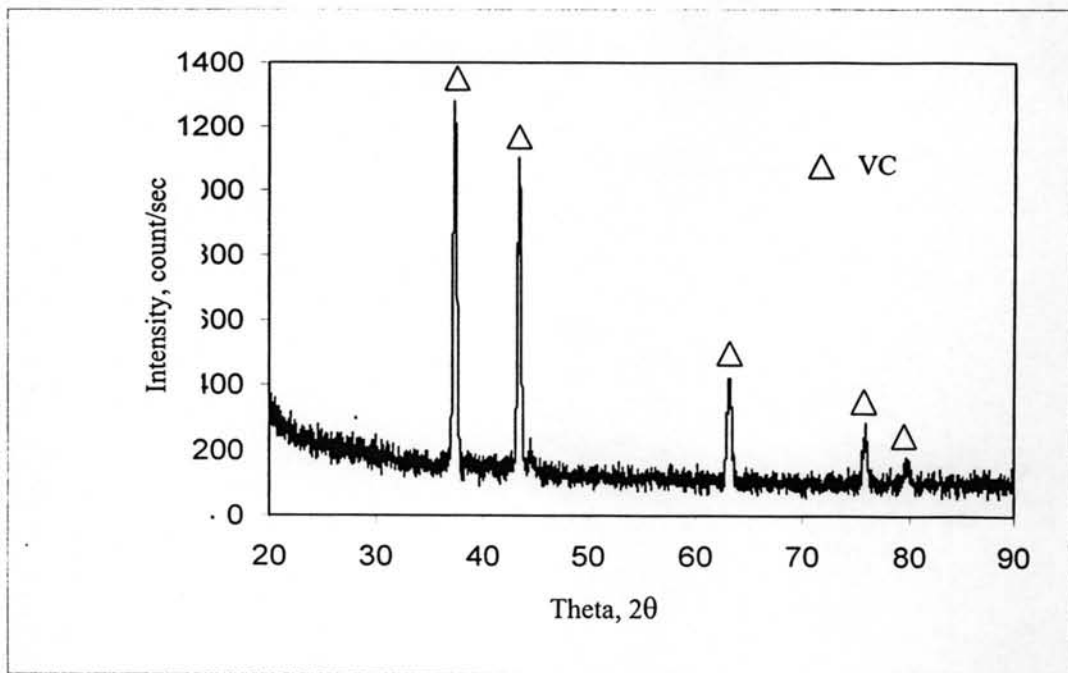
นอกจากนี้ เมื่อตรวจวิเคราะห์ผิวของชิ้นงานด้วย X-ray Diffractometer พบว่าเป็นฟิสิกของสารประกอบวานาเดียมคาร์ไบด์เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5 จะเห็นได้จากพีคที่แสดงใน diffraction pattern อย่างไรก็ตามในการตรวจสอบไม่พบฟิสิกของสารประกอบเหล็กบอไรด์แต่อย่างใด



รูปที่ 4.3 ความหนาชั้นเคลือบที่ได้จากการใช้ V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 5 wt% บนผิวชิ้นงาน เหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53



รูปที่ 4.4 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 เคลือบผิวที่อุณหภูมิ $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ที่เติม V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 5 wt% แสดงการเคลือบผิวที่เวลา (ก) 1 ชม. (ข) 2 ชม. 15 นาทีและ (ค) 4 ชม.

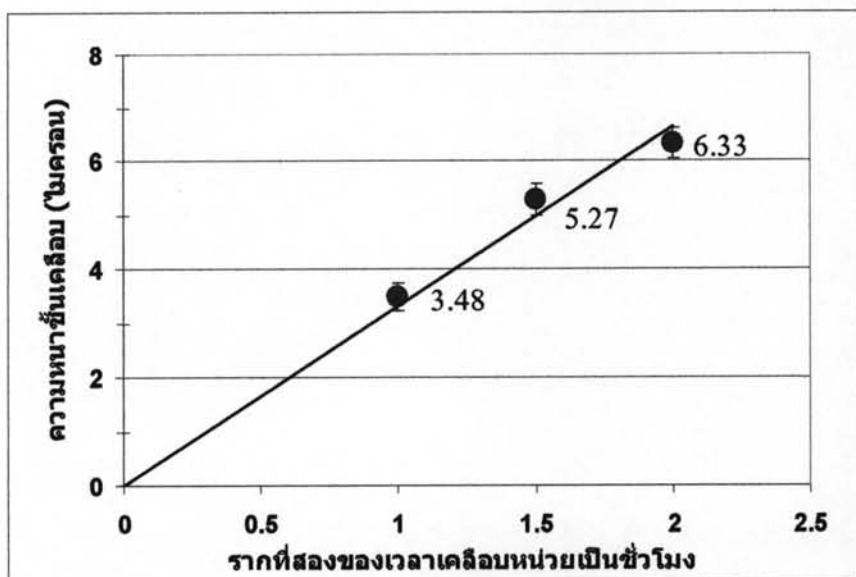


รูปที่ 4.5 ผลการตรวจวิเคราะห์สารประกอบด้วย X-ray Diffractometer บนผิวชิ้นงานเหล็กกล้า เครื่องมือทำงานเป็น DC53 ที่ได้จากการใช้ V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 5 wt% เคลือบผิวที่ $1000^{\circ}C$ นาน 4 ชม.

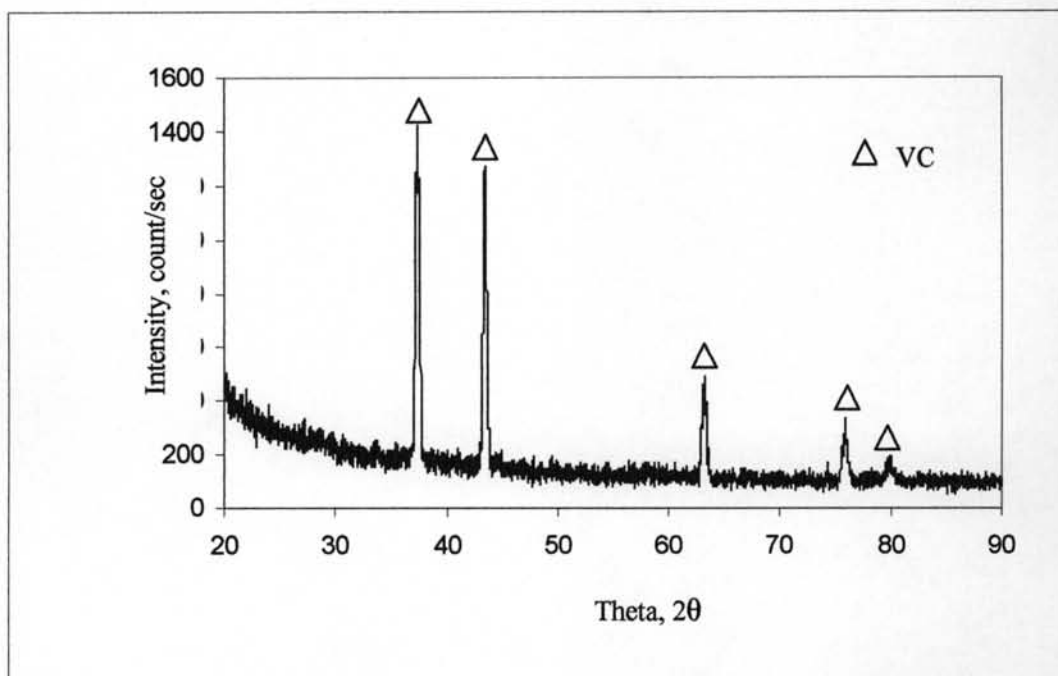
4.1.3 โบรอนคาร์ไบด์ 6.7 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก

ความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์จะหนาเพิ่มขึ้นตามเวลาเคลือบที่เพิ่มขึ้นจาก 1 ชั่วโมง, 2 ชั่วโมง 15 นาที และ 4 ชั่วโมง ความหนาที่ได้คือ 3.48, 5.27 และ 6.85 ไมครอนตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งชั้นเคลือบจะมีความหนาเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแพร่ซึมของธาตุคาร์บอน ในเนื้อชิ้นงานมารวมกับธาตุวานาเดียมที่ละลายอยู่ในบอแรกซ์หลอมเหลวเกิดเป็นชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่บริเวณผิวของชิ้นงาน โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบ ดังที่แสดงในรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นความหนาชั้นเคลือบเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามรากที่สองของเวลาในการเคลือบผิว

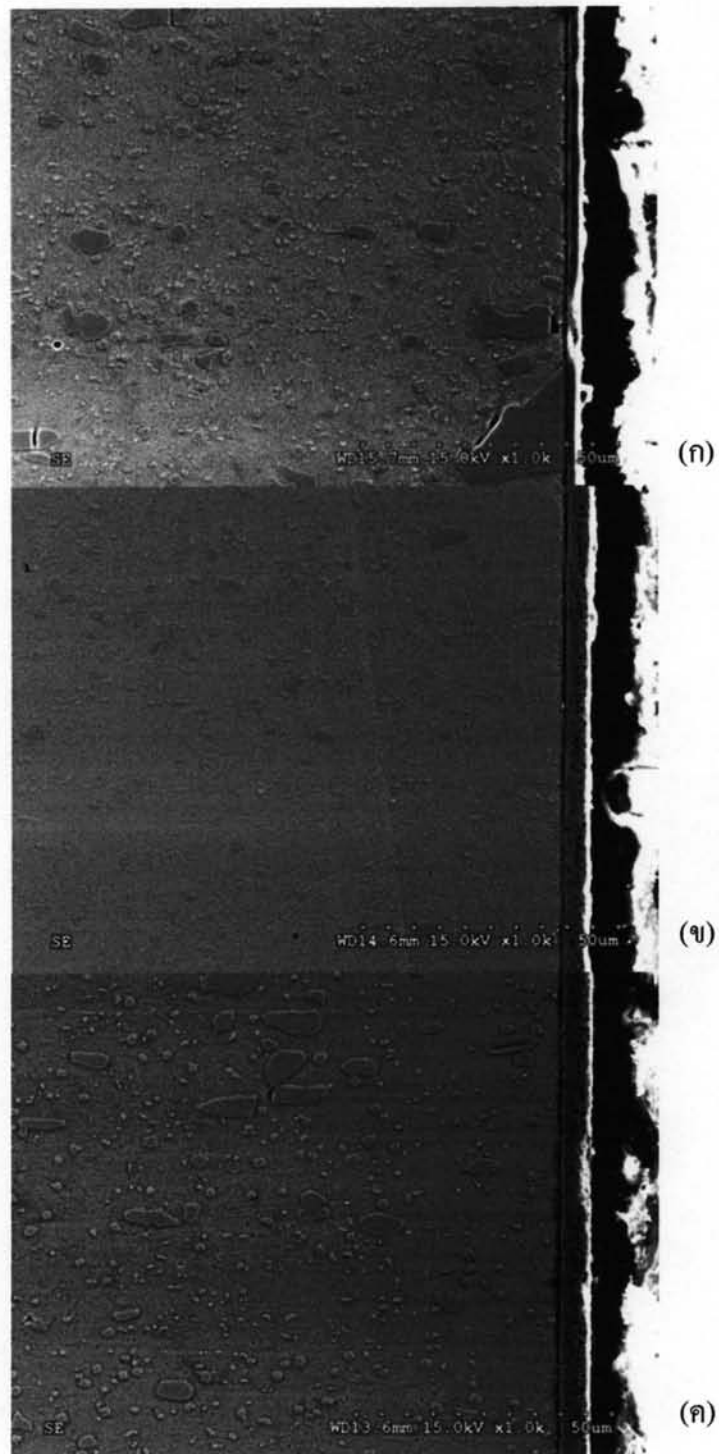
นอกจากนี้ เมื่อตรวจวิเคราะห์ ผิวของชิ้นงานด้วย X-ray Diffractometer พบว่า มีพีคของสารประกอบวานาเดียมคาร์ไบด์เท่านั้น ดังที่แสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งเห็นได้จากพีคที่แสดงใน diffraction pattern อย่างไรก็ดีตามในการตรวจสอบไม่พบพีคของสารประกอบเหล็กบอไรด์แต่อย่างใด



รูปที่ 4.6 ความหนาชั้นเคลือบที่ได้จากการใช้ V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 6.7 wt% บนผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53



รูปที่ 4.7 ผลการตรวจวิเคราะห์สารประกอบด้วย X-ray Diffractometer บนผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 ที่ได้จากการใช้ V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 6.7 wt% เคลือบผิวที่ $1000^{\circ}C$ นาน 4 ช.ม.



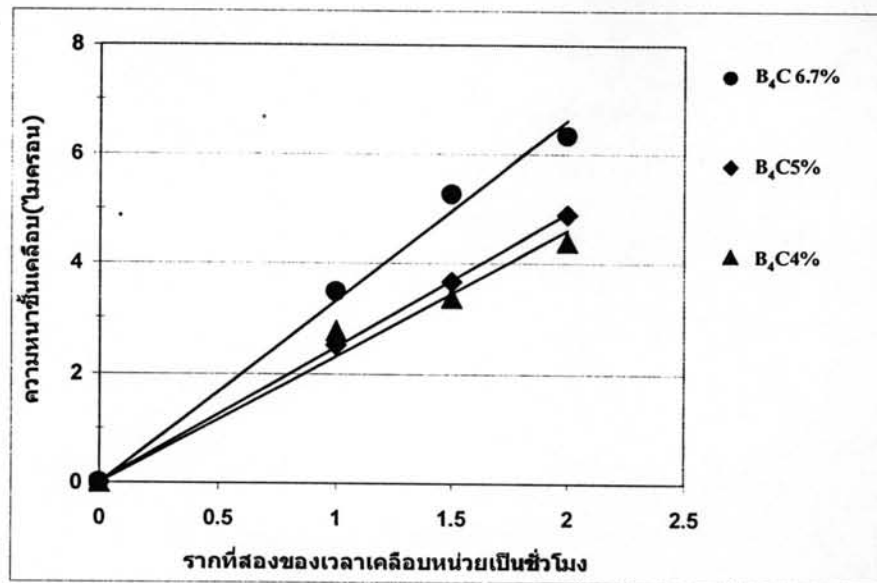
รูปที่ 4.8 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 เคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000°C ที่เติม V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 6.7 wt% แสดงการเคลือบผิวเป็นเวลา (ก) 1 ชม. (ข) 2 ชม. 15 นาที และ (ค) 4 ชม.

