

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพสารช่วยขัดของกระบวนการขัดเงาด้วยลูกผ้าได้ ทำการศึกษาทฤษฎีและหลักการ รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นประโยชน์ในการ วิจัยและวิเคราะห์ดังหัวข้อดังต่อไปนี้ วิธีการแต่งผิวสแตนเลส ลักษณะของพื้นผิว การหาค่าทาง สถิติ การออกแบบการทดลอง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและบทสรุป

2.1 วิธีการแต่งผิวสแตนเลสให้ดงาม

สแตนเลสมีคุณสมบัติหลายอย่างที่ทำให้วัสดุนี้ มีความเหมาะสมอย่างมาก ต่องานระดับ ประดา งานด้านโครงสร้าง และงานก่อสร้างต่างๆ ด้วยเหตุผลดังนี้ มีความทันสมัยและดึงดูด มีสุนทราภรณ์และง่ายต่อการทำความสะอาด มีความต้านทานการกัดกร่อนดี มีความทนทานยั่งยืน ง่ายต่อการดูแลรักษา ง่ายต่อการประกอบแปรรูป นำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งหมด และความถี่การใช้วิธีการแต่งผิว การเจียรไนผิว (Grinding) การขัดผิว (Polishing) การขัดบัพฟิง (Buffing) และการขัดผิว (Brushing) ล้วน มักนำมาใช้ในการแต่งผิว กับงานประดิษฐ์ สแตนเลส เพื่อให้เกิด ความมั่นใจว่า นักออกแบบจะได้ผิว ตามที่ตนเองต้องการ ผู้รับเหมา นักประดิษฐ์ ผู้ส่ง มอบ วัตถุดิบและลูกค้า จะต้องมีความเข้าใจอย่าง

2.1.1 การเจียรไนและการขัด

การเจียรไน (Grinding) และการขัด (Polishing) ล้วนใช้ เครื่องจักรกล ในการเปิดผิวของ โลหะ โดยการตัดหน้าผิว วิธีนี้ ย่อมขึ้นกับความแข็งของอนุภาค ที่ใช้ (อาจรวมเป็นเนื้อเดียวกัน หรือ หนูนอยู่ด้านหลัง) ผิวที่ได้ ย่อมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย คำว่าการเจียรไน (Grinding) จะหมายถึง การแต่งผิว เพื่องานประดับ ซึ่งทำโดยการกำจัดผิวส่วนที่ไม่ดี ของวัสดุออกไป เช่น แนวเชื่อม และชั้นผิวออกไซด์ ส่วนคำว่า การขัดผิว (Polishing) จะใช้ในความ หมายถึงการแต่งผิว เพื่องาน ประดับตกแต่งโดยมี ความตั้งใจจะขัดเนื้อผิวออก ผิวที่ได้จะมีร่องรอยของเม็ดขัดอยู่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ และวิธีการในการทำผิว ผู้ขายอุปกรณ์การขัดและวัตถุขัดควรให้ คำแนะนำ ถึงวิธีการใช้อุปกรณ์ และวัตถุขัดเหล่านั้นเพื่อให้ สามารถแต่งผิวในงานประดิษฐ์ สแตนเลส ได้ผล ดังที่ตั้งใจไว้ สายพานขัด มักทำจากผ้าติดด้วยอนุภาคแข็งๆ บนผิวผ้าด้านหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้ขัดตั้งแต่รอยแนว เชื่อม จนถึง การขัดผิวประดับ ตกแต่ง ซึ่งสายพานขัดนี้สามารถ นำไปใช้ได้กับเครื่องเจียร หลาย ประเภท เช่น เครื่องเจียรสายพาน (Belt grinders) เครื่องเจียร ตะไบ (Power files) เครื่องเจียร์มุม (Angle grinders) เครื่องเจียร์คอตตรง (Straighte grinders) ฯลฯ

2.1.2 การขัดบัพฟิง

หากเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างการเจียรไน และการขัดกับการขัดบัพฟิง (Buffing) จะเห็นว่า การขัดบัพฟิง ไม่มีเป้าหมายที่จะเปิดผิวของสแตนเลสออก มันมีจุดประสงค์เพียงแต่ การทำให้ผิวมีความเรียบมากขึ้น เงามากขึ้น[9] และสะท้อนแสงได้ มากขึ้น กระบวนการในการ ขัดนั้นอาจใช้วัตถุขัดที่ อยู่ในสภาพของเหลว หรือของแข็งก็ได้ ผิวที่ได้ จากการขัดบัพฟิง จะ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเตรียม ผิวก่อนทำการขัดบัพฟิงเป็นสำคัญ การทำบัพฟิง อาจทำหลังการขัด ผิวด้วยเม็ดขัด ระดับปานกลางครั้งเดียวก็ได้หรือหลังการขัดผิวด้วยเม็ดขัดที่ ละเอียดหลายๆ ครั้ง แล้วก็ได้ การทำบัพฟิงหลังการขัดด้วยเม็ดขัดละเอียดปานกลาง อาจจะประหยัดเงินก็จริง แต่ว่า ผิวที่ได้อาจมีคุณภาพไม่ดีมากนัก การทำบัพฟิงมักทำเพื่อให้ผิวเรียบขึ้น เงามากขึ้น มันเป็น เทคนิคการแต่งผิว ที่ต้องใช้อุปกรณ์ที่มี เทคนิคเฉพาะ ตัวอย่างเช่น การแต่งผิวด้วย เทคนิค “การบัพฟิงตรง” ซึ่งจะไม่มีการขัดผิวจาก การรีด (Mill finished) ก่อน เช่น อุปกรณ์บนโต๊ะ อาหาร อย่าง มิด ซ้อน ส้อม เป็นต้น การทำบัพฟิง อาจทำโดยการใช้ผ้าฝ้ายหรือม้วน สักหลาด ทำได้ทั้งแบบแห้งหรือแบบเปียกผิว ของท่อสามารถขัดจนเงาคล้ายกระจก ด้วยเครื่อง ขัดแบบตั้ง พื้น หรือเครื่องขัดมือและอาจใช้แป้งขัด (Buffing paste) ในการขัดบัพฟิงได้ด้วย

2.1.3 การปิด

การปิดคล้ายกับการเจียรไน และการขัด ตรงที่เป็น การแต่งผิว คำว่าการปิด (Brushing) และการ ขัด (Polishing) มักสับสนกัน วัตถุปิดที่นุ่มนวลยอม ส่งผลให้เนื้อผิวถูกเก็มนอกเพียงเล็กน้อย จึงนำวิธีนี้มาใช้ในการแต่งผิว เมื่อไรก็ตามหลังจากปิด ผิวเสร็จ วัตถุปิดอาจส่งผลกระทบบ้างต่อ ผิวสแตนเลสแต่จะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น วัตถุปิดที่ใช้รวม ถึงพวกสก๊อตไบรท์ (Scotch-Brite™) แบบสายพาน (Belt) แบบแผ่น (Pads) และแบบล้อหมุน (Wheels) ด้วยสก๊อตไบรท์ (Scotch-Brite™) เป็นชื่อทางการค้า ของบริษัท 3M สิ่งสำคัญคือการเลือกช่วงความ เหมาะสม ระหว่างขนาดอนุภาคของวัตถุขัด อย่าง สิ่งประดิษฐ์จากไนลอน ซึ่งจะมีการแยกวัตถุแต่ง ผิว ออกเป็นหมวดหมู่ โดยไม่ได้แบ่งตามขนาดของ เม็ดขัดหรือเกรด แต่จะแบ่งตามสินค้าออกเป็น แบบหยาบมาก (Coarse) แบบหยาบปานกลาง (Medium) แบบละเอียด (Fine) แบบละเอียดมาก (Very fine) และแบบประณีต (Super fine) เพื่อให้ ง่ายต่อการอ้างอิง ดังนั้นในเทอมของ สก๊อต ไบรท์ (Scotch-Brite™) จะให้อ้างอิงจากเอกสารนี้ได้ เมื่อไรก็ตามที่ได้กล่าวถึงวัตถุขัดต่างๆ สิ่งสำคัญที่ต้องไม่ละเลยก็คือในการที่จะทำผิวแบบ ปิดจะต้องมีตัวอย่างผิวแบบปิดไว้อ้างอิง เสมอ

