

อุปกรณ์และวิธีการ

จากทฤษฎีที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ เพื่อลดปริมาณความสูญเสีย (Scrap) จากการฉีดพลาสติก รวมทั้งการศึกษ้อัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกใหม่กับ Scrap และอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) ที่เหมาะสมและมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนแรกเป็นการลดปริมาณความสูญเสีย (Scrap) จากการฉีดพลาสติก โดยทำการวิเคราะห์เบื้องต้นด้วยแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) เพื่อกำหนดปัจจัยและระดับปัจจัยที่จะนำมาพิจารณาซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิด Scrap นั้นไม่คงที่อันเนื่องมาจาก 4M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine : M/C) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) ส่วนที่สองเป็นการศึกษ้อัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกใหม่กับ Scrap และอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) ที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) โดยการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) ซึ่งการทดสอบคุณภาพของชิ้นงานด้วยแรงกระแทก (Impact Test) นี้ข้อกำหนดการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของลูกค้าได้กำหนดไว้ว่า ชิ้นงานต้องแตกที่ระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิเมตรโดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. การศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและปัญหาที่เกิดขึ้น
2. การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา
3. ดำเนินการทดลองเบื้องต้นโดยใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design)

จากขั้นตอนต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถอธิบายเป็นแผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยได้ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 แผนผังแสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากภาพประกอบ 22 แสดงลำดับขั้นตอนการดำเนินงาน ซึ่งในบทที่ 2 ได้กล่าวถึง การศึกษาผลงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องแล้ว ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนต่อไปโดยเริ่มจากการศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและปัญหาที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์หาสาเหตุ

ของปัญหารวมถึงออกแบบการทดลองเบื้องต้นและดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ ซึ่งจากขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้นสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียด เพื่อให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

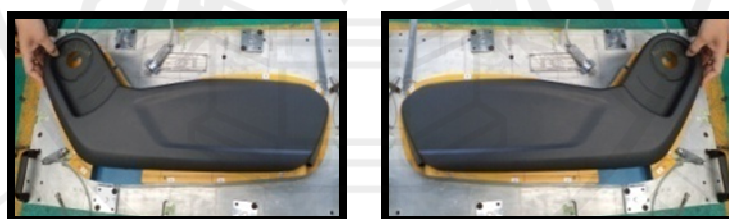
การศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและปัญหาที่เกิดขึ้น

ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้เป็น โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการผลิตส่งออกทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยการผลิตสินค้าจะเป็นแบบการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า สำหรับการดำเนินงานวิจัยในโรงงานกรณีศึกษานี้ผู้วิจัยได้เข้าร่วมกับแผนกฉีดพลาสติกเพื่อทำการศึกษาและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของการผลิต

ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการวิจัย

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาในส่วนของแผนกฉีดพลาสติกของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต คือ SIDE VALANCE 2-WAY LH/RH ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเบาะนั่งรถยนต์ และ Case V Duct ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแอร์ในรถยนต์ ดังแสดงในภาพประกอบ 23 ถึง 24