จากการผลการทดลองทั้งหมด พบว่าความหนาแน่นเคลือบวานเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จะมีความหนาเพิ่มขึ้นตามเวลาของการเคลือบจาก 1 ชั่วโมง ถึง 4 ชั่วโมงและความหนาเพิ่มขึ้นตามปริมาณโบรอนคาร์ไบด์ที่เป็นตัวรีดิวซ์ ดังแสดงในรูป 4.9 เนื่องจากปริมาณของโบรอนคาร์ไบด์ที่เพิ่มขึ้นจะละลายในบอแรกซ์หลอมเหลวได้มากขึ้น ทำให้โบรอนคาร์ไบด์ ไปรีดิวซ์วานเนเดียมเพนทอกไซด์ให้เป็นวานเนเดียมอิสระ (nascent V) ได้มากขึ้น จึงสามารถรวมตัวกับอะตอมของคาร์บอนที่แพร่ซึมจากเนื้อชิ้นงานเกิดชั้นเคลือบวานเนเดียมคาร์ไบด์หนาเพิ่มขึ้นบนผิวชิ้นงาน ซึ่งสามารถคำนวณหาปริมาณสัดส่วนโดยน้ำหนักได้จากสมการที่ 4.1 โดยวานเนเดียมเพนทอกไซด์มีน้ำหนักอะตอม 1273.16 กรัมและโบรอนคาร์ไบด์มีน้ำหนักอะตอม 276.27 กรัม ซึ่งจะมีสัดส่วนโดยน้ำหนักประมาณ 4.6 ต่อ 1 จึงพิจารณาเลือกสัดส่วนที่ใช้ทำการทดลองแปรผันปริมาณโบรอนคาร์ไบด์ โดยเริ่มที่โบรอนคาร์ไบด์จำนวน 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อวานเนเดียมเพนทอกไซด์จำนวน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเพิ่มปริมาณโบรอนคาร์ไบด์เป็น 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและ 6.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

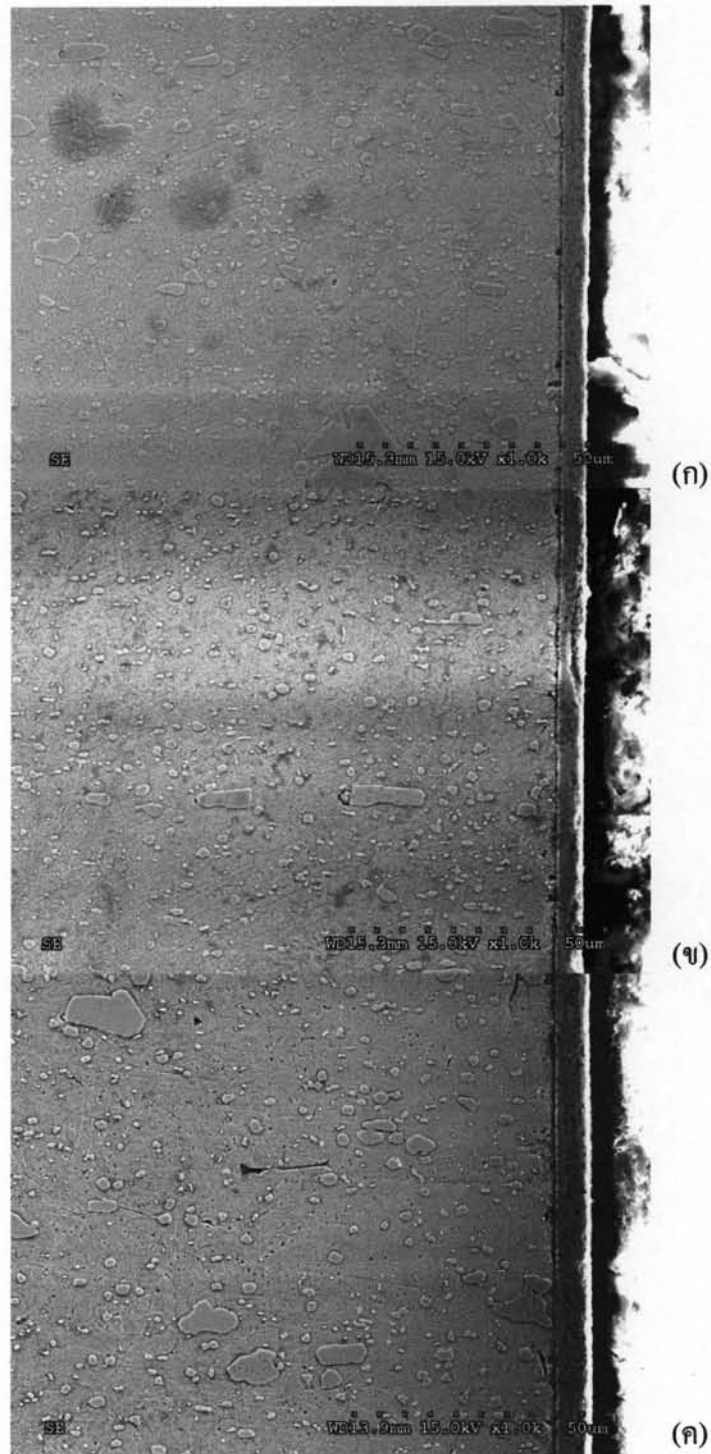


สมการที่ 4.1

เมื่อเปรียบเทียบความหนาของชั้นเคลือบวานเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการใช้โบรอนคาร์ไบด์ 6.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก พบว่าความหนามากกว่ากรณีการใช้โบรอนคาร์ไบด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และการใช้โบรอนคาร์ไบด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักจะได้ชั้นเคลือบวานเนเดียมคาร์ไบด์หนามากกว่ากรณีการใช้โบรอนคาร์ไบด์ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.9 โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบที่เวลา 4 ชั่วโมงที่แปรผันปริมาณโบรอนคาร์ไบด์แสดงในรูปที่ 4.10



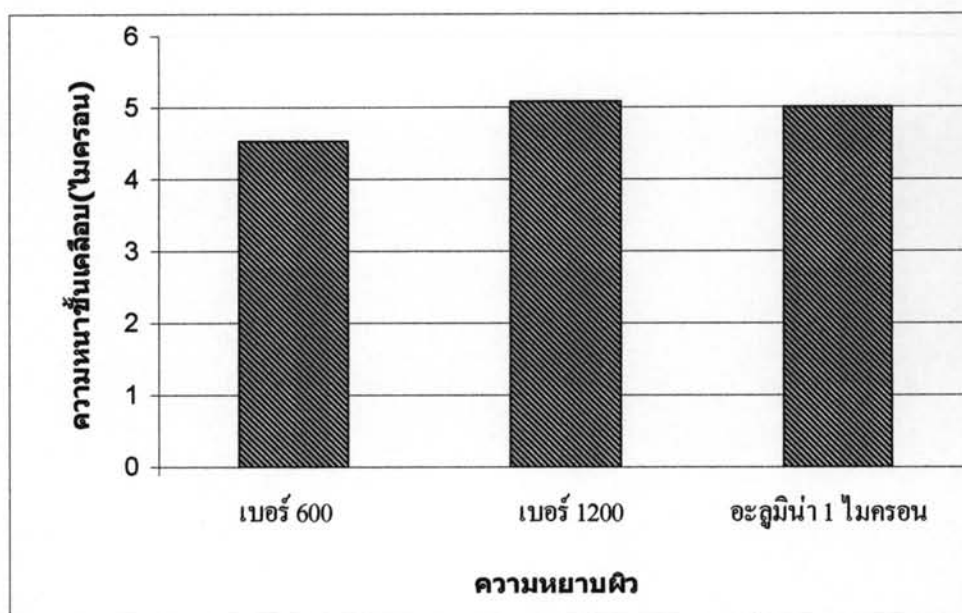
รูปที่ 4.9 ความหนาชั้นเคลือบ VC ที่ได้จากการใช้ V₂O₅ 20 wt% กับ B₄C จำนวน 4, 5 และ 6.7 wt% บนผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53