2.1.4 ความถี่การใช้วัตถุขัดกับเครื่องขัด

ผิวที่ปรากฏและคุณภาพของผิวที่ได้ จากการแต่งผิวสิ่งประดิษฐ์ สแตนเลสขึ้นกับหลายปัจจัย ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของวัตถุขัด ตัวหมุนวัตถุ รอง ขนาดของเม็ดขัด ความ แหลคม และความแข็งของ เม็ดขัด
2. จำนวนครั้งและขั้นตอนการขัด
3. ชนิดเครื่องขัดที่ใช้
4. ชนิดของพลังงานที่ใช้จ่ายให้ เครื่องขัด
5. แบบของวัตถุขัด (เช่น แบบ สายพาน หรือ แบบจาน แบบวงล้อ และแบบยืดหยุ่นได้)
6. ความเร็วที่ผิวและแรงที่ใช้ขัด แนวทางที่ดีที่สุดใน การเลือกใช้เครื่องขัดและสิ่งต่างๆ รวมถึงวิธีการขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังนี้
7. สภาพผิวที่เป็นอยู่ของสิ่งประดิษฐ์
8. บริเวณที่ต้องใช้ในการทำผิว
9. ลักษณะของผิวที่ต้องการจริงๆ

2.1.5 วัตถุขัด

วัตถุขัดที่ใช้สำหรับงานเจียร และการขัดเงาส่งประดิษฐ์สแตนเลสในโรงขัด หรือการขัดหน้างาน จะมีความแตกต่างจากที่ใช้ในกระบวนการผลิต ทั้ง ชนิดแผ่นม้วน แผ่นบางและแผ่นหนา ในโรงงานรีด เย็น หรือเซอร์วิสเซ็นเตอร์ ที่ซึ่งปกติจะใช้วัตถุขัด ประเภทอลูมิเนียมออกไซด์ หรือซิลิกอนคาร์ไบด์ การขัดผิวสิ่งประดิษฐ์ส่วนใหญ่จะใช้ เซอร์โคเนียม ออกไซด์ (Zirconium oxide) เป็นวัตถุขัดหลัก และ มีขนาดของเม็ดขัด ช่วง 24-120 วัตถุขัดชนิด นี้ จะมีความทนทานต่อการใช้งานมากกว่า ทั้ง อลูมิเนียมออกไซด์ และซิลิกอนคาร์ไบด์ สำหรับ วัตถุขัดแบบละเอียด อาจจะต้องใช้พวกอลูมิเนียม ออกไซด์ หรือซิลิกอนคาร์ไบด์ก็ได้ คุณสมบัติของ วัตถุขัดจะส่งผล คือ

- 1.ขนาดของเม็ดขัด
2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของจานหมุนล้อ และ ความเร็วที่ใช้
3. วัตถุที่ใช้รองวัตถุขัด และ ความแกร่ง
4. ชนิดของสารหล่อลื่นไม่ว่าจะเป็นจาระบี หรือน้ำมัน ที่ใช้ร่วมกับวัตถุขัด

2.1.6 การเลือกใช้ขนาดเม็ดขัด

ในระหว่างการขัด ลักษณะของรอยเส้นของการขัด จะขึ้นกับขนาดของเม็ดขัดของวัตถุขัด และทิศทางของการขัด หากใช้การขัดมือ เช่น ใช้สก็อตไบรท์ ความสำคัญก็คือต้องขัดตามทิศทางเดิม ซึ่งจะช่วยให้ลดเวลาในการขัด และยังได้ผิวตามที่ต้องการ จุดสำคัญยิ่งที่ต้องใส่ใจ เมื่อจะทำการตกแต่งผิว ทางกลสำหรับสแตนเลสก็คือ

1. ต้องใช้ความร้อนให้น้อยที่สุด เท่าที่ทำได้เพื่อ ป้องกันความร้อน ซึ่งอาจทำให้เกิดการบิดเบี้ยวขึ้นได้
2. ต้องพึงระวังหากจะเพิ่มความเร็วหรือแรงดัน มากขึ้นเมื่อจำเป็นต้องเพิ่มกำลังการผลิต
3. เมื่อต้องเปลี่ยนขนาดเม็ดขัด ในแต่ละขั้นตอน จะต้องทำความสะอาดชิ้นงาน และอุปกรณ์ก่อน ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นจากเศษผงก่อนหน้านี้ตกหล่นและทำความเสียหายเมื่อขัดในขั้นตอนถัดไป
4. เมื่อต้องขัดด้วยขนาดเม็ดต่างกัน จะต้องระลึกเสมอว่าทิศทางที่ใช้ในการขัดต้องเหมือนกับทิศทางของการขัดก่อนหน้านี้และต้องใช้ขัดให้นานเท่าที่ทำได้ ก่อนที่จะเข้าไปสู่การขัดขั้นถัดไป
5. หากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับขนาดเม็ดขัดที่ต้องใช้ ในการขัดด้วยมือ ขอแนะนำให้ลองใช้เม็ดขัดที่ ละเอียดกว่าทดลองก่อน แทนที่จะใช้เม็ดขัดที่ หยาบ เหตุเพราะว่าการใช้ขนาดเม็ดหยาบขัดก่อน อาจทำให้ต้องเสียเวลากับการแก้ไขหรือ อาจแก้ไขไม่ได้เลย หากจะแนะนำขนาดเม็ด ขัด 120 ถือว่าเป็นเม็ดที่หยาบสำหรับการนำมาใช้กับงานสแตนเลส
6. เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งประดิษฐ์จากเหล็กกล้า ที่มักทาสีเป็นหลัก แต่สแตนเลสไม่ได้ทำอย่าง นั้น ดังนั้นมันจึงเป็นสิ่งที่ยากมากในการแก้ไข หรือซ่อนความผิดพลาดของงานฝีมือใด
7. ในการเลือกใช้ขนาดเม็ดขัด เพื่อที่จะทำงาน ขัดละเอียดนั้น (ผิวกระจก) เป็นสิ่งที่สำคัญ มากๆ
8. เมื่อจะทำการขัดบัพฟิง แนะนำให้ขัดทำมุม 90 องศา กับทิศทางการขัดก่อนหน้านี้

การขัดการขัดหยาบ (Polishing) ประกอบด้วยล้อขัด(Polishing wheel) ทำด้วยผ้าฝ้ายลินหรือ หนัง ซึ่งจะสวมเข้ากับเครื่องขัดมอเตอร์

-ผงขัด อาจเป็นวัสดุธรรมชาติ หรือสังเคราะห์ ขนาดละเอียดมาก มีความแข็งที่จะขัดแต่งผิวชิ้นงาน ตัวอย่างเช่น อะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC)

-กาว ใช้ยึดผงขัดกับล้อขัด ต้องเลือกที่มีจุดหลอมเหลวสูง มีความยืดหยุ่น มีความเหนียว โรงงานจะผสมกาวใช้ในแต่ละวัน เพื่อไม่ให้กาวเสื่อมคุณภาพจากแบคทีเรียที่อาจไปทำ

ปฏิกิริยา โดยจะเก็บกาวไว้ในกระป๋องที่ล้อมด้วยน้ำร้อนและใช้งานที่อุณหภูมิประมาณ 60-65 องศา

-การขัดละเอียด (Buffing) จะทำภายหลังจากขัดหยาบ เพื่อให้ผิวชิ้นงานมีความเรียบ ความมันวาวเพิ่มขึ้น ล้อขัดเป็นผ้าฝ้ายเย็บดีเกลิยว ผงขัดเป็นอลูมินาหรือคาร์ไบด์ ผสมกับ กรดสเตียริก ให้แข็งตัวแล้วทำเป็นแท่งยาวขัด เมื่อใช้งานจะนำแท่งยาวขัดไปถูกับล้อขัดที่กำลัง หมุน ให้ยาวขัดเกาะที่ล้อก่อนจะนำชิ้นงานมาขัดละเอียด

