บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การปรับปรุงสมบัติเชิงพื้นผิวของวัสดุทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพและได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายจากกลุ่มนักวิจัยและอุตสาหกรรมต่าง ๆ คือ การเคลือบผิววัสดุในลักษณะของฟิล์มบาง (Thin Film) ซึ่งทำได้หลายวิธีทั้งจากกระบวนการทางเคมี (Chemical Vapor Deposition ; PVD) และกระบวนการทางฟิสิกส์ (Physical Vapor Deposition ; PVD) แต่การเคลือบฟิล์มบางด้วยกระบวนการทางเคมีนั้น จำเป็นต้องใช้สารละลายเคมีเป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งในภายหลังกระบวนการเคลือบมักจะมีสารละลายเคมีที่เหลือใช้จำนวนมากซึ่งยากต่อการกำจัดอีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย (สุรสิงห์ ไชยคุณ, นิรันดร์ วิทิตอนันต์, สกุล ศรีญาณลักษณ์ และจักรพันธ์ ถาวรธิรา, 2540) แต่สำหรับการเคลือบฟิล์มบางด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์ซึ่งเกิดขึ้นภายใต้ภาวะสุญญากาศนั้น นอกจากจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมแล้วยังให้ฟิล์มบางที่มีคุณภาพสูงกว่ากระบวนการทางเคมีอีกด้วย

การประยุกต์ใช้การเคลือบฟิล์มบางสำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ทางช่างเพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงผิวของวัสดุให้เหมาะกับการใช้งาน อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มชั้นเคลือบแข็ง (Hard Coating) เป็นการเคลือบเพื่อทำให้ผิวของวัสดุมีความแข็งมากขึ้น ซึ่งช่วยยืดอายุการใช้งาน เช่น การเคลือบฟิล์มบาง TiN CrN และ ZrN เป็นต้น (2) กลุ่มชั้นเคลือบแสง (Optical Coating) เป็นการปรับปรุงสมบัติเชิงแสงของวัสดุที่ต้องการเคลือบเช่นให้สะท้อนแสงสูง (High Reflect) หรือไม่ให้สะท้อนแสง (Anti-Reflect) เช่น การเคลือบฟิล์ม Al_2O_3 TiO_2 AlN บนกระจกแผ่นเรียบและอุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์ เป็นต้น และ (3) กลุ่มชั้นเคลือบที่มีสมบัติเฉพาะด้าน (Functional Coating) เช่น การเคลือบฟิล์มบาง TiO_2 บนกระจกแผ่นเรียบหรือกระจกมองข้างรถยนต์เพื่อให้มีสมบัติทำความสะอาดตัวเองได้หรือเรียกว่า "Self-Cleaning Glass" ซึ่งสามารถกำจัดสิ่งสกปรกและไม่ทำให้น้ำจับตัวเป็นหยดเมื่อสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลต

การเคลือบแข็งในลักษณะฟิล์มบางนิยมใช้เคลือบบนผิวเครื่องมือตัดเจาะต่าง ๆ ทางอุตสาหกรรม อีกทั้งยังได้รับความสนใจจากนักวิจัยและกลุ่มวิจัยทั่วโลกในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากเป็นการปรับปรุงพื้นผิวของเครื่องมือตัดเจาะให้มีความแข็ง ยืดอายุการใช้งาน ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการผลิต และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเครื่องมือตัดเจาะอีกด้วย สำหรับลักษณะของฟิล์มบางที่มักนิยมใช้เคลือบแข็ง หรือเรียกว่า "ชั้นเคลือบแข็ง" (Hard Coating) มักเป็นในรูปของ