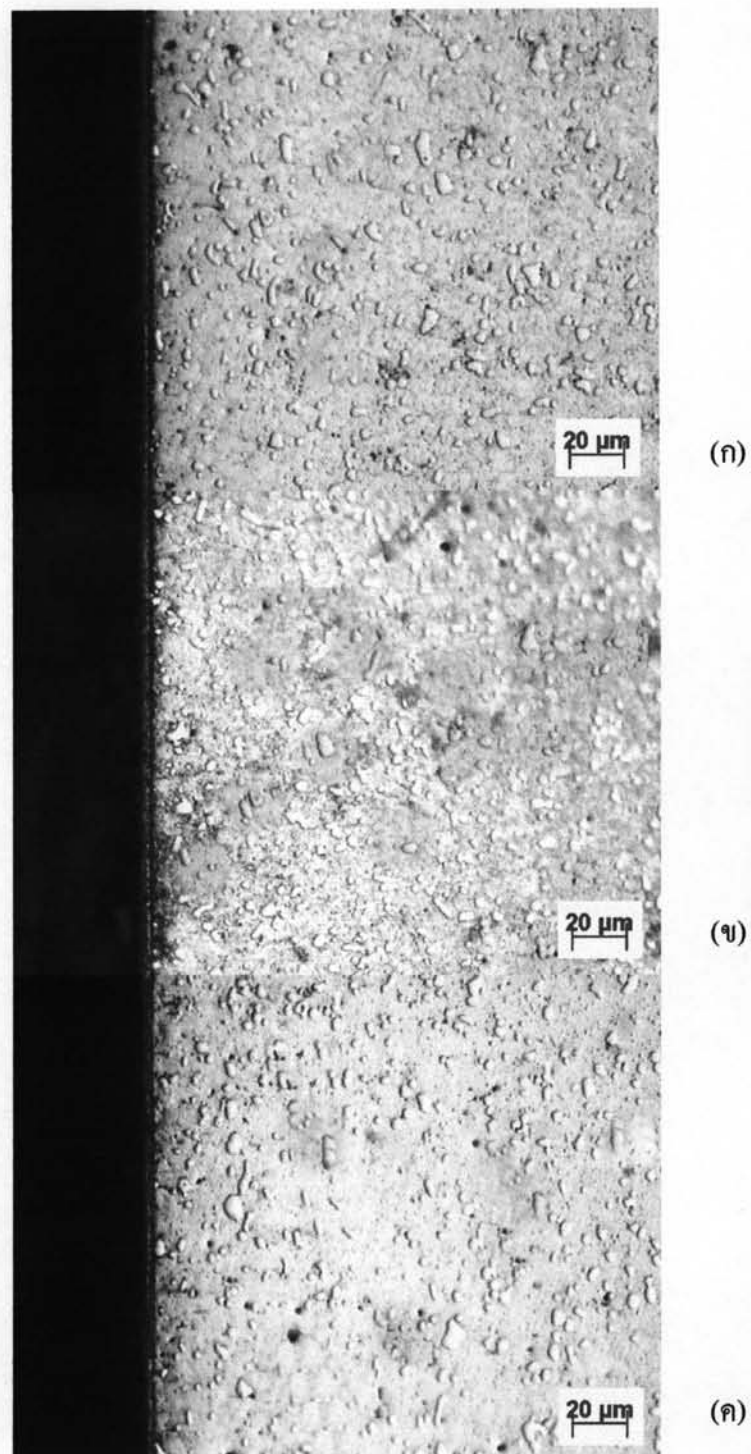
รูปที่ 4.10 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเป็น DC53 เคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000 °C เติม V₂O₅ 20 wt% เวลาเคลือบ 4 ชั่วโมง แสดง การเคลือบผิวแปรผันปริมาณ (ก) B₄C 4 wt% (ข) B₄C 5 wt% และ(ค) B₄C 6.7 wt%

4.2 ผลของความหยาบผิวชิ้นงานกับความหนาชั้นเคลือบ

ความหนาชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ ที่ได้จากผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 ที่ทำการทดลองแปรผันความหยาบผิว โดยการขัดผิวชิ้นงานด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 1200 และผงอะลูมินาขนาด 1 ไมครอนให้ชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์หนา 4.52, 5.09 และ 5.01 ไมครอนตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน กล่าวได้ว่าความหยาบผิวก่อนการเคลือบ ส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อความหนาชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์บนชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.11 อย่างไรก็ตาม ความสะอาดของผิวชิ้นงานมีความสำคัญต่อการเกิดชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์มากกว่าความหยาบผิว โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่เวลา 4 ชั่วโมงและแปรผันความหยาบผิว แสดงไว้ในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 ผลของความหยาบผิวต่อความหนาชั้นเคลือบบนเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 ที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

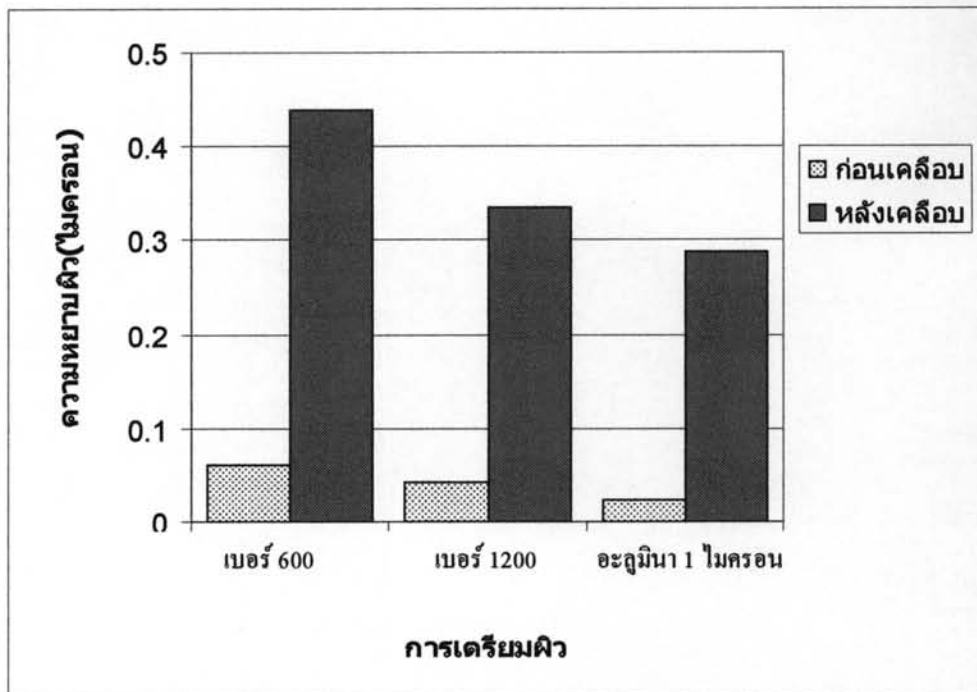


รูปที่ 4.12 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 1000 °C เติม V_2O_5 10 wt% กับ Al 7.5 wt% ที่ขัดด้วยกระดาษทราย ก) เบอร์ 600 ข) เบอร์ 1200 และ ค) ขัดด้วยผงอะลูมินา ขนาด 1 ไมครอน

4.3 ความหยาบผิวชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงหลังการเคลือบผิว

ชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 ที่เตรียมผิวก่อนการเคลือบผิวด้วยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 1200 และผงอะลูมินาขนาด 1 ไมครอนนั้น หลังการเคลือบผิวด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์ พบว่าให้ผลความหยาบผิวเพิ่มมากขึ้นทั้ง 3 กรณีและค่าความหยาบผิวหลังการเคลือบจะแปรผันตามความหยาบผิวก่อนการเคลือบ กล่าวคือ โดยความหยาบผิวหลังการเคลือบด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์ของชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 จะมีความหยาบผิวมากกว่าความหยาบผิวหลังการเคลือบของชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 และความหยาบผิวหลังการเคลือบผิวด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์ของชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 1200 จะมีความหยาบผิวหลังการเคลือบมากกว่าความหยาบผิวของชิ้นงานที่ขัดด้วยผงอะลูมินาขนาด 1 ไมครอนแสดงไว้ในรูปที่ 4.13 และตารางที่ 4.1

กล่าวได้ว่าการเตรียมสภาพผิวชิ้นงานก่อนการเคลือบผิวด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์นั้นเป็นสิ่งสำคัญเพราะจะส่งผลต่อสภาพผิวหลังการเคลือบโดยตรง หากจุดประสงค์ของการเคลือบผิวต้องการให้ผิวชิ้นงานมีความหยาบผิวน้อย จำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพผิวก่อนการเคลือบผิวให้สะอาดและมีค่าความหยาบผิวน้อย



รูปที่ 4.13 ความหยาบผิวก่อนและหลังการเคลือบผิวบนเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 ที่อุณหภูมิ 1000 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.1 ค่าความหยาบผิวที่เปลี่ยนไปหลังการเคลือบผิวชิ้นงานที่ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600, 1200 และขัดด้วยผงอะลูมินาขนาด 1 ไมครอน

การเตรียมผิว	ก่อนเคลือบ		หลังเคลือบ	
	Ry (μm)	Ra (μm)	Ry (μm)	Ra (μm)
เบอร์ 600	0.6946	0.0612	7.8702	0.4384
เบอร์ 1200	0.443	0.0432	6.7494	0.3358
อะลูมินา 1 ไมครอน	0.443	0.024	6.730	0.298

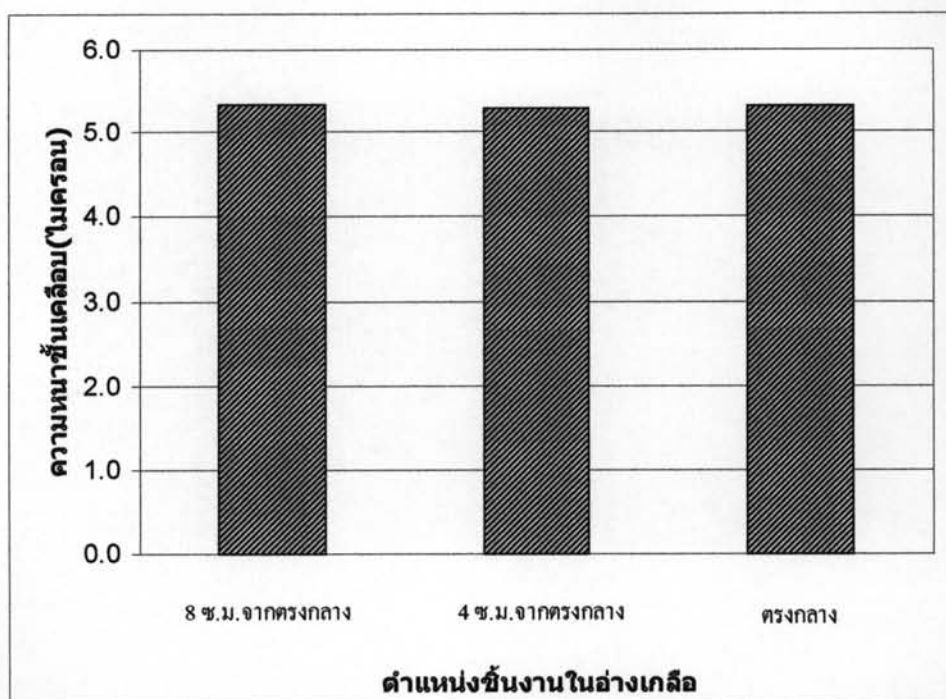
4.4 ผลของตำแหน่งชิ้นงานในเบ้าบอแรกซ์หลอมเหลวต่อความหนาชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์บนชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53

เคลือบผิวเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 ในอ่างเคลือบบอแรกซ์หลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1000 °C นาน 4 ชั่วโมงที่เดิมวานาเดียมเพนทอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักกับอะลูมิเนียม 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยทำการแปรผันตำแหน่งของชิ้นงานในเบ้าบอแรกซ์หลอมเหลว

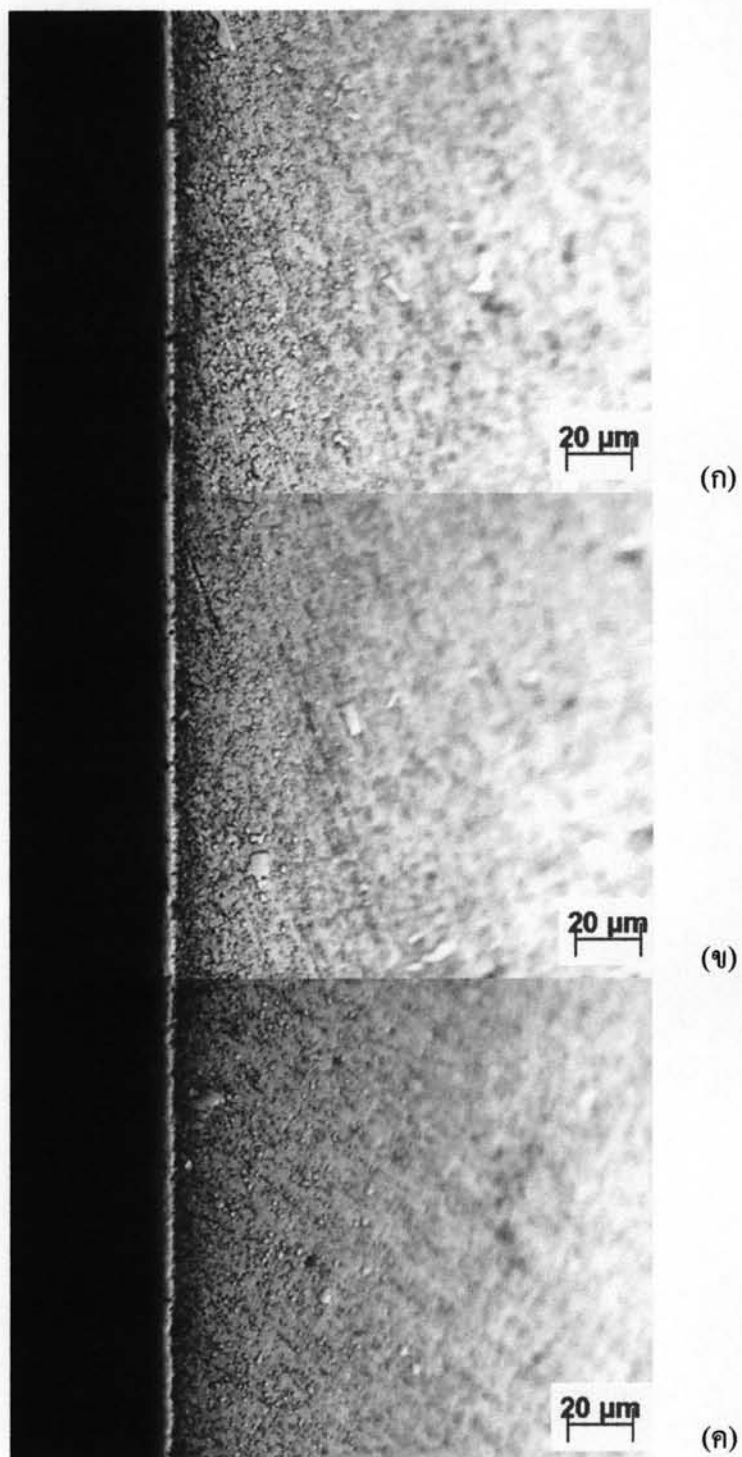
4.4.1 แปรผันตำแหน่งของชิ้นงานที่ความลึกเท่ากัน