-แท่งยาวขัด

-เอมเอริเพสต์ สีเทา ทำจากผงเอมเอริ ความแข็ง 9 ใช้ขัดเหล็ก ขัดสแตนเลส

-โทรโปลี สีแดงหรือม่วง ทำจากซิลิกอนคาร์ไบด์ ใช้ขัดเหล็ก ทองเหลือง อลูมิเนียม มีความแข็ง 7

-โกรส สีดำทำจากเหล็กออกไซด์ ความแข็ง 6 ใช้ขัดทองแดง ทองเหลือง สังกะสี

-ไลม์ สีขาวทำจากแคลเซียมออกไซด์ หรือแมกนีเซียมออกไซด์ความแข็ง 2 ใช้ขัด ทองแดง ทองเหลือง นิกเกิล

-แท่งเขียว สีเขียว ทำจากโครเมียมออกไซด์ ความแข็ง 6 ใช้ขัดโครเมียม สแตนเลส อะลูมิเนียม

-แท่งขาว สีขาว ทำจากอะลูมิเนียมออกไซด์ ความแข็ง 9 ใช้ขัดโครเมียม สแตนเลส อะลูมิเนียม

2.2. ลักษณะของพื้นผิว

2.2.1 ความผิดพลาดต่างๆในการผลิต[6]

ในการผลิตเราสามารถจำแนกลักษณะความผิดพลาดในการผลิตพื้นผิวได้สามแบบคือความผิดพลาดด้านขนาด รูปร่าง ความเป็นคลื่น และความหยาบของพื้นผิวตัวอย่างของความผิดพลาดทั้ง

2.2.3 ความเป็นคลื่น

ความเป็นคลื่นเป็นความผิดพลาดที่ความยาวคลื่นมากบนพื้นผิวของชิ้นงานความเป็นคลื่นมักมีความสม่ำเสมอ ความเป็นคลื่นอาจเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตซึ่งทำให้เกิดความสม่ำเสมอ ความเป็นคลื่นนั้นวัดได้ค่อนข้างยาก และจะแบ่งแยกออกจากความผิดพลาดด้านรูปร่างได้ยากด้วย

2.2.4 ความหมายของความหยาบผิว

ความหยาบผิวแปลมาจากคำภาษาอังกฤษ Surface Roughness หมายถึงขนาดความขรุขระของผิว หากมีความขรุขระมากแสดงว่ามีความหยาบมาก หากมีความขรุขระน้อยก็แสดงว่ามีความหยาบน้อย ความขรุขระ หรือความหยาบจะใช้กับผิวของสแตนเลส แต่บางที่อาจใช้คำว่าความเรียบ (Flat) ซึ่งเป็นคำที่อาจทำให้สับสน เพราะความเรียบมักใช้กับแผ่นสแตนเลส แผ่นเรียบหมายถึงแผ่นไม่ค่อยเป็นคลื่น (Wave) ด้วยเหตุนี้ในบทความนี้จะใช้คำว่าความหยาบผิวแทนคำว่า (Roughness) ในภาษาอังกฤษ

ค่าความหยาบของพื้นผิวนั้นมีผลโดยตรงต่อความเงาของผิวชิ้นงานเราอาจประมาณค่าความหยาบได้จากความเป็นเงาแน่นแต่ถ้าต้องการความแม่นยำแล้วเราจำเป็นต้องมีค่ากำหนดเป็นตัวเลข และมีวิธีการคำนวณที่ชัดเจนค่าความหยาบที่ใช้กันแพร่หลายเป็นค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของค่าความแตกต่างของความสูงของพื้นผิวจากตำแหน่งความสูงเฉลี่ย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวความหยาบผิวจึงจัดเป็นสมบัติทางโลหะวิทยาอย่างหนึ่ง ในการวัดความหยาบผิวจะใช้เครื่องวัดความหยาบผิว ซึ่งปัจจุบันมีหลายแบบหลายยี่ห้อให้เลือก แต่ที่มีการวัดค่าความหยาบผิวกันอาจแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ การวัดความหยาบผิวโดยเฉลี่ย กับ การวัดความหยาบผิวโดยขนาด

1.ประเภทการวัดความหยาบผิวเฉลี่ย

อาศัยการวัดแล้วคำนวณค่าความหยาบผิวออกมาเป็นค่าความหยาบผิวเฉลี่ยซึ่งจะทำให้เรารู้ระดับความหยาบโดยรวมแต่ไม่สามารถรู้ลักษณะความคลาด เคลื่อนสูงต่ำของความหยาบ วิธีการกลุ่มนี้ได้แก่ Ra เป็นต้น

- ความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิต (Roughness average: Ra) [15] เป็นการแสดงความหยาบพื้นผิวด้วยค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตของผิวที่วัด ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้กันมากที่สุด และหลายมาตรฐาน

มักอ้างอิงค่านี้ในการกำหนดมาตรฐานความหยาบผิว การหาค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเลขคณิตได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือ เส้นกึ่งกลาง (M-Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลาง หาค่าด้วยความยาวเฉลี่ย (Lm) โดยที่ค่าของ Ra มีหน่วยวัดเป็น ไมโครเมตร

2. ประเภทการวัดความหยาบผิวโดยขนาด

อาศัยการวัดค่าสูงต่ำของขนาดความหยาบของพื้นผิวซึ่งจะทำให้เรารู้รูปลักษณะของความหยาบได้ชัดเจนกว่า วิธีการกลุ่มนี้ได้แก่ Rz

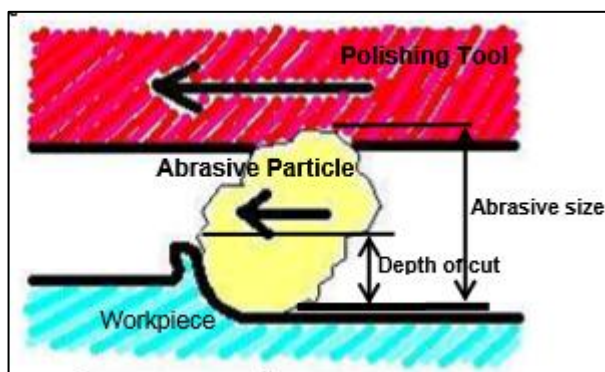
-ความหยาบผิวนาโดยเฉลี่ย (Roughness Ten-point mean : Rz) เป็นการแสดงความหยาบพื้นผิวโดยวัดขนาดความสูงของยอดกับความลึกของหลุม โดยแสดงขนาดเฉลี่ยของระยะระหว่างความสูงของยอดกับความลึกของหลุม ทั้งหมด 5 ชุด การวัดทดสอบเป็นช่วงเท่า ๆ กัน 5 ช่วงแล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 โดยที่ค่าของ Rz มีหน่วยเป็น ไมโครเมตร

2.2.5 เครื่องวัดความหยาบผิว

เครื่องมือวัดความหยาบผิวแยกออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ เครื่องวัดความหยาบผิวแบบเคลื่อนที่กับแบบตั้งอยู่กับที่ เครื่องวัดความหยาบผิวในเครื่องหนึ่งๆ อาจสามารถวัดความหยาบผิวได้หลายวิธี ซึ่งในเมืองไทยก็มีหลายบริษัทที่ขายเครื่อง ซึ่งบริษัทเหล่านี้ล้วนเป็นตัวแทนจำหน่าย ส่วนผู้ผลิตหรือยี่ห้อของเครื่องวัดความหยาบผิวก็เช่น ยี่ห้อมาห์ร (Mahr) อินไซด์ (Insize) ดูราเทซ (Duratex) และมิททูโทโย (Mitutoyo) ส่วนราคาก็ต่างกันมากแล้วแต่คุณลักษณะการใช้งานและความต้องการ

2.2.6 หลักการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานด้วยกรรมวิธีการขัดด้วยวัสดุขัด[6]

