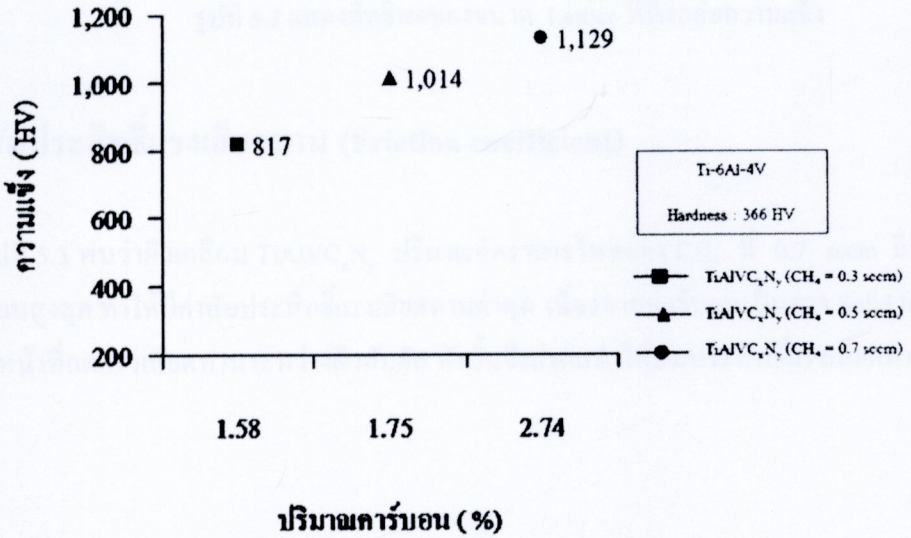
บทที่ 5 อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองในบทที่ 4 พบว่าชิ้นงาน Ti-6Al-4V และผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.3, 0.5 และ 0.7 sccm มีคุณสมบัติต่างๆได้แก่ ความเรียบผิว ความแข็ง สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน ปริมาตรการสึกหรอ การกระจายตัวของของเหลว และความเป็นพิษต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากสภาวะการเคลือบผิวที่มีปริมาณก๊าซมีเทนที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

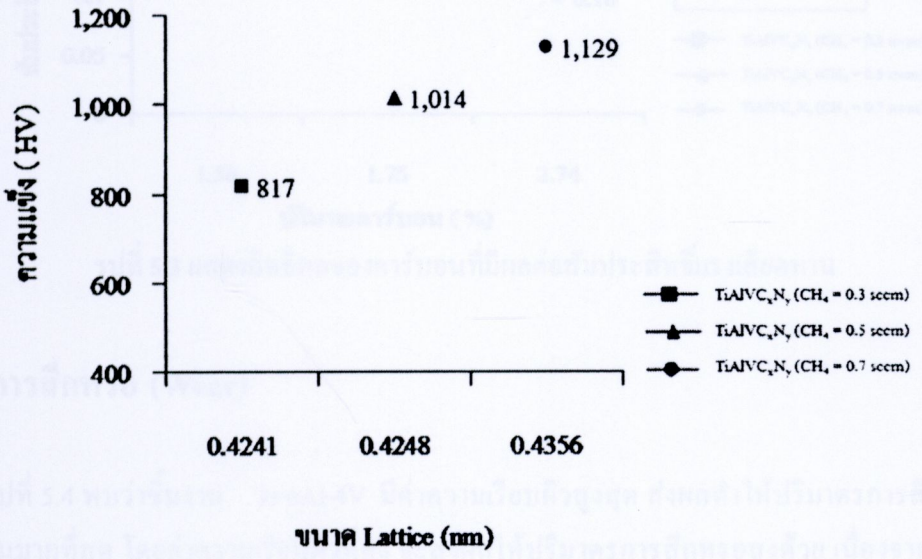
5.1 ความแข็ง (Hardness)

จากรูปที่ 5.1 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีค่าความแข็งสูงสุด เนื่องจากอะตอมของคาร์บอนกับอะตอมของไนโตรเจนใช้วาเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน เกิดเป็นพันธะโควาเลนต์ ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมสูงขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น [4]