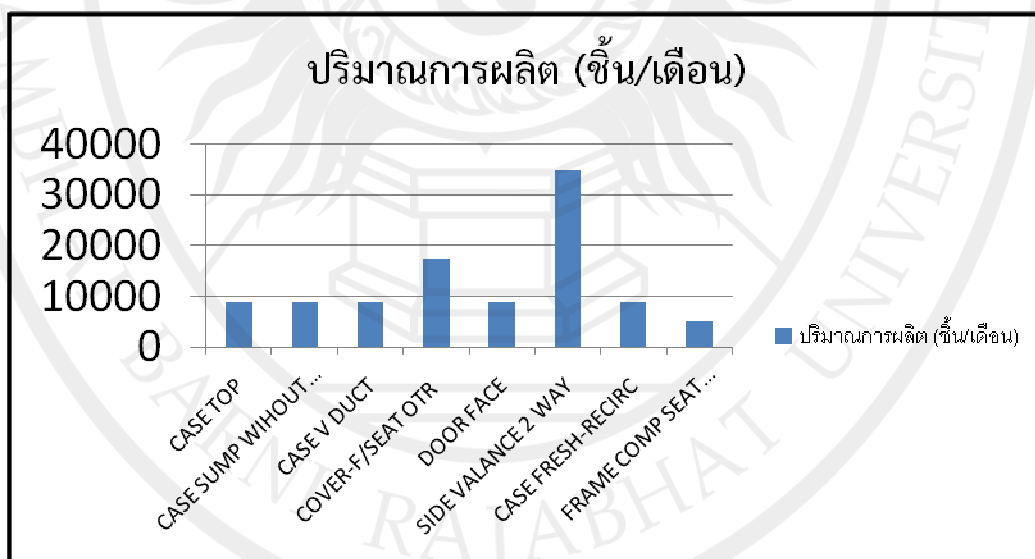
ภาพประกอบ 23 แสดงผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง SIDE VALANCE 2-WAY LH/RH ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.



ภาพประกอบ 24 แสดงผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง Case V Duct ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

แต่สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือกผลิตภัณฑ์ของชิ้นส่วนยานยนต์ คือ SIDE VALANCE 2-WAY LH/RH ซึ่งมีน้ำหนักของชิ้นงานประมาณ 476 ± 5 g และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการผลิตค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานตัวอื่น ๆ มีอัตราการผลิตประมาณ 35,000 ชิ้น/เดือน และมีปริมาณ Scrap ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก มาทำการวิจัย ดังภาพประกอบ 25



ภาพประกอบ 25 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณการผลิตในกลุ่มชิ้นส่วนยานยนต์

จากข้อมูลในอดีตตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงสิงหาคม พ.ศ. 2555 พบว่า มีปริมาณ Scrap เท่ากับ 8.67 % ซึ่งเกินกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ไม่เกิน 5 % ทั้งนี้ ของเสียที่เกิดจากการ Recycle สามารถนำมาใช้ใหม่ได้ 3 ครั้ง เพราะถ้ามากกว่า 3 ครั้ง จะส่งผลทำให้โครงสร้างของพลาสติกเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อด้านคุณภาพของชิ้นงาน การนำ Scrap มาใช้ใหม่ จะต้องมีการควบคุมการผสมอย่างถูกต้องและในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้ส่งผลต่อโครงสร้างของชิ้นงาน และเป็นการลดต้นทุนในการผลิต โดยแสดงผลจากตาราง 12

ตาราง 12 แสดงมูลค่าการสูญเสียที่คาดว่าจะได้รับจากเป้าหมาย 5 %

เดือน	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
Mat.Consumption (Kgs.)	25,155	26,663	25,555	25,550
Scrap (Kgs.)	2,372	2,467	1,909	2,190
Prod'n output (Pcs.)	79,480	78,888	77,567	76,110
% Scrap	9.42	9.25	7.47	8.57
มูลค่าความสูญเสีย(บาท)	287,012	298,507	230,989	264,990
ถ้าลดการสูญเสียเหลือ 5 %	152,341.82	161,355.13	154,611.11	154,603.26
ค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะลดลง	134,670.17	137,151.87	76,377.89	110,386.74

หมายเหตุ : จากตาราง 12 สามารถลดปริมาณของเสียเฉลี่ย ทั้ง 4 เดือน = 114,654.88 บาท/เดือน ทั้งนี้ยังไม่รวมกับการนำ Scrap กลับมาใช้ผสมใช้ใหม่อีกครั้ง จากตารางแสดงผลสามารถลดต้นทุนในการซื้อวัตถุดิบได้ต่อปี ประมาณ 1,375,858.56 บาท ซึ่ง Module Like ของ Model SIDE VALANCE 2-WAY LH/RH มีระยะเวลาประมาณ 5 ปี = $1,375,858.56 \times 5 \text{ ปี} = 6,879,292.80 \text{ บาท}$ ถือว่าคุ้มทุนหากนำ Scrap มาเป็นส่วนผสม