การปรับปรุงผิวชิ้นงานด้วยวิธีการขัด ด้วยวัสดุขัดสามารถขัดผิวชิ้นงานโดยอาศัยผงขัดมาทำหน้าที่เสมือนเครื่องมือตัด (Cutting tool) สำหรับปรับผิวงาน เพื่อให้ชิ้นงานเกิดความเรียบ และความลึกของการตัด (Depth of cut) ที่เกิดขึ้นจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดของผงขัดมาก จึงก่อให้เกิดชิ้นงานที่มีความหยาบผิวในระดับที่ต่ำกว่าขนาดของผงที่นำมาใช้โดยลักษณะของการปาดผิวชิ้นงานของผงขัดอาศัยแรงกดจากอุปกรณ์สำหรับขัดมาทำให้ผงขัดตกลงไปในชิ้นงานและอาศัยของอุปกรณ์สำหรับขัดเป็นตัวพาให้ผงขัดเคลื่อนที่ปาดผิวหน้าชิ้นงานไปดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กลไกการขัดชิ้นงานด้วยวิธี Abrasive Machining[2]

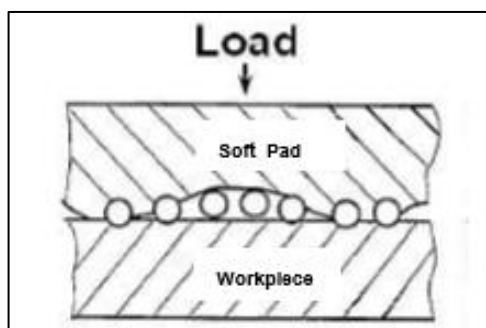
(ที่มา : ไพรัช ตั้งพรประเสริฐและคณะ,2552)

จากกลไกที่ข้างต้นพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อ ค่าความหยาบผิว ได้แก่

1. ขนาดของผงขัดเนื่องจากผงขัดมีขนาดเล็กจะส่งผลให้ความลึกของการตัดที่เกิดขึ้นนั้นมีขนาดเล็กตาม ทำให้สามารถปรับปรุงผิวในระดับที่ละเอียด

2. ความแข็ง (hardness) ของ Polishing Tool จะเห็นได้ว่า เครื่องมือขัดมีความอ่อนนุ่มแต่นำมาใช้คู่กับผงขัดที่มีความแข็งแรงสูงจะส่งผล ให้สามารถกัดชิ้นงานให้ระนาบเสมอกันได้ดีกว่าการใช้ เครื่องมือขัดที่มีความแข็งแรงสูงใน ระดับความละเอียดเดียวกันกับผงขัด เพราะว่าเครื่องมือขัด ที่มีความอ่อนนุ่มสูง จะยิ่งทำให้ผงขัดยุบตัวลงไปในตัวมันเองและสามารถรักษาระทางขัดได้ดีกว่า ดังที่แสดงในรูปที่ 2.2

3. แรงกดของอุปกรณ์ขัดที่ส่งไปที่ผิวของชิ้นงาน เนื่องจากแรงกดที่ใส่ให้กับเครื่องมือขัดย่อมกระจายต่อไปยังผงขัด ต่างๆด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่ายิ่งใส่แรงกดมากขึ้น ผงขัดก็ยิ่งกินชิ้นงานมากขึ้นตาม ส่งผลให้ความหยาบผิวมากขึ้นตามด้วย[9]



รูปที่ 2.2 ผิวสัมผัส Polishing Tool กับชิ้นงาน[2]

(ที่มา : ไพรัช ตั้งพรประเสริฐและคณะ,2552)

เนื่องจากการที่ผงขัดไม่ยึดติดอยู่กับอุปกรณ์ขัด ส่งผลให้ผงขัดต้องปาดผิวชิ้นงาน เพราะในกรณีที่มีค่าความหยาบผิวงานเริ่มต้นที่สูง แรงที่ส่งจากอุปกรณ์ขัดไม่เพียงพอที่จะทำให้ผงขัดปาดผิวหน้าชิ้นงานได้จึงทำให้ผงขัดเกิดการเคลื่อนที่หรือไหลไปตามความขรุขระแทน ทำให้ไม่เกิดการปรับปรุงผิวของชิ้นงาน ดังนั้นกระบวนการ ปรับปรุงผิวของชิ้นงานด้วยวิธี Abrasive Polishing จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความหยาบผิวเริ่มต้นกับขนาดของผงขัดที่เหมาะสม

2.3 การหาค่าทางสถิติ [1]

การทำวิจัยจำเป็นต้องใช้สถิติมาช่วยตั้งแต่เริ่มต้น ได้แก่ การคำนวณขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม กระบวนการสุ่ม กระบวนการจัดสรรหลังจากเก็บข้อมูลได้ สถิติเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์จนกระทั่งสุดท้ายคือการรายงานผลและการตีพิมพ์ก็มีการแสดงผลทางสถิติเพื่อแสดงถึงความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย และการนำไปใช้ ดังนั้น ถ้าการใช้สถิติไม่ถูกต้อง ก็จะทำให้ผลที่นำเสนอไม่น่าเชื่อถือ เมื่อผู้อ่านนำไปใช้ก็จะผิดพลาดได้

2.3.1 สูตรการหาขนาดกลุ่มตัวอย่าง

1. กรณีทราบจำนวนประชากร แต่ประชากรไม่มาก

สูตรที่ใช้

$$n = \frac{P(1-P)}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{P(1-P)}{N}} \quad (2.1)$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

N คือ ขนาดประชากร

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม (โดยทั่วไปนิยมใช้สัดส่วน 30% หรือ 0.30)

Z คือ ระดับความมั่นใจที่กำหนด หรือระดับนัยสำคัญทางสถิติ เช่น

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.10 เท่ากับ 1.65 (ความเชื่อมั่น 90%) $Z = 1.65$

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เท่ากับ 1.96 (ความเชื่อมั่น 95%) $Z = 1.96$ (ปกตินิยมระดับความเชื่อมั่น 95%)

Z ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 เท่ากับ 2.58 (ความเชื่อมั่น 99%) $Z = 2.58$

E คือ คลาดเคลื่อนเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่าง เช่น

ระดับความเชื่อมั่น 90% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.10

ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05 (ปกตินิยม
ระดับความเชื่อมั่น 95%)

ระดับความเชื่อมั่น 99% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.01

2.3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

การประมาณค่าพารามิเตอร์ คือ การใช้สถิติในการคาดคะเนผลที่เป็นของประชากร (ค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวน) จากการศึกษาในตัวอย่างที่สุ่มออกมาเนื่องจากผลการศึกษาที่นักวิจัยได้จากการเก็บข้อมูลจะเป็นลักษณะของตัวอย่าง(ยังไม่ใช่ลักษณะของประชากร) ซึ่งแท้จริงแล้ว เกิดขึ้นจากเรสุ่มมาหนึ่งแบบ ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Sample mean, $\bar{X}$) ที่คำนวณได้ มาจากการศึกษาครั้งเดียวที่ใช้จำนวน n ขึ้น สุ่มออกมาจากประชากรที่มีจำนวน N ขึ้น ดังนั้น หากมีการสุ่มใหม่โดยใช้จำนวน n ขึ้นอีกครั้งเพื่อทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของตัวอย่างครั้งใหม่ ก็จะได้ค่าเฉลี่ยอีกค่าหนึ่ง ($2\bar{X}$) ซึ่งมักไม่เท่ากันพอดีกับค่าเฉลี่ยค่าแรก ($1\bar{X}$) ถ้าเราทำการสุ่มมากขึ้นอีก ในที่สุด เราจะได้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง มีค่าต่างๆ คือ $1\bar{X}, 2\bar{X}, 3\bar{X}...n\bar{X}$ ถ้านำค่าเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหลายเหล่านี้ มาดูการแจกแจง จะพบว่าเป็นรูปแบบการแจกแจงปกติ (Normal distribution) และมีคุณสมบัติดังนี้ คือ

-ค่าเฉลี่ยของ Sample means ($\mu_{\bar{X}}$) มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของประชากร (μ)

-ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Sample means ($\sigma_{\bar{X}}$) มีค่าเท่ากับ $\sigma / \sqrt{n}$ ค่าเบี่ยงเบนของ Sample means หรือคือช่วงที่เป็นไปได้ของค่า μ เรียกว่า Standard error ของ mean อันเป็นที่มาของชื่อ Standard Error (SE) นั่นเองค่า SE จึงแตกต่างจาก SD กล่าวคือ SD เป็นการบอกความผันแปรของข้อมูลจากตัวอย่างว่าการกระจายเป็นอย่างไ ขณะที่ SE จะบอกถึงความผันแปรของค่าสถิติต่างๆ (เช่น Sample means) ซึ่งค่า SE มีความเกี่ยวข้องกับ SD และ n โดยสูตรดังนี้

$$SE = SD / \sqrt{n} \quad (2.2)$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์นิยมการประมาณแบบเป็นช่วง (Interval estimation) โดยประเมินว่า จะมีโอกาสเท่าใดที่ค่าพารามิเตอร์จะตกอยู่ในช่วงนั้น การรายงานผลจะบอกค่า 1 ค่า ร่วมกับช่วงของค่าตามร้อยละของความเชื่อมั่น (Confidence Intervals หรือ CI)

2.3.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์จากค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

ตัวอย่างชุดเดียว (One sample)

ค่าเฉลี่ยของประชากร
$$\mu = \bar{x} \pm Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง

σ = ค่า SD ในประชากร

n = จำนวนตัวอย่าง

Z = ค่าปกติมาตรฐานซึ่งขึ้นกับการกำหนดช่วงความเชื่อมั่น

โดยที่ 90 % CI, $Z = +1.64$

95 % CI, $Z = +1.96$

99 % CI, $Z = +2.58$

แต่ในทางปฏิบัติแล้วค่า σ มักจะไม่ทราบ ดังนั้นจะใช้ SD ในตัวอย่างแทน และใช้ค่า t แทนค่า Z ซึ่งค่า t ก็ได้จากการเปิดตารางแจกแจงค่า t โดยกำหนดให้ degree of freedom (df) เป็น $n-1$ ดังนั้นการประมาณค่า μ จะเป็นดังนี้

$$\mu = \bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

ถ้าขนาดของตัวอย่างมีจำนวนมากพอ (อาจกล่าวได้ว่ามากกว่า 30) การแจกแจงค่า t ก็จะเข้าใกล้ค่า Z ก็อาจใช้ค่า Z แทนได้

2.4 สมมติฐาน

สมมติฐาน (Hypothesis) คือ คำตอบที่คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าอย่างสมเหตุสมผลต่อปัญหาที่ศึกษา หรือการเดาที่ใช้หลักเหตุผลใช้ปัญญา และเขียนอยู่ในลักษณะของข้อความที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป คำตอบนี้อาจจะถูกต้องหรือไม่ก็ได้ จึงต้องมีการทดสอบ โดยอาศัยข้อมูลต่าง ๆ และวิธีการทางสถิติ สมมติฐานแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

2.4.1 สมมติฐานทางวิจัย

สมมติฐานทางวิจัย (Research hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนอยู่ในรูปของข้อความที่ใช้ภาษา เป็นสื่อในการอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา สมมติฐานประเภทนี้ เป็นสมมติฐานที่ปรากฏอยู่ในรายงานการวิจัยสมมติฐานทางวิจัยนี้มีเทคนิคการเขียนอยู่ 2 แบบ คือ

1. สมมติฐานแบบมีทิศทาง (Directional hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนโดยสามารถระบุได้แน่นอนถึงทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปรว่าสัมพันธ์ในทางใด(บวกหรือลบ) หรือถ้าเป็นการเปรียบเทียบก็สามารถระบุได้ถึงทิศทางของความแตกต่าง การตั้งสมมติฐานแบบนี้ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมั่นในเหตุผลของการตั้งสมมติฐานของผู้วิจัยว่ามีความเชื่อมั่นค่อนข้างสูง

2. สมมติฐานแบบไม่มีทิศทาง (Nondirectional hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนโดยไม่ได้ระบุทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปร หรือทิศทางของความแตกต่างเพียงระบุว่าตัวแปร 2 ตัวนั้นมีความสัมพันธ์หรือถ้าเป็นการเปรียบเทียบก็ระบุเพียงว่าสองกลุ่มนั้นมีคุณลักษณะแตกต่างกันเท่านั้น

2.4.2 สมมติฐานทางสถิติ[2]

สมมติฐานทางสถิติ (Statistical hypothesis) เป็นสมมติฐานที่เขียนเปลี่ยนรูปมาจากสมมติฐานทางวิจัยให้อยู่ในรูปของโครงสร้างทางคณิตศาสตร์โดยใช้สัญลักษณ์ที่แทน คุณลักษณะของประชากร ที่เรียกค่าพารามิเตอร์ (Parameter) มาเขียนอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

1. สมมติฐานเป็นกลาง (Null hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_0 เป็นสมมติฐานทางสถิติที่เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยระบุว่าตัวแปร 2 ตัวนั้น ไม่มีความสัมพันธ์กันหรือคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของสองกลุ่มนั้นไม่แตกต่างกัน หรือสิ่งที่ต้องการทดสอบเท่ากัน

2. สมมติฐานไม่เป็นกลาง (Alternative hypothesis) แทนด้วยสัญลักษณ์ H_1 หรือ H_2 แล้วแต่ว่าจะมีกี่ตัว เป็นสมมติฐานทางสถิติที่เขียนอธิบายถึงความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยระบุถึงทิศทางของความสัมพันธ์ของตัวแปร ว่าสัมพันธ์กันทางใด (บวกหรือลบ) หรืออธิบายถึงคุณลักษณะใดคุณลักษณะหนึ่งของสองกลุ่ม โดยระบุว่ากลุ่มใดเป็นคุณลักษณะนั้นหรือสิ่งนั้นดีกว่า- เลวกว่า, มากกว่า - น้อยกว่า, สูงกว่า - ต่ำกว่า อีกกลุ่มหนึ่ง หรือแตกต่างกันหรือไม่เท่ากันหรือมีความสัมพันธ์กันสัญลักษณ์ที่ใช้บ่อยในการตั้งสมมติฐานทางสถิติ ได้แก่

r แทนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปคะแนนดิบ

ρ แทนความสัมพันธ์ของตัวแปรในรูปอันดับที่

μ แทนค่าของประชากร

σ^2 แทนความแปรปรวนของประชากร

ตัวอย่างสมมติฐานทางสถิติแบบเป็นกลาง(H_0)

กรณีการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร

$$H_0: r_{AB} = 0 \text{ หรือ } \rho_{AB} = 0$$

กรณีการเปรียบเทียบ

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ หรือ } \mu_A = \mu_B$$

ตัวอย่างการตั้งสมมติฐานทางสถิติแบบไม่เป็นกลาง(H_1)

กรณีการหาความสัมพันธ์ของตัวแปร [8]

$$H_1: r_{AB} \neq 0 \text{ หรือ } \rho_{AB} \neq 0 \text{ หรือ } H_1: r_{AB} \neq \text{เป็น} + \text{ หรือ } \rho_{AB} \text{เป็น} +$$

$$H_1: r_{AB} \neq \text{เป็น} - \text{ หรือ } \rho_{AB} \text{เป็น} -$$

กรณีเปรียบเทียบ

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ หรือ } H_1: \mu_1 > \mu_2 \text{ หรือ } H_1: \mu_1 < \mu_2$$

2.5 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นการออกแบบเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสม โดยการหา ค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ซึ่งอาศัยแบบจำลองหรือสมการทางคณิตศาสตร์มาอธิบาย ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มี ผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ สามารถศึกษาผลของหลายๆ ปัจจัย พร้อมกันในเวลาเดียวกันด้วยวิธี ใช้จำนวนการทดลองน้อยกว่าการศึกษาทีละปัจจัย การ ออกแบบการทดลองจึงเป็นวิธีการเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับค่า ของปัจจัย (factors) อย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของผลตอบ (response) ที่ เกิดขึ้นกระบวนการที่มีปัจจัย(factors) หรือผลตอบ (response : X1, X2, X3,X4) ต่าง ๆ ที่ส่งผล ต่อค่า Y ซึ่งเป็นคุณลักษณะด้านคุณภาพ (quality characteristic) ของกระบวนการ ในการ ออกแบบการทดลองเราต้องทำการทดลองอย่างเป็นระบบเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์เชิงสถิติ ของ Y และ X อื่น ๆ โดยที่พยายามใช้ทรัพยากรในการทดลองให้มี ประสิทธิภาพมากที่สุด ความสัมพันธ์เชิงสถิติที่ได้ จะทำให้เรามีความรู้ เกี่ยวกับกระบวนการ (process knowledge) เพื่อ นำไปปรับปรุงกระบวนการต่อไป