รูปที่ 5.1 แสดงอิทธิพลของคาร์บอนที่มีผลต่อความแข็ง

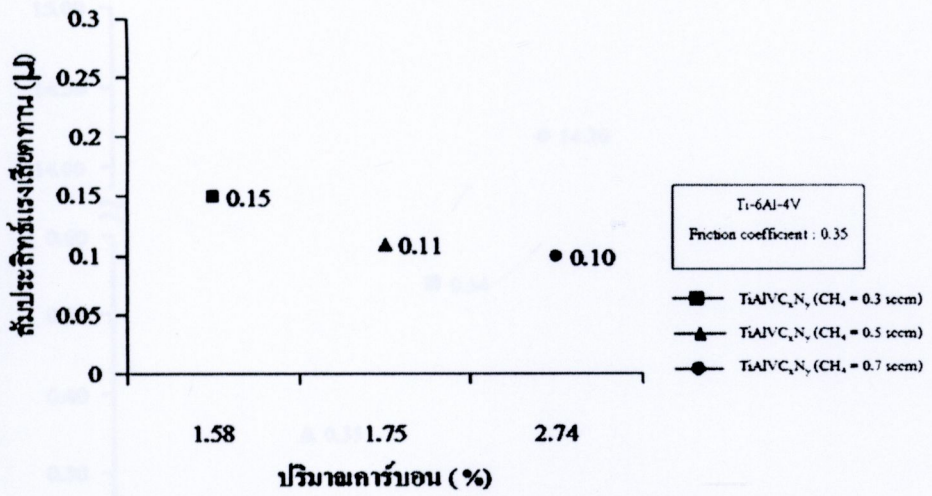
จากรูปที่ 5.2 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีค่าความแข็งสูงสุด เนื่องจาก Lattice ที่มีขนาดใหญ่ อาจเกิดการแทรกตัวของคาร์บอนอะตอมในโครงสร้างผลึกแบบ Interstitial ทำให้เกิดการขยายตัวของผลึกและเพิ่มความหนาแน่น ผลทำให้เกิดความเครียดในผลึก และจะทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น [4]



รูปที่ 5.2 แสดงอิทธิพลของขนาด Lattice ที่มีผลต่อความแข็ง

5.2 สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Friction coefficient)

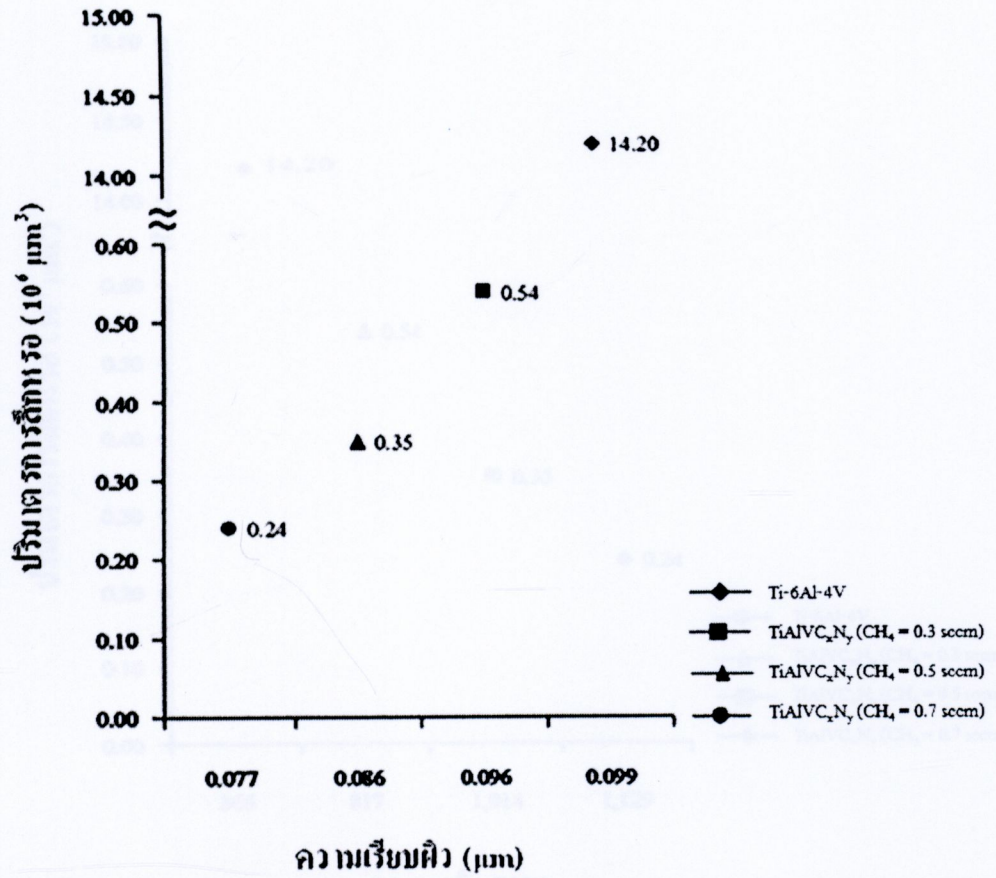
จากรูปที่ 5.3 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีปริมาณคาร์บอนสูงสุด ทำให้มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำสุด เนื่องจากคาร์บอนเป็นสาร Solid lubricant ซึ่งทำหน้าที่ลดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัส ดังนั้นจึงส่งผลทำให้สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานลดลง [4]