ทำการเคลือบผิวชิ้นงานที่ขัดผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 จำนวน 3 ชิ้น ทำการจุ่มชิ้นงาน 3 ตำแหน่งในอ่างเกลือ คือ ตรงกลางเบ้า, ห่างจากตรงกลางเบ้า 40 มิลลิเมตรและห่างจากตรงกลางเบ้า 80 มิลลิเมตร พบว่าชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นมีความหนา 5.32, 5.29 และ 5.33 ไมครอนตามลำดับดังรูปที่ 4.14

พบว่าชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นที่แปรผันตำแหน่งในอ่างเคลือบบอแรกซ์หลอมเหลวให้ความหนาชั้นเคลือบที่ใกล้เคียงกัน กล่าวได้ว่าหากอ่างเคลือบบอแรกซ์ได้รับการเติมวานาเดียมเพนทอกไซด์กับอะลูมิเนียมในสัดส่วนที่พอเหมาะและได้รับการกวนที่เหมาะสมจนมีการละลายและการกระจายตัวอย่างดีในอ่างเคลือบบอแรกซ์หลอมเหลวแล้ว ก็จะสามารถมีปฏิกิริยาและเกิดชั้นเคลือบได้เท่าๆกันในทุกตำแหน่งของอ่างเคลือบบอแรกซ์หลอมเหลว โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่แปรผันตำแหน่งในอ่างเคลือบบอแรกซ์หลอมเหลวที่เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 ผลของตำแหน่งชิ้นงานในเข้บอแรกซ์หลอมเหลวที่ความลึกเท่ากันต่อความหนา
ชั้นเคลือบ VC

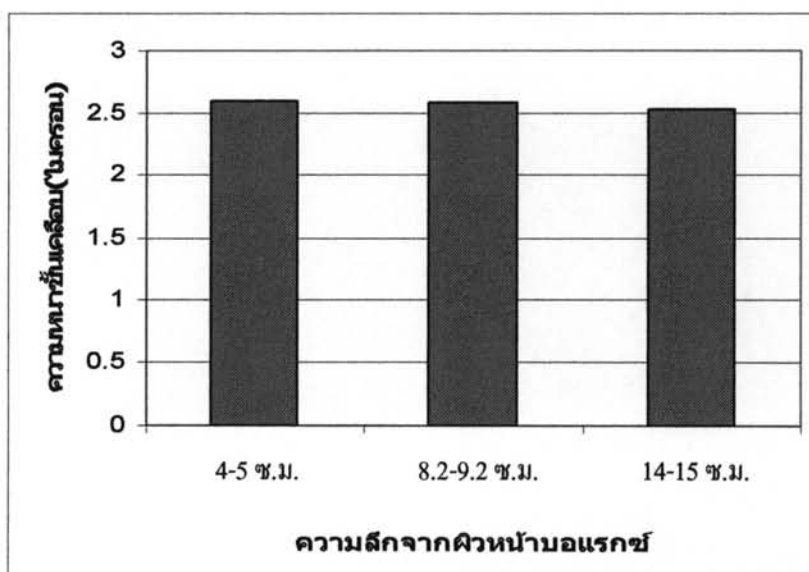


รูปที่ 4.15 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 1000°C เติม V_2O_5 10 wt% กับ Al 10 wt% ที่ตำแหน่ง ก) ตรงกลางอ่างเกลือ ข) 4 ซม. จากตรงกลางเกลือ และ ค) 8 ซม. จากตรงกลางอ่างเกลือ

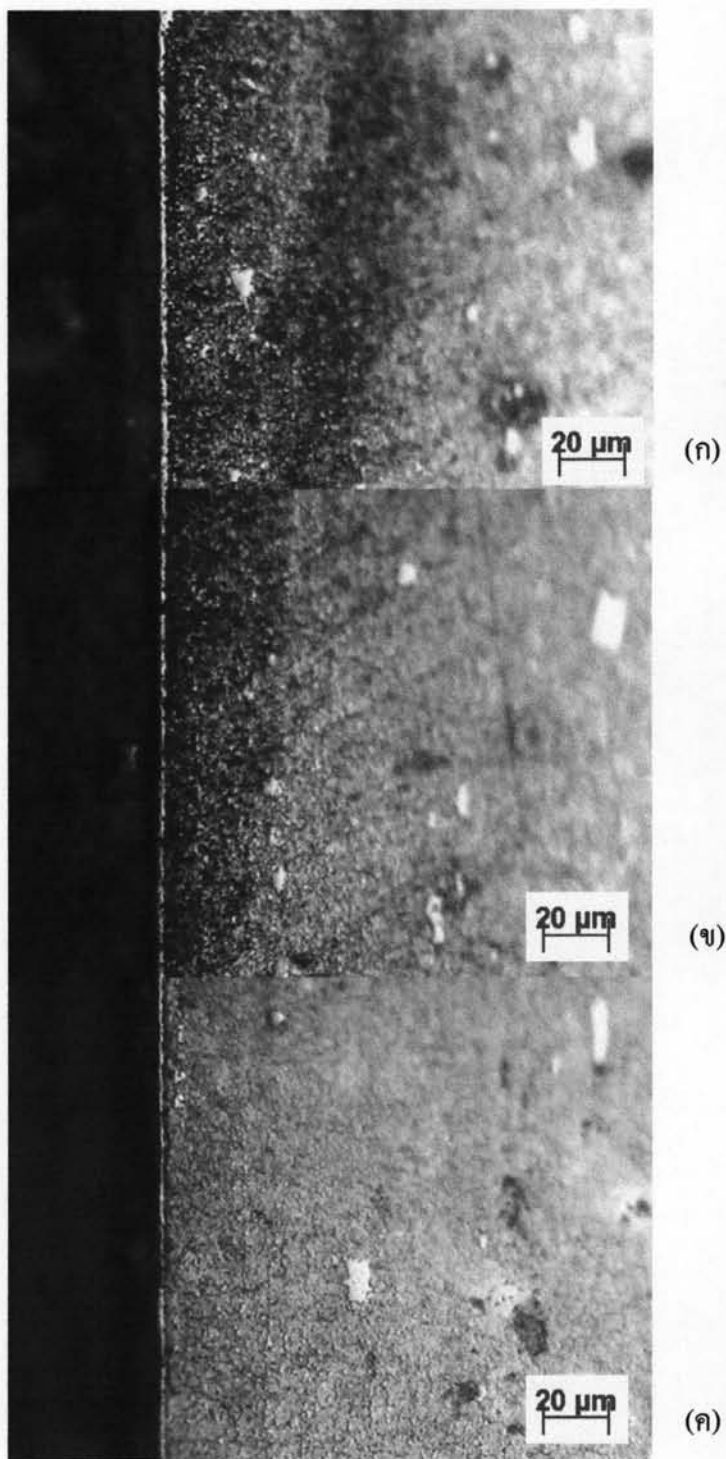
4.4.2 แปรผันตำแหน่งของชิ้นงานที่ความลึกต่างกัน