2.5.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล[2]

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Experiment of Factorial Design) หมายถึงการทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีประโยชน์หลายประการ ได้แก่ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากอันตรกิริยาของปัจจัยที่จะก่อให้เกิดข้อสรุปที่ผิดพลาดได้ เนื่องจากการออกแบบการทดลองที่มีประสิทธิภาพเหนือกว่าการทดลองทีละปัจจัย และทำให้เราสามารถประมาณผลของปัจจัยหนึ่งที่ระดับต่างๆ ของปัจจัยอื่นได้ รวมทั้งทำให้เราสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลต่อเนื่องกันของการทดลองได้ซึ่งการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลมีอยู่ด้วยกันหลายแบบได้แก่

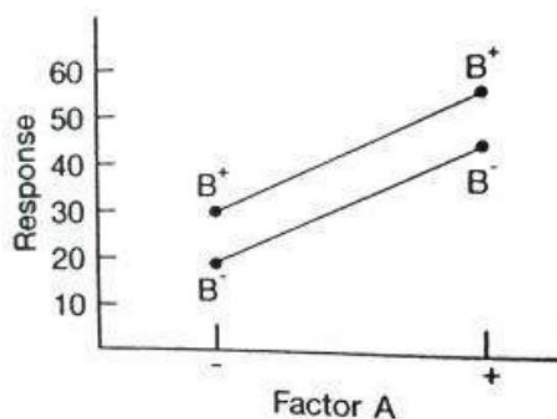
1. การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย เป็นการออกแบบเชิงแฟกทอเรียล

ชนิดที่ง่ายที่สุดจะเกี่ยวข้องกับปัจจัย 2 ปัจจัย เช่น ปัจจัย A และปัจจัย B โดยปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ ส่วนปัจจัย B จะประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งในแต่ละเรพลิเคตของการทดลองจะประกอบด้วยผลการทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมดเท่ากับ $a \times b$ การทดลองและโดยปกติจะมีจำนวนเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง

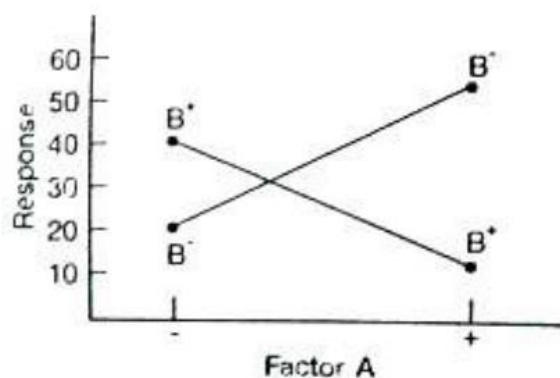
2. การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k

เป็นการออกแบบการทดลองในกรณีมีปัจจัย k ปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับเหล่านี้อาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อุณหภูมิ ความดัน หรืออาจจะเกิดจากข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น เครื่องจักร คนงานและใน 2 ระดับที่กล่าวนี้จะแทนด้วยระดับสูงและต่ำของปัจจัยต่างๆ ใน 1 เรพลิเคต ที่บริบูรณ์สำหรับการออกแบบเช่นนี้ จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น 2^k ข้อมูล การออกแบบการทดลองแบบนี้มีประโยชน์มากต่องานทดลองในช่วงเริ่มแรก เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่เราต้องการที่จะตรวจสอบ การออกแบบเช่นนี้จะทำให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถทำได้

ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งหมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบ(Response)ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้นๆ ซึ่งเรียกว่าผลหลัก (Main Effect) เนื่องจากว่าเกี่ยวข้องกับปัจจัยเบื้องต้นของการทดลองเป็นการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย โดยที่แต่ละปัจจัยจะประกอบด้วย 2 ระดับคือระดับต่ำและสูงซึ่งจะแทนระดับทั้งสองด้วยเครื่องหมาย - และ +



รูปที่ 2.3 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (ไม่มีอันตรกิริยา)



รูปที่ 2.4 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล (มีอันตรกิริยา)

3. การทดลองแฟกทอเรียล 3 ปัจจัย [3]

เขียนตัวแบบสถิติแสดงการออกแบบการทดลองเป็นรูปสัญลักษณ์ตัวแบบสถิติสำหรับการทดลองที่มี 3 ปัจจัยออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ตัวแบบสถิติที่มีอิทธิพลแบบกำหนดเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijkl} \quad (2.5)$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, n$$

เมื่อ y_{ijk} คือ ค่าสังเกตที่ได้รับทรีทเมนต์ ijk ตัวที่ 1

μ คือ ค่าเฉลี่ยทั้งหมด

α_i คือ อิทธิพลของปัจจัย A

β_j คือ อิทธิพลของปัจจัย B

γ_k คือ อิทธิพลของปัจจัย C

$(\alpha\beta)_{ij}$ คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย A และปัจจัย B

$(\alpha\gamma)_{ik}$ คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย A และปัจจัย C

$(\beta\gamma)_{jk}$ คือ อิทธิพลร่วมของปัจจัย B และปัจจัย C

e_{ijkl} คือ ความคลาดเคลื่อนสุ่มของการทดลอง

- สมมติฐานทางสถิติ

สมมติฐานทางสถิติที่ต้องการทดสอบ คือ การทดสอบอิทธิพลหลัก

$H_0: \alpha_i = 0$ VS $H_1: \alpha_i \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0: \beta_j = 0$ VS $H_1: \beta_j \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0: \gamma_k = 0$ VS $H_1: \gamma_k \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

การทดสอบอิทธิพลร่วม

$H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$ VS $H_1: (\alpha\beta) \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0: (\alpha\gamma)_{ik} = 0$ VS $H_1: (\alpha\gamma)_{ik} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0: (\beta\gamma)_{jk} = 0$ VS $H_1: (\beta\gamma)_{jk} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

$H_0: (\alpha\beta\gamma)_{ijk} = 0$ VS $H_1: (\alpha\beta\gamma)_{ijk} \neq 0$ อย่างน้อย 1 ค่า

- คำนวณค่าสถิติทดสอบ

การคำนวณผลบวกกำลังสองสำหรับทรีทเมนต์สามารถแบ่งออกเป็น 7 ส่วน คือ

$$SSTr = SSA + SSB + SSC + SSAB + SSAC + SSBC + SSABC \quad (2.6)$$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณสำหรับแต่ละเทอม คือ

$$SST = \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c \sum_l^n y_{ijkl}^2 - CT \quad (2.7)$$

$$SSA = \frac{1}{bcn} \sum_i^a y_{i...}^2 - CT \quad (2.8)$$

$$SSB = \frac{1}{acn} \sum_j^b y_{.j...}^2 - CT \quad (2.9)$$

$$SSC = \frac{1}{abn} \sum_k^c y_{..k.}^2 - CT \quad (2.10)$$

$$SSAB = \frac{1}{cn} \sum_i^a \sum_j^b y_{ij..}^2 - CT - SSA - SSB \quad (2.11)$$

$$SSAC = \frac{1}{bn} \sum_i^a \sum_k^c y_{i.k.}^2 - CT - SSA - SSC \quad (2.12)$$

$$SSBC = \frac{1}{an} \sum_j^b \sum_k^c y_{.jk.}^2 - CT - SSB - SSC \quad (2.13)$$

$$SSABC = \frac{1}{n} \sum_i^a \sum_j^b \sum_k^c y_{ijk.}^2 - CT - SSA - SSB - SSC - SSAB \quad (2.14)$$

$$SSE = SST - SSA - SSB - SSC - SSAB - SSBC - SSABC \quad (2.15)$$

$$\text{เมื่อ } CT = \frac{y_{....}}{abcn} \quad (2.16)$$

นำผลการคำนวณสรุปลงในตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองแฟกทอเรียลที่มี 3 ปัจจัย มีอิทธิพลแบบกำหนดออกแบบการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์