รูปที่ 5.3 แสดงอิทธิพลของคาร์บอนที่มีผลต่อสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

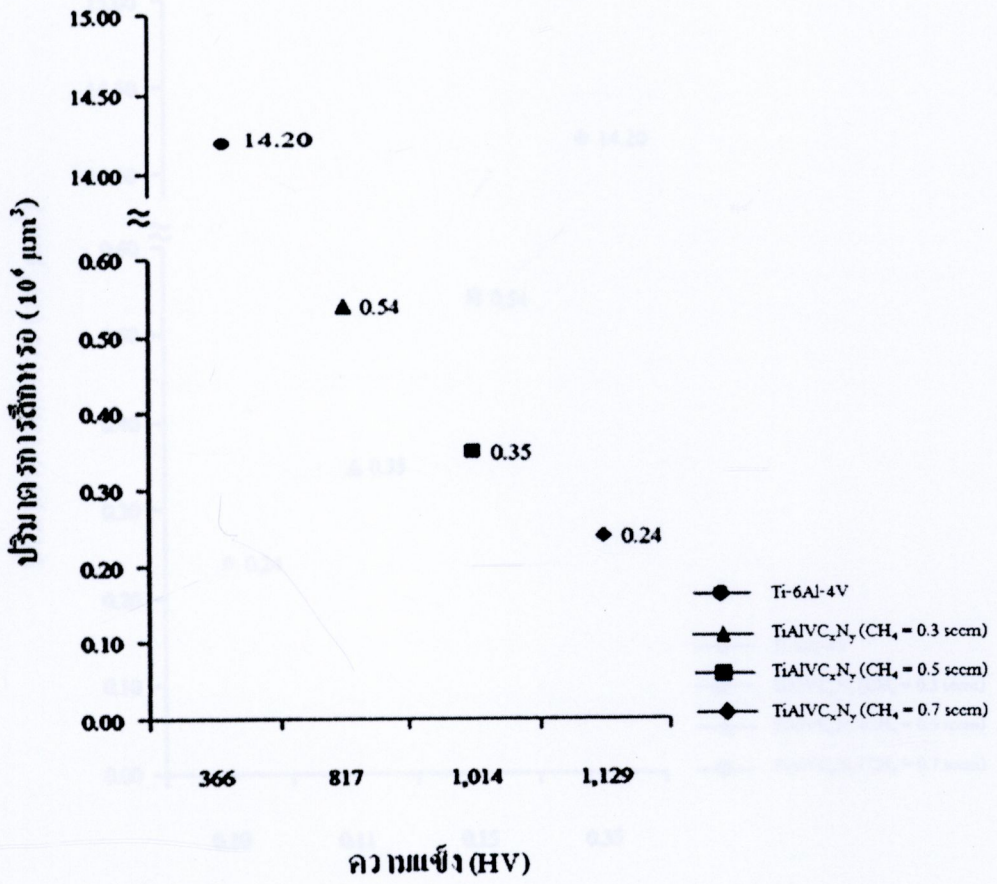
5.3 การสึกหรอ (Wear)