ทำการเคลือบผิวชิ้นงานที่มีขนาดยาว 110 มิลลิเมตรขัดผิวด้วยกระดาษทรายเบอร์ 600 เคลือบผิวในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่มีความลึก 180 มิลลิเมตร โดยส่วนปลายด้านบนของชิ้นงานอยู่ตึกจากผิวหน้าบอแรกซ์หลอมเหลวลงไป 40 มิลลิเมตร และส่วนปลายด้านล่างของชิ้นงานอยู่เหนือระดับพื้นอ่างเกลือ 30 มิลลิเมตร ทำการตรวจสอบความหนาชั้นเคลือบจาก 3 ตำแหน่ง คือ ตึกจากผิวหน้าบอแรกซ์หลอมเหลว 40-50 มิลลิเมตร, ตึกจากผิวหน้าบอแรกซ์หลอมเหลว 82-92 มิลลิเมตรและตึกจากผิวหน้าบอแรกซ์หลอมเหลว 140-150 มิลลิเมตร พบว่าชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากชิ้นงานทั้ง 3 ตำแหน่งมีความหนา 2.60, 2.59 และ 2.53 ไมครอน ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 4.16

พบว่าชิ้นงานทั้ง 3 ชิ้นที่แปรผันตำแหน่งความลึกในอ่างเกลือให้ความหนาชั้นเคลือบที่ใกล้เคียงกัน กล่าวได้ว่าหากอ่างเกลือบอแรกซ์ได้รับการเติมวานเดียมเพนทอกไซด์กับอะลูมิเนียมในสัดส่วนที่พอเหมาะและได้รับการกวนที่เหมาะสมจนมีการละลายและการกระจายตัวอย่างดีในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวแล้ว ก็จะสามารถมีปฏิกิริยาและเกิดชั้นเคลือบที่หนาเท่าๆกันในทุกระดับความลึกของอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาชั้นเคลือบกับกรณีอื่นๆที่ใช้เหล็กกล้าเครื่องมือทำงานเย็น DC53 เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมงรวมทั้งมีขั้นตอนการอุ่นชิ้นงานและเติมสารเคมีใหม่ในการเคลือบผิวครั้งแรก พบว่ากรณีแปรผันตำแหน่งความลึกในอ่างเกลือให้ความหนาชั้นเคลือบบางกว่าประมาณ 2-2.5 ไมครอน เนื่องจากการใช้เบ้าบอแรกซ์เคลือบผิวซ้ำเป็นครั้งที่สองและเวลาที่ชิ้นงานแช่อยู่ในอ่างเกลือน้อยกว่าเพราะไม่มีขั้นตอนการอุ่นชิ้นงาน โครงสร้างจุลภาคบริเวณชั้นเคลือบวานเดียมคาร์ไบด์ที่ตำแหน่งต่างๆในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง แสดงไว้ในรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.16 ผลของความลึกชิ้นงานในเบ้าบอแรกซ์หลอมเหลวต่อความหนาชั้นเคลือบ VC



รูปที่ 4.17 โครงสร้างจุลภาคบริเวณภาคตัดขวางของผิวชิ้นงานเหล็กกล้าเครื่องมือทำงาน
 เย็น DC53 เคลือบผิวเป็นเวลา 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 1000°C เติม V_2O_5 10 wt%
 กับ Al 10 wt% ที่ความลึกจากผิวหน้าบอแรกซ์ ก) 4-5 ซม. บ) 8.2-9.2 ซม.
 และ ค) 14-15 ซม.

4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึม (K) ที่ได้จากการทดลอง

ความหนาแน่นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการทดลองนี้จะเพิ่มขึ้นตามเวลาในการเคลือบผิวที่เพิ่มมากขึ้น และยังเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามรากที่ 2 ของเวลาในการเคลือบผิว ดังแสดงในรูปที่ 4.1, 4.3, 4.6 และ 4.9 โดยความหนาของชั้นเคลือบจะหนาเพิ่มขึ้นตามปริมาณการแพร่ซึมของธาตุคาร์บอนในเนื้อชิ้นงานมารวมตัวกับธาตุวานาเดียมในบอแรกซ์หลอมเหลวเกิดเป็นชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่บริเวณผิวของชิ้นงาน แสดงว่าการเพิ่มความหนาของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์เป็นกระบวนการที่ถูกควบคุมด้วยการแพร่ซึม (diffusion control) โดยสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึม (K) จากการทดลองได้จากการคำนวณค่าความชันของกราฟที่พลอทรหว่าง ความหนาแน่นเคลือบกับรากที่ 2 ของเวลาในการเคลือบผิว โดยค่าความชันของกราฟเส้นตรงที่ผ่านจุด (0,0) สมการความชันของกราฟ (m) คือ $y = mx$

$$\begin{aligned} \text{จากสมการ} \quad K &= d^2/t \\ K^{1/2} &= d/t^{1/2} = \text{ความชันของกราฟ} \\ K &= (\text{ความชันของกราฟ})^2 \end{aligned}$$

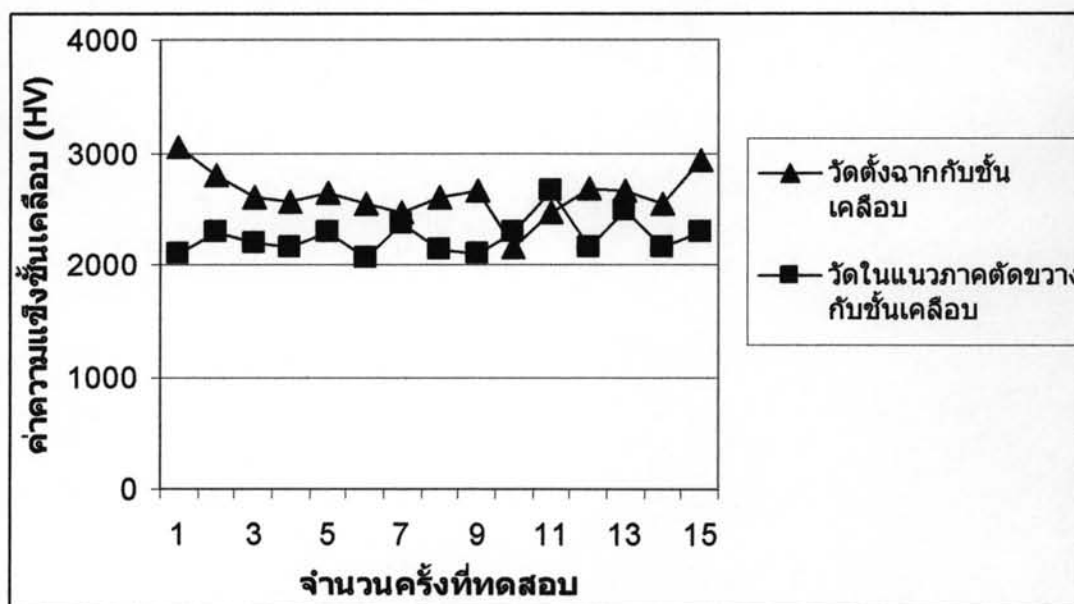
ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึม (K) ที่ได้จากการทดลองการเคลือบผิวด้วยวานาเดียมคาร์ไบด์แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึม (K) ที่ได้จากการทดลอง