Source of Variation	Sum of Square	Degree of Freedom	Mean Square	F ₀
ทรีทเมนต์	SSTr	abc – 1		
A	SSA	a – 1	MSA	$\frac{MSA}{MSE}$
B	SSB	b – 1	MSB	$\frac{MSB}{MSE}$
C	SSC	c – 1	MSC	$\frac{MSC}{MSE}$
AB	SSAB	(a – 1)(b – 1)	MSAB	$\frac{MSAB}{MSE}$
AC	SSAC	(a – 1)(c – 1)	MSAC	$\frac{MSAC}{MSE}$
BC	SSBC	(b – 1)(c – 1)	MSBC	$\frac{MSBC}{MSE}$
ABC	SSABC	(a – 1)(b – 1)(c – 1)	MSABC	$\frac{MSABC}{MSE}$
Error	SSE	abc(n – 1)	MSE	
Total	SST	abcn – 1		

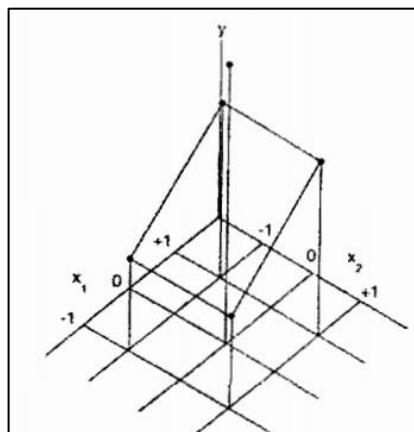
4.การออกแบบการทดลอง 2^k แบบมีจุดเซ็นเตอร์

ในการใช้งานการออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2 ระดับ จะมีสมมุติฐานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบการทดลองว่า อิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาจะมีลักษณะความเป็นเชิงเส้นตรงภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษาและหากมีความจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบสมมุติฐานอิทธิพลของปัจจัยที่ศึกษาจะมีลักษณะเป็นเชิงเส้นตรงภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษาหรือไม่ การทดสอบนี้จะใช้ลักษณะการเป็นพื้นผิวโค้ง(Curvature) ซึ่งมีความสัมพันธ์ตอบสนอง (Response Function) ว่าปัจจุบันค่าปรับตั้งของกระบวนการมีลักษณะเชิงเส้นตรงอยู่หรือไม่ ซึ่งการตรวจสอบจะต้องใช้ตัวแบบสมการพื้นผิวดตอบสนองกำลังสอง (Second – Order Response Surface Model) ในการอธิบายลักษณะการเป็นพื้นผิวโค้งดังกล่าว

$$y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^k \beta_{jj} x_j^2 + \varepsilon$$

โดยที่ β_{jj} แทนอิทธิพลกำลังสอง (Quadratic Effect)

วิธีการในการหาว่าบริเวณที่ศึกษาจะมีลักษณะการเป็นพื้นผิวโค้งหรือไม่นั้น ทำได้โดยการทำซ้ำ
ในบริเวณตรงกลางของระนาบ ที่เกิดจากการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียลซึ่งเรียกว่า การทดลอง
ลงไปบริเวณตรงกลางหรือการออกแบบการทดลองแบบ 2^k ที่มีจุดเซ็นเตอร์ ดังรูปที่



รูปที่ 2.5 แสดงการออกแบบการทดลอง 2^k ที่มีจุดเซ็นเตอร์

จากรูปที่ 2.5 เป็นการทดลองแบบ 2^k แฟกทอเรียลโดยการทดลองที่มุมจะได้แก่ $(-, -)(+, -)(-, +)$
 $(+, +)$ และ nc คือ เซ็นเตอร์พ้อยท์ $(0, 0)$ ทำการหาค่าเฉลี่ยที่มุม (y_F) ทั้งสี่มุมและให้ทำการเฉลี่ยที่
 $(\bar{y}_F)$ หาก $(\bar{y}_F - \bar{y}_C)$ มีค่าน้อยแสดงว่าจุดเซ็นเตอร์มีค่าใกล้เคียงเส้นและไม่มีลักษณะการเป็น
พื้นผิวโค้ง แต่ในการกลับกัน ถ้า $(\bar{y}_F - \bar{y}_C)^2$ มีค่ามาก แสดงว่าเกิดลักษณะการเป็นพื้นผิวโค้ง ใน
การวิเคราะห์ผลจากการทดลองจะวิเคราะห์ผ่านความแปรปรวน โดยดูผลรวมกำลังสอง (Pure
Quadratic) ว่าเกิดขึ้นหรือไม่ โดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$SS_{\text{Pure Quadratic}} = \frac{n_F + n_C ((y_F - y_C)^2)}{n_F + n_C}$$

โดยสามารถตั้งสมมติฐานในการทดลองได้ดังนี้

$$H_0: \sum_{j=1}^k \beta_{jj} = 0 \text{ (ความสัมพันธ์ของตัวแบบไม่มีอิทธิพลของปัจจัยกำลังสอง)}$$

$$H_0: \sum_{j=1}^k \beta_{jj} \neq 0 \text{ (ความสัมพันธ์ของตัวแบบไม่มีอิทธิพลของปัจจัยกำลังสอง)}$$

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชนิกานต์ เนติงาม[5] การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน (OD Polishing) ของบริษัท ไซโก้ อินสทรูमेंท์ (ประเทศไทย) จำกัด การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน (OD Polishing) ของบริษัท ไซโก้ อินสทรูमेंท์ (ประเทศไทย) จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการขัดชิ้นงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงประกอบด้วย (1) ลดขั้นตอนการขัดจาก 2 ขั้นตอน เป็น 1 ขั้นตอน (2) เปลี่ยนหินขัดเป็นรหัส GC180 L 7V5S (3) เพิ่มความเร็วรอบหมุนของหินขัดจาก 60 RPM เป็น 70 RPM ต้นทุนการผลิตลดลงร้อยละ 51.18 จาก 0.0015 บาทต่อชิ้น เป็น 0.00073 บาทต่อชิ้น และผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมลดลง ร้อยละ 49.87

ไพรัช ตั้งพรประเสริฐและคณะ[6] ได้ศึกษา การปรับปรุงความหยาบผิวด้วยขนาดผงขัดและเส้นทางการขัดที่ งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการ Abrasive polishing เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของผงขัดกับความหยาบผิวเริ่มต้นของชิ้นงานและหาเส้นทางการขัดที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้จะนำไปสู่การออกแบบกระบวนการผลิตชิ้นงานที่ต้องการค่าความหยาบผิวที่ต่ำๆในระดับนาโนเมตร เช่น พวกข้อต่อเทียมต่างๆ ที่ใช้ทางด้านการแพทย์ งานด้านออฟติคอลลেনส์ เป็นต้น จากการศึกษาจะเห็นว่าถ้า ขนาดผงขัดมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้กินผิวชิ้นงานไม่เข้า หรือถ้าขนาดของผงขัดมีขนาดที่ใหญ่เกินไปจะทำให้ผงขัดเกิดการกลิ้งข้ามความหยาบผิวแทนการกินชิ้นงาน เพราะฉะนั้นความหยาบผิวแต่ละค่าจะมีขนาดผงที่เหมาะสมอยู่และนอกจากนั้นเส้นทางการขัดที่เหมาะสมยังสามารถช่วยลดความหยาบและทิศทางของการตัดซึ่งส่งผลให้ความหยาบที่ได้จากการวัดแต่ละแนวมีค่าที่ใกล้เคียงกันซึ่ง จากผลการทดลองสามารถลดความหยาบผิวของชิ้นงานโดยการทดลองกับ Mild steel ลงได้จนเหลือเพียง 50 นาโนเมตร