จากรูปที่ 5.4 พบว่าชิ้นงาน Ti-6Al-4V มีค่าความเรียบผิวสูงสุด ส่งผลทำให้ปริมาตรการสึกหรอเกิดขึ้นมากที่สุด โดยค่าความเรียบผิวที่สูง จะส่งผลให้ปริมาตรการสึกหรอสูงด้วย เนื่องจากความหยาบของผิว ผิวหยาบมากจะทำให้ปริมาณการสึกหรอของคู่ผิวสัมผัสสูง เนื่องจากผิวที่หยาบมีค่าความเค้นที่สูงในขณะเดียวกันกรณีคู่ผิวสัมผัสมีความเรียบมากบริเวณผิวสัมผัสจะขาดร่องในการสะสมของเศษการสึกหรอ และเมื่อเกิดการไถหรือขูดผิวชิ้นงาน โดยน้ำหนักที่กระทำในแนวตั้งฉากกับผิวสัมผัส ทำให้มีค่าความเค้นสูงจนทำให้เกิดการสึกหรอแบบ Abrasion [22]



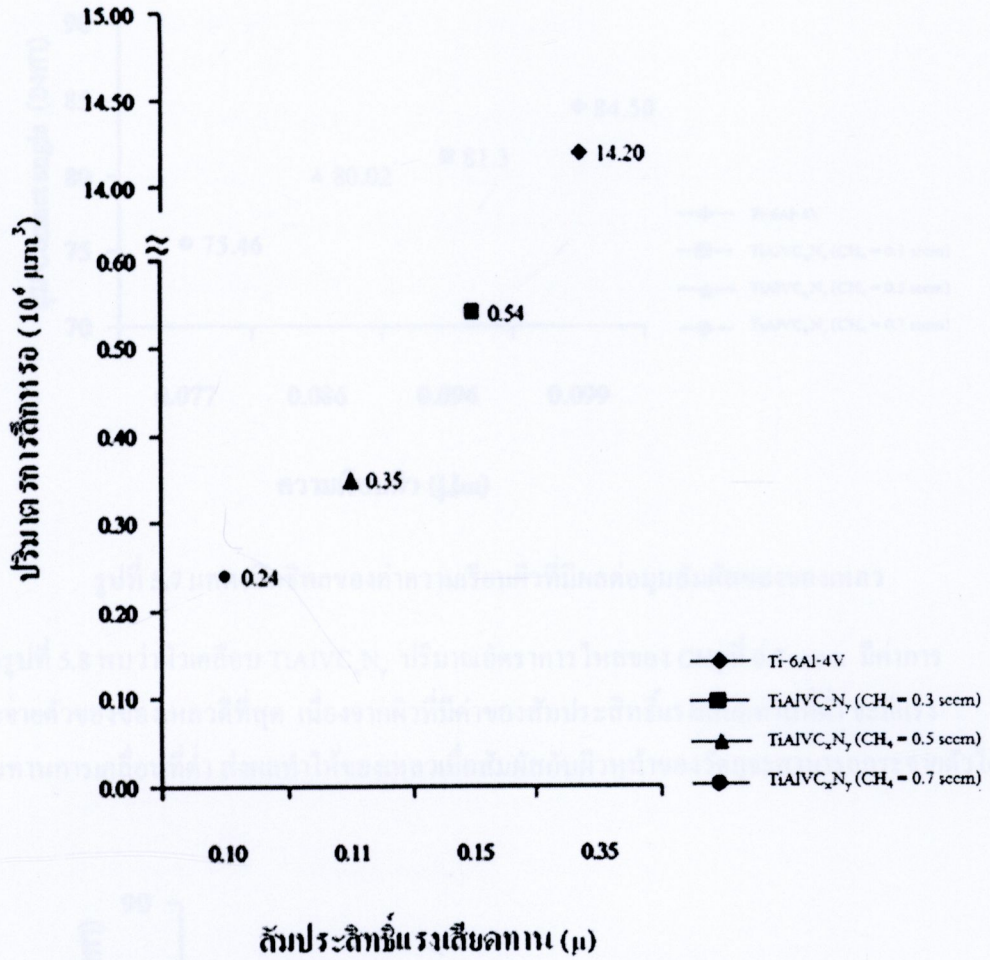
รูปที่ 5.4 แสดงอิทธิพลของค่าความเรียบผิวที่มีผลต่อปริมาตรการสึกหรอ