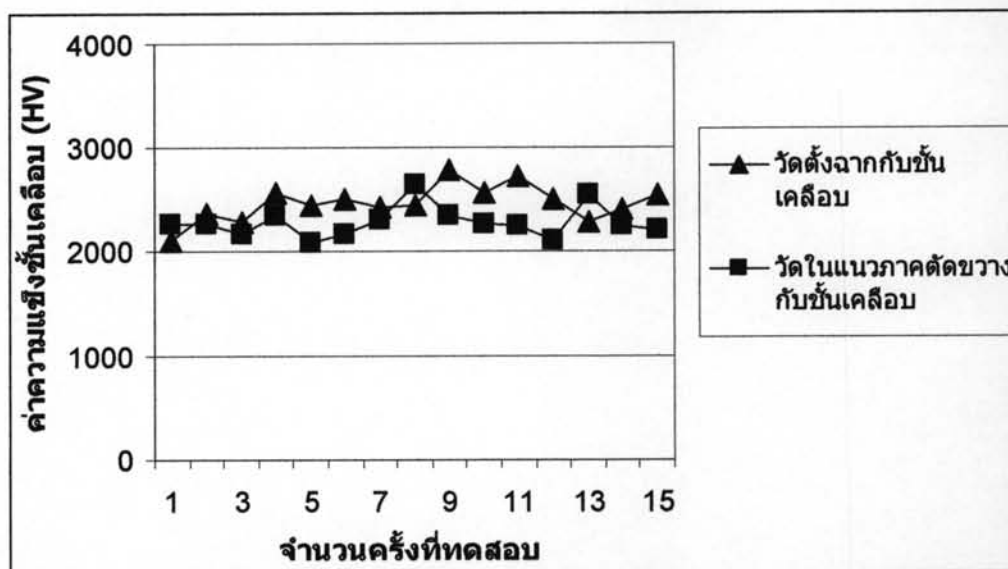
การทดลอง	ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ซึม(K) (cm ² /sec)
กรณีวานาเดียมเพนทอกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับ โบรอนคาร์ไบด์ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก(y=2.4x)	1.60 x 10 ⁻⁷
กรณีวานาเดียมเพนทอกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับ โบรอนคาร์ไบด์ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก(y=2.8x)	2.17 x 10 ⁻⁷
กรณีวานาเดียมเพนทอกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับ โบรอนคาร์ไบด์ 6.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก(y=3.5x)	3.40 x 10 ⁻⁷

4.6 ค่าความแข็งของชั้นเคลือบ

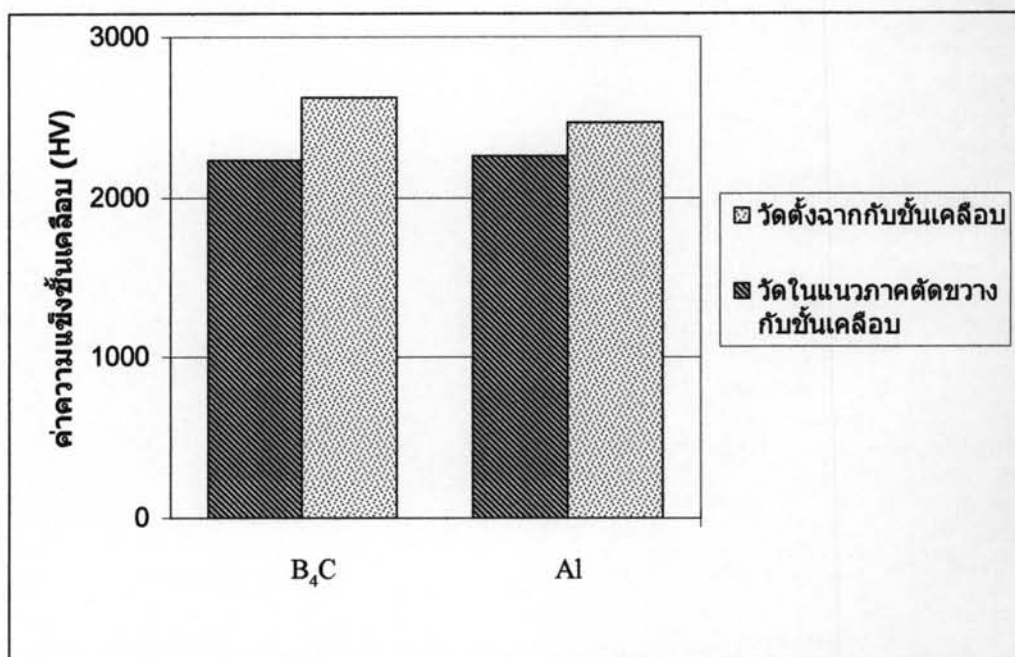
ค่าความแข็งของชั้นเคลือบหามาได้โดยการนำชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิว มาตัดตามภาคตัดขวาง 1/4 ของชิ้นงาน โดยประมาณและอัดเป็นชิ้นงานตัวอย่างสำหรับทำการวิเคราะห์ วัดชิ้นงานตัวอย่างด้วยกระดาษทราย และขัดเงาด้วยผงอะลูมินาแล้วจึงกัดผิวด้วยน้ำยา Hydrochloric Ferric Chloride จากนั้นนำชิ้นงานไปวัดความแข็งของชั้นเคลือบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ (Micro-Vickers Hardness Testing Machine) ใช้แรงกด 25 gf เป็นเวลา 10 วินาที โดยกดวัดความแข็งตั้งฉากกับชั้นเคลือบและวัดความแข็งในแนวภาคตัดขวางของชั้นเคลือบ ซึ่งได้ทำการวัดค่าความแข็งของชั้นเคลือบจำนวนทั้งสิ้น 2 ตัวอย่าง คือ (1.) ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง 15 นาที ในบอแรกซ์หลอมเหลวที่เติมวานาเดียมเพนทอกไซด์ 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับ โบรอนคาร์ไบด์ 6.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะได้ค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 2231HV0.025 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=116.36 (วัดในแนวภาคตัดขวางกับชั้นเคลือบ)และเท่ากับ 2626 HV0.025 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=130(วัดในแนวตั้งฉากกับชั้นเคลือบ)ดังแสดงในรูปที่ 4.18, (2.) ชิ้นงานที่ผ่านการเคลือบผิวที่อุณหภูมิ 1000°C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ในอ่างเกลือบอแรกซ์หลอมเหลวที่เติม V_2O_5 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก กับ Al 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะได้ค่าความแข็งเฉลี่ยเท่ากับ 2257HV0.025 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=108.31 (วัดในแนวภาคตัดขวางกับชั้นเคลือบ)และเท่ากับ 2463 HV0.025 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=129(วัดในแนวตั้งฉากกับชั้นเคลือบ)ดังแสดงในรูปที่ 4.19 และ เมื่อนำค่าความแข็งของชั้นเคลือบทั้งหมดที่ได้มาเปรียบเทียบกับกันก็จะพบว่าค่าความแข็งของชั้นเคลือบวานาเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการใช้ Al และ B_4C เป็นตัวรีดิวซ์มีค่าความแข็งที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.18 ค่าความแข็งของชั้นเคลือบที่ได้จาก V_2O_5 20 wt% กับ B_4C 6.7 wt% โดยใช้แรงกด 25 gf เป็นเวลา 10 วินาที



รูปที่ 4.19 ค่าความแข็งของชั้นเคลือบที่ได้จาก V_2O_5 10 wt% กับ Al 7.5 wt% โดยใช้แรงกด 25 gf เป็นเวลา 10 วินาที



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบค่าความแข็งของชั้นเคลือบวาเนเดียมคาร์ไบด์ที่ได้จากการใช้ B_4C และ Al โดยใช้แรงกด 25 gf เป็นเวลา 10 วินาที