พจนศักดิ์ พงนาและชนะ รักษ์ศิริ[7] ได้ศึกษาเงื่อนไข การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการขัดผิวเหล็กแข็งด้วยหัวขัดการประยุกต์ใช้ความสามารถของเครื่องกัดซีเอ็นซีสามแกนในกระบวนการขัดผิวเหล็กแข็งชนิด S45C โดยใช้หัวขัดผ้าสักหลาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตรร่วมกับสารขัดสีชนิดเหลวที่มีส่วนประกอบของผงเพชรซึ่งมีขนาดอนุภาค 0.65 ไมครอน แล้วทำการศึกษาถึงทางเดินของหัวขัดที่เหมาะสมต่อกระบวนการขัดผิวเหล็กแข็ง ที่ใช้เวลาน้อยที่สุดและให้ค่าความหยาบผิวเฉลี่ยที่ดีที่สุด ซึ่งพบว่าทางเดินหัวขัดแบบก้นหอยใช้เวลา น้อยที่สุด คือ 6.59 นาที ต่อการขัดผิวเหล็ก 1 ชิ้น และมีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยเป็น 0.2517

ไมโครเมตร จากนั้นทำการออกแบบหัวขัดเคลือบผงเพชร โดยเลือกใช้ผงเพชรขนาดต่างๆกัน 5 ขนาด ตามมาตรฐานสหพันธ์ผู้ผลิตสารขัดสีภาคพื้นยุโรป เชื่อมประสานผงเพชรเข้ากับหัวขัด ด้วยวิธีการอิเล็กโตรเพลท โดยกำหนดให้เครื่องกัดซีเอ็นซีสามแกนมีความเร็วรอบ 8,000 รอบต่อนาที อัตราป้อน 1,000 มิลลิเมตรต่อนาที และใช้ทางเดินของหัวขัดแบบก้นหอยกับทุกชิ้นงาน ผลการทดลองพบว่าหัวขัดเคลือบผงเพชรขนาด 32-38 ไมครอน สามารถขัดผิวเหล็กแข็งให้มีค่าความหยาบผิวเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 0.7075 ไมโครเมตร กล่าวได้ว่า หัวขัดที่ได้สามารถใช้ในการกระบวนการขัดผิวเหล็กแข็งด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซีสามแกนให้มีความหยาบผิวเฉลี่ยลดลงได้

นรา นุริพันธ์และศิวกอ อ่างทอง[8] ในการดำเนินการศึกษาวิจัยใช้วิธีการทดสอบการตัดชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม SUS 304 หนา 4 มม. ด้วยเครื่องตัดแบบเลเซอร์ โดยกำหนดตัวแปรหลักของการตัด 3 ตัวประกอบด้วย พลังงานของเลเซอร์ (Power) ความถี่ในการปล่อยแสง (Frequency) และความเร็วตัด (Cutting Speeds) ตัวแปรตามคือ ค่าความหยาบผิว (Surface Roughness) งานวิจัยครั้งนี้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง แฟคทอเรียล 3^3 แล้ววิเคราะห์ผลการทดลองด้วยสถิติจากผลทดสอบและวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า พลังงาน ความถี่ในการปล่อยแสงของเลเซอร์ และ ความเร็วตัดมีอิทธิพลต่อความหยาบผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α) 0.05 และจากการวิเคราะห์ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสถานะการตัดเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 หนา 4 มม. ด้วยเครื่องตัดแบบเลเซอร์ ที่ให้ค่าความหยาบผิวต่ำสุด คือการตัดโดยใช้ค่าพลังงานของเลเซอร์ 800 (w) ค่าความถี่ 200 (Hz) และค่าความเร็วตัด 500 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งจะได้ค่าความเรียบผิวประมาณ 1.25 ไมครอน

Srinivas และคณะ[10] ผลของการตกแต่งที่แตกต่างกันของการขัดในพื้นที่ขรุขระ ของไทเทเนียมบริสุทธิ์ โดยมีวัตถุประสงค์มุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อประเมินผลกระทบของบนพื้นผิว ความหยาบของไทเทเนียมบริสุทธิ์ในเชิงพาณิชย์ ใช้วิธีการสแกนโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในการวิเคราะห์ (SEM) มีวิธีการในการทดลองคือไทเทเนียมบริสุทธิ์จะถูกแบ่งแบ่งออกเป็นสามกลุ่ม (A, B และ C) กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการขัดสีดำ, สีนํ้าตาล, สีเขียวและแผ่นยาง ตามด้วยสารขัดสีเขียวกับสีนํ้าตาลอมเหลือง ตัวอย่างกลุ่ม B ถูกขัดด้วยสีดำ, สีนํ้าตาล, และกรวยยางสีเขียว buffed ด้วยเค้กขัดสีเหลืองออกแบบมาสำหรับผสมทอง ตัวอย่างกลุ่ม C ถูกขัดด้วยกรวย ซิริเซียมคาร์ไบด์ ด้วยขัดสีส้ม วิเคราะห์ข้อมูลจากทฤษฎีของ Tukey's honest significant difference (HSD) การทดสอบเปรียบเทียบหลายกลุ่มที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์เชิง

คุณภาพทำโดย Photo micro graphs SEM ผลการทดลองพบว่า พื้นผิวขรุขระค่า Ra สำหรับกลุ่ม A, B และ C เป็น 0.68 ไมโครเมตร 0.78 μm และ 0.27 μm ตามลำดับ การวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีการตกแต่ง และขัดได้ดีกับกลุ่ม C ซึ่งทดสอบที่มีค่าต่ำลงเมื่อเทียบกับพื้นผิวที่ขรุขระ กับ กลุ่ม A และ B การทดสอบแสดงให้เห็นว่ากลุ่ม C เป็นสถิติเรียบ ($p < 0.01$)

Zhu และคณะ[11]เป็นการขัดกลเคมี (CMP) ถูกใช้ในการ ขัด triborate ลิเทียม (LiB_3O_5 หรือ LBO) คริสตัล วิธีการ ทากูชิ ถูกนำมาใช้ สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพ ของพารามิเตอร์ ขัด อัตราการกำจัดวัสดุ (MRR) และความขรุขระ ของพื้นผิว ได้รับการพิจารณา เป็นเกณฑ์ สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพความดัน ขัดความเข้มข้นที่มีฤทธิ์กัดกร่อน และความเร็ว ของตาราง ที่มีตัวแปรที่สำคัญซึ่ง MRR และ พื้นผิว ขรุขระ ใน ซีเอ็มพี ของ LBO คริสตัล ผล การทดลอง แสดงให้เห็น ว่าสำหรับ MRR ขัด ความดันเป็น พารามิเตอร์ ขัดอย่างมีนัยสำคัญ มากที่สุด ตามมาด้วย ความเร็ว ตารางในขณะที่สำหรับ พื้นผิวที่ขรุขระ,ความเข้มข้นของ สารกัดกร่อน เป็นหนึ่งที่สำคัญที่สุด สูง MRR ใน ซีเอ็มพี ของ คริสตัล LBO สภาวะที่เหมาะสม คือ ความดัน 620 g/cm^2 เข้มข้น 5.0 น้ำหนัก ร้อย และ ความเร็ว 60 รอบ / นาที ตามลำดับ สำหรับ ผิวแห้งกร้าน ที่ดีที่สุด สภาวะที่เหมาะสม คือ ความดัน 416 g/cm^2 เข้มข้น 5.0 เปอร์เซนต์ โดยน้ำหนัก และ ความเร็ว 40 รอบ / นาที ตามลำดับ การมีส่วนร่วม ของพารามิเตอร์ สำหรับแต่ละ MRR และ พื้นผิว ขรุขระ ได้รับ

2.7 บทสรุป

การศึกษาปัญหานี้เป็นสิ่งสำคัญก่อนการทดลอง กระบวนการจัดตกแต่งผิวสแตนเลสด้วยลวดฝามีการใช้เวลาในการทำงานมาก ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุหลายอย่างของกระบวนการผลิต เช่น ใช้สารขัดเหลว (Compound) ไม่เหมาะสมกับชนิดของวัสดุ และการปรับค่าปัจจัยของเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสมกับการขัด คือ ความเร็วรอบมอเตอร์ของหัวสแตนเลส ค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องขัด และเวลาที่ใช้ในการขัด ซึ่งการนำเอาหลักการออกแบบการทดลองแบบ 2^k มาประยุกต์ใช้ เพื่อหาค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการขัดสแตนเลสด้วยลวดฝาลดเวลาของกระบวนการขัดสแตนเลสด้วยลวดฝาลวด