สารประกอบไนไตรด์ หรือ คาร์ไบน์ ของธาตุทรานซิชัน เช่น ไทเทเนียมไนไตรด์ (TiN), เซอร์โคเนียมไนไตรด์ (ZrN) และไทเทเนียมคาร์ไบน์ (TiC) โครเมียมไนไตรด์ (CrN)ฯลฯ โดยในกลุ่มชั้นเคลือบแข็งนั้น ไทเทเนียมไนไตรด์ (Titanium mitride ; TiN) ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ดีเช่น มีความแข็งสูง มีเสถียรภาพทางเคมีและความร้อน (สุรศักดิ์ สุรินทร์-พงษ์ ,2544) มีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานผิวสัมผัสต่ำ ทนทานต่อการสึกหรอได้ดี มีสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ และมีสีทองสวยงาม(Nose, Zhou, Honbo, Yokota, & Saji,2001) ส่วนฟิล์มอีกตัวหนึ่งที่น่าสนใจคือโครเมียมไนไตรด์(Cromium nitride ; CrN) เป็นโลหะทรานซิชันที่มีความแข็งสูง (Bertrand, Savall, & Meunier, 1997) ทนการขัดสี การกัดกร่อน (Sue & Chang, 1995) ทนอุณหภูมิสูง และต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง อีกทั้งยังมีค่าสัมประสิทธิ์การเสียดทานต่ำ (Zenghu et al., 2003) โดยเรียกชั้นเคลือบหรือฟิล์มบางที่เกิดจากสารประกอบของธาตุสองชนิดว่า ชั้นเคลือบของสารประกอบสองชนิด (Binary Coating) อย่างไรก็ดี ชั้นเคลือบของสารประกอบสองชนิดนั้นมีข้อจำกัดบางประการตามสมบัติเฉพาะตัวของชั้นเคลือบหรือฟิล์มนั้นๆ ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาชั้นเคลือบชนิดใหม่ที่ประกอบด้วยธาตุสามชนิดเรียกว่า ชั้นเคลือบของสารประกอบสามชนิด (Ternary Coating) เช่น CrAlN, TiZrN และ CrVN ซึ่ง ชั้นเคลือบของสารประกอบสามชนิดเหล่านี้สามารถแก้ปัญหาและทดแทนความต้องการในงานเฉพาะทางบางอย่างได้ดี อีกทั้งมักมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่ากลุ่มชั้นเคลือบของสารประกอบสองชนิด เมื่อใช้งานในลักษณะเดียวกัน

สำหรับสารที่เหมาะสมชนิดหนึ่งสำหรับนำมาใช้ในงานเคลือบแข็งคือ โครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ซึ่งเหมาะสำหรับใช้เคลือบเครื่องมือในกลุ่ม แม่พิมพ์ตอกโลหะ และงานชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เนื่องจากฟิล์มโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์มีสมบัติที่ดีในด้านของความต้านทานต่อการกัดกร่อน และความต้านทานต่อการเสียดสีระหว่างวัตถุ ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายระหว่างใช้งานได้ โดยค่าสัมประสิทธ์แรงเสียดทานของฟิล์มโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์มีค่าต่ำกว่าฟิล์มโครเมียมไนไตรด์ อีกทั้งฟิล์มโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนและความต้านทานต่อการเสียดสีระหว่างวัตถุดีกว่าฟิล์มโครเมียมไนไตรด์(M.Uchida at el., 2004) ดังนั้นเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของฟิล์มบางหรือชั้นเคลือบ จึงได้มีการผสมวาเนเดียม (V) เข้าไปในระหว่างกระบวนการเตรียมฟิล์มหรือชั้นเคลือบแข็ง ทำให้อะตอมของวาเนเดียมเข้าไปแทนที่อะตอมโครเมียมที่อยู่ในโครงสร้างผลึกของโครเมียมไนไตรด์ จนกลายเป็นฟิล์มบางหรือชั้นเคลือบของโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ในที่สุด กรณีนี้จะช่วยเพิ่มความแข็งของชั้นเคลือบหรือฟิล์มบางนั้น ๆ ได้ เมื่อรวมกับสมบัติในด้านของความต้านทานต่อการกัดกร่อนและการเสียดสีระหว่างวัตถุ ทำให้ฟิล์มโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์มีความทนทานและมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าฟิล์มโครเมียมไนไตรด์

โครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ เป็นชั้นเคลือบหรือฟิล์มบางกลุ่มไนไตรด์ที่เรียกว่า Ternary Nitride เนื่องจาก มีสาร 2 ชนิด (โครเมียมและวาเนเดียม) เป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้การเตรียมฟิล์มบางด้วยเทคนิคสปัตเตอริง สามารถใช้เป้าสารเคลือบในกระบวนการเคลือบ 2 แบบ คือ (1) การใช้เป้าสารเคลือบที่เป็นโลหะผสมของโครเมียมและวาเนเดียม หรือเรียกว่า "เป้าผสม" (Alloy Target) และ (2) การใช้เป้าสารเคลือบโครเมียมแยกจากเป้าสารเคลือบเวาเนดียม หรือเรียกว่า "เป้าร่วม" (Co-Target) โดยแต่ละวิธีจะมีข้อแตกต่างกันไปตามลักษณะของเป้าและฟิล์มบางที่เตรียมได้ สำหรับเป้าสารเคลือบที่เป็นโลหะผสมนั้นมีข้อดี คือสามารถกำหนดให้องค์ประกอบของธาตุในฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ เป็นไปตามที่ต้องการได้ตามสัดส่วนของโครเมียมและวาเนเดียมที่ผสมอยู่ในเป้าสารเคลือบ แต่มีราคาค่อนข้างสูง และในกรณีที่ต้องการฟิล์มบางที่มีสัดส่วนต่างๆ กันต้องใช้เป้าสารเคลือบจำนวนมาก ในขณะที่เป้าสารเคลือบแบบแยกนั้นมีราคาถูกกว่า และสามารถปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของธาตุโครเมียมและวาเนเดียมในฟิล์มบางได้หลากหลายโดยการควบคุมกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าสารเคลือบแต่ละชุด แต่มีข้อเสียเกี่ยวกับระบบเคลือบที่จำเป็นต้องมีเป้าสารเคลือบถึงสองชุด

ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันว่า โครงสร้าง ลักษณะเฉพาะ ตลอดจนสมบัติของฟิล์มบางที่เคลือบได้อาจแตกต่างกันไป ถ้าใช้วิธีการเคลือบ เทคนิคและเงื่อนไขแตกต่างกัน การควบคุมตัวแปรและเงื่อนไขการเคลือบจึงเป็นสิ่งที่สำคัญเพื่อให้ได้ฟิล์มมีสมบัติตามที่ต้องการ จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าตัวแปรต่าง ๆ ในการเคลือบนั้นล้วนมีผลต่อลักษณะเฉพาะและสมบัติของฟิล์มทั้งสิ้น จากรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาขั้นตอนและกระบวนการเตรียมฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ โดยวิธีรีแอคตีฟโคสปัตเตอริง โดยการแปรค่ากระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเป้าสารเคลือบ และศึกษาถึงผลของกระแสเป้าวาเนเดียมที่มีต่อการเกิดและสมบัติของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ การศึกษาลักษณะเฉพาะของชิ้นงานที่เคลือบได้จะศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD ศึกษาลักษณะพื้นผิว ความหยาบผิวและความหนาด้วยเทคนิค AFM ลักษณะพื้นผิวและภาคตัดขวางของฟิล์มวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FE-SEM และองค์ประกอบธาตุวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDX เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ด้วยวิธีรีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริง

2. เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ที่เคลือบได้

3. เพื่อศึกษาผลของกระแสของเป้าวาเนเดียม ที่มีผลต่อโครงสร้างและลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

ทำให้ทราบขั้นตอนการเตรียมฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ด้วยวิธีรีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริงและทราบลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่เคลือบได้จากเทคนิค XRD , AFM ,EDX และ FE-SEM เพื่อนำมาสรุปหาความสัมพันธ์ของเงื่อนไขการเคลือบที่มีต่อโครงสร้างและสมบัติของฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวิจัยต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะศึกษาเทคนิคขั้นตอนกระบวนการเตรียมฟิล์มบางโครเมียมวาเนเดียมไนไตรด์ ด้วยเทคนิครีแอคตีฟ ดีซี แมกนีตรอน โคสปัตเตอริง โดยตัวแปรที่จะใช้ในการศึกษาคือกระแสของเป้าวาเนเดียม ในส่วนการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเฉพาะของฟิล์มบางที่ได้นั้นจะใช้เทคนิค XRD เพื่อศึกษาเฟสและโครงสร้างผลึก ใช้เทคนิค AFM เพื่อศึกษาลักษณะพื้นผิว ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์ม ใช้เทคนิค FE-SEM เพื่อศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาค และใช้เทคนิค EDX เพื่อศึกษาองค์ประกอบของธาตุ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University