จากรูปที่ 5.5 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีค่าความแข็งสูงสุด ส่งผลทำให้ปริมาตรการสึกหรอต่ำลง เนื่องจากที่คู่ผิวสัมผัสเมื่อถูกแรงกระทำ จึงมีบางส่วนของผิวเท่านั้นที่รับแรง ซึ่งจะทำให้มีความเค้นสูง และจะเกิดการเชื่อมติดกันที่ผิวสัมผัส เมื่อมีการเคลื่อนที่ของผิวสัมผัสบริเวณที่ถูกเชื่อมต่อกันจะแตกออกทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อของวัสดุ วัสดุที่มีความอ่อนกว่าก็จะสูญเสียเนื้อให้กับวัสดุที่แข็งกว่า ดังนั้นวัสดุที่มีค่าความแข็งสูงสามารถต้านทานการสึกหรอได้ดีกว่าวัสดุที่มีความแข็งน้อย [27]



รูปที่ 5.5 แสดงอิทธิพลของความแข็งที่มีผลต่อปริมาตรการสึกหรอ

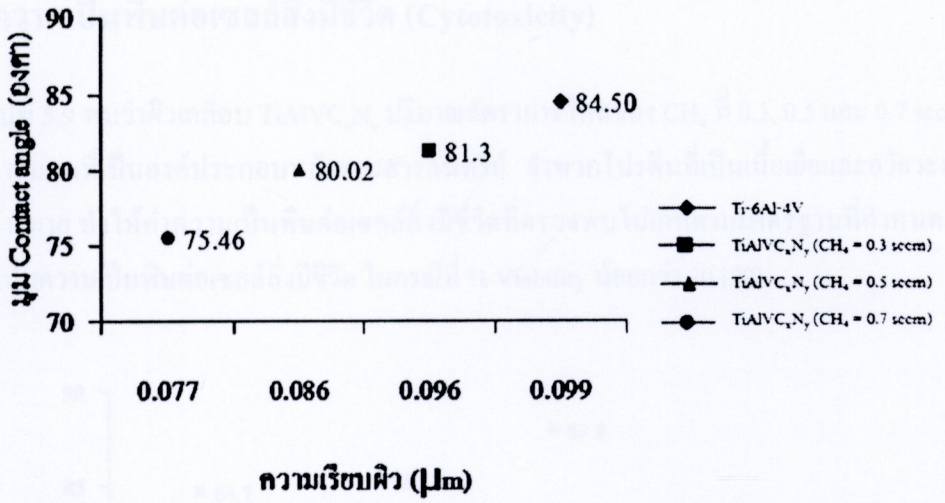
จากรูปที่ 5.6 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำสุด หากเกิดความเค้นเฉือนในชั้นฟิล์มบนผิวเคลือบจะสามารถรับแรงได้ดี ส่งผลทำให้ปริมาตรการสึกหรอลดต่ำลง [28]



รูปที่ 5.6 แสดงอิทธิพลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่มีผลต่อปริมาตรการสึกหรอ

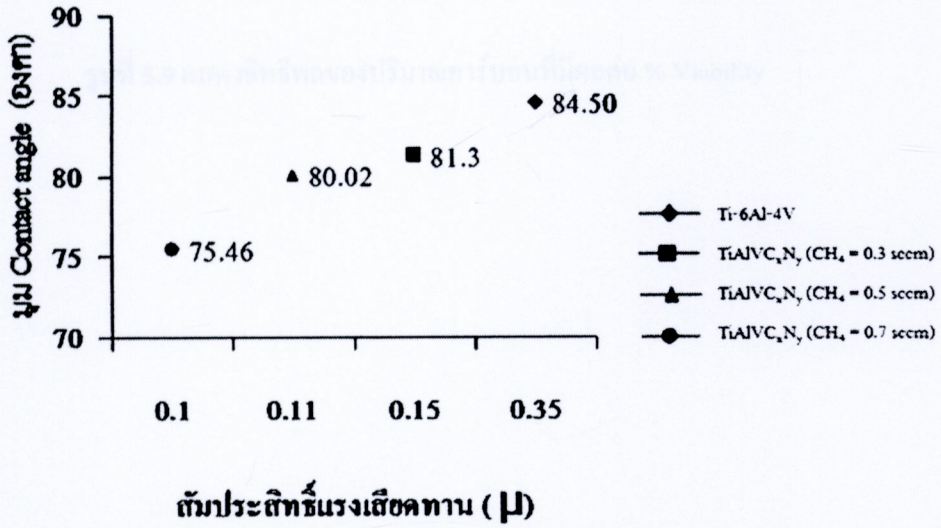
5.4 การกระจายตัวของของเหลว (Wettability)

จากรูปที่ 5.7 พบว่าผิวเคลือบ TiAlVC$_x$N$_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีค่าการกระจายตัวของของเหลวดีที่สุด เนื่องจากผิวเรียบจะมีร่อง (Valleys) ที่มีขนาดเล็กทำให้ของเหลวเมื่อสัมผัสกับผิวจะทำให้ของเหลวกระจายตัวได้ดี ส่งผลทำให้มุมสัมผัสที่เกิดขึ้นมีมุมน้อย โดยมุมสัมผัสจะแปรผกผันกับความสามารถในการกระจายตัวของของเหลว ยิ่งถ้ามุมสัมผัสที่น้อยกว่า 90° ความสามารถในการกระจายตัวหรือ wetting ของพื้นผิวอยู่ในระดับดีมาก และของเหลวจะกระจายออกไปเป็นบริเวณกว้าง สำหรับกรณีถ้าของเหลวนั้นเป็นน้ำ พื้นผิวที่มีการกระจายตัวได้ดีจะถูกเรียกว่า hydrophilic และพื้นผิวที่มีการกระจายตัวไม่ดีจะถูกเรียกว่า hydrophobic [24]



รูปที่ 5.7 แสดงอิทธิพลของค่าความเรียบผิวที่มีผลต่อมุมสัมผัสของของเหลว

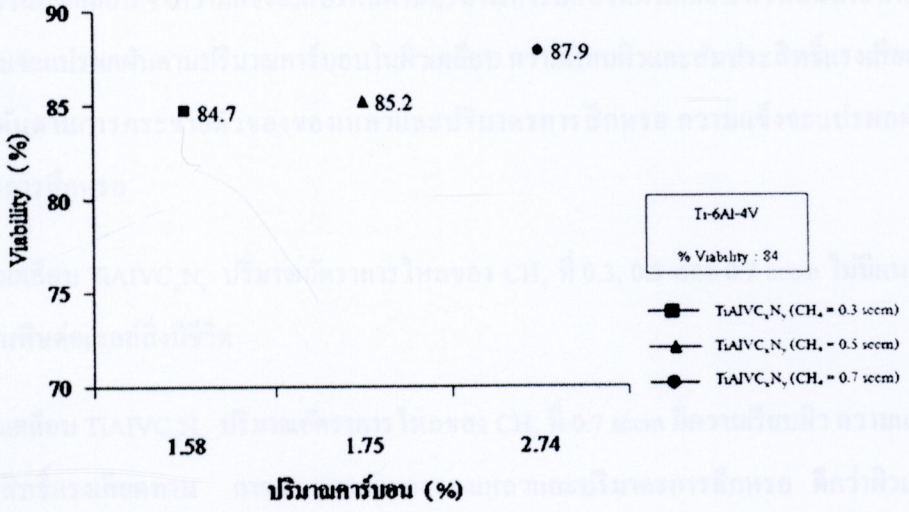
จากรูปที่ 5.8 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.7 sccm มีค่าการกระจายตัวของของเหลวดีที่สุด เนื่องจากผิวที่มีค่าของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่ต่ำ จะมีแรงต้านทานการเคลื่อนที่ต่ำ ส่งผลทำให้ของเหลวเมื่อสัมผัสกับผิวหน้าของวัตถุจะสามารถกระจายตัวได้ดี



รูปที่ 5.8 แสดงอิทธิพลของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานที่มีผลต่อมุมสัมผัสของของเหลว

5.5 ความเป็นพิษต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต (Cytotoxicity)

จากรูปที่ 5.9 พบว่าผิวเคลือบ $TiAlVC_xN_y$ ปริมาณอัตราการไหลของ CH_4 ที่ 0.3, 0.5 และ 0.7 sccm มีธาตุคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบหลักของสารอินทรีย์ จำพวกโปรตีนที่เป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ทำให้ค่าความเป็นพิษต่อเซลล์สิ่งมีชีวิตที่ตรวจพบไม่เกินตามมาตรฐานที่กำหนด จะมีแนวโน้มความเป็นพิษต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต ในกรณีที่ % Viability น้อยกว่า 70 [29]



รูปที่ 5.9 แสดงอิทธิพลของปริมาณคาร์บอนที่มีผลต่อ % Viability