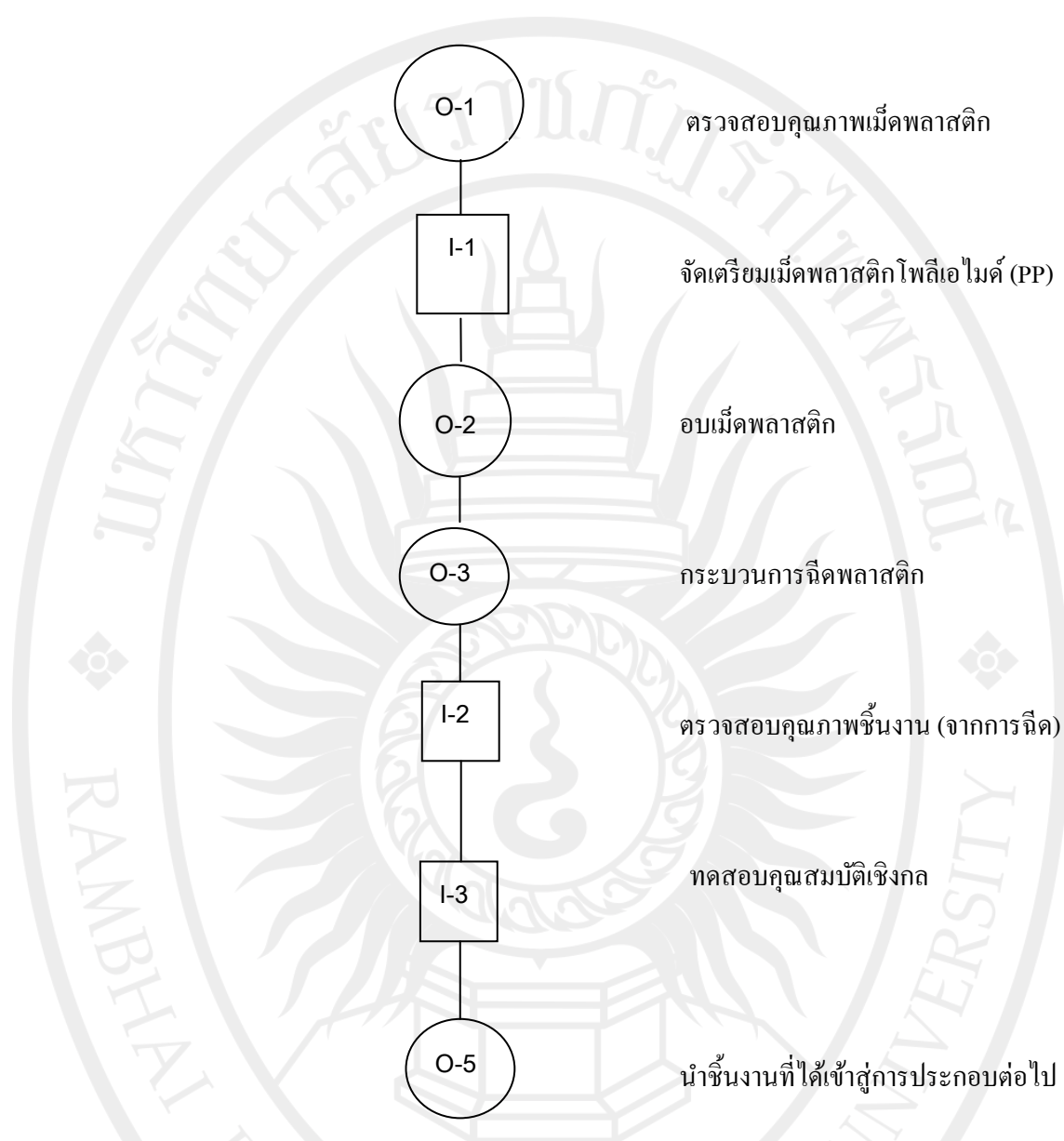


ภาพประกอบ 26 ของเสียจากกระบวนการฉีดพลาสติก (Scrap Purge)

ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

กระบวนการฉีดพลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทส่วนประกอบในรถยนต์

กระบวนการฉีดพลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทส่วนประกอบในรถยนต์กระบวนการฉีดพลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทส่วนประกอบของเบาะรถยนต์ (SIDE VALANCE 2-WAY LH/RH) เป็นการผลิตแบบต่อเนื่อง โดยใช้เครื่องจักร และแรงงานคนร่วมกัน การผลิตสินค้านี้ จะผลิตตามแบบที่ลูกค้าสั่งผลิต (Make to Order) ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตสามารถนำมาสร้างแผนภูมิกระบวนการดำเนินงานของการผลิต (Operation Process Chart : OPC) ได้ดังภาพประกอบ 27 ดังนี้



ภาพประกอบ 27 แผนภูมิกระบวนการดำเนินงานผลิตส่วนประกอบของเบาะรถยนต์

จากภาพประกอบ 27 แผนภูมิกระบวนการดำเนินงานผลิตส่วนประกอบของเบาะรถยนต์ (SIDE VALANCE 2-WAY LH/RH) สามารถอธิบายกระบวนการดำเนินงานผลิตโดยละเอียดและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังต่อไปนี้

1. การเตรียมวัตถุดิบ : ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบจะให้พนักงานทำการเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต คือ เม็ดพลาสติกชนิด polypropylene : PP โดยเริ่มจากการเตรียมเครื่องผสมวัตถุดิบแบบอัตโนมัติ จากนั้นทำการเทเม็ดพลาสติกใหม่ (Virgin) ลงในถัง และเท Scrap ที่ Recycle แล้วผสมจากนั้นปิดฝาเครื่องผสม และกดปุ่มเริ่มการทำงานของเครื่องผสม ดังภาพประกอบ 28



ภาพประกอบ 28 เครื่องผสมวัตถุดิบแบบอัตโนมัติ
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

2. ตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ : ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบในการผลิตเป็นผลต่อเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องผสมวัตถุดิบข้างต้น โดยที่เครื่องผสมนี้จะทำการคัดแยกเม็ดพลาสติกที่ไม่ได้ขนาดออกมาก่อนที่จะถูกลำเลียงไปสู่เครื่องอบดังภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 เครื่องผสมวัตถุดิบทำการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

3. การอบวัตถุดิบ : จากภาพประกอบ 30 เครื่องอบวัตถุดิบจะทำการอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 30 เครื่องอบวัตถุดิบ

ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

4. กระบวนการฉีดพลาสติก ลำดับขั้นตอนการทำงานของกระบวนการฉีดพลาสติก สามารถแบ่งได้เป็นขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจเช็คความพร้อมในการใช้งานของเครื่องฉีดพลาสติก โดยงานวิจัยครั้งนี้ ใช้เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 850 TON ยี่ห้อ TOSHIBA รุ่น IS850FA ดังภาพประกอบ 31 เมื่อติดตั้งแม่พิมพ์เสร็จแล้ว จะเริ่มปรับตั้งจังหวะปิด-เปิดแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นจังหวะที่แม่พิมพ์เคลื่อนที่ปิด-เปิดด้วยระบบไฮดรอลิกส์พร้อมกับล็อกไม่ให้แม่พิมพ์เหยยขณะฉีด



ภาพประกอบ 31 การปิดแม่พิมพ์

ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ขั้นตอนที่ 2 จังหวะชุดฉีดเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์ดังภาพประกอบ 32 ซึ่งเป็นจังหวะเดียวกับที่แม่พิมพ์ปิด ชุดฉีดจะเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์ด้านที่อยู่ฝั่ง จันทน์กับทางเข้า (Spure) แล้วค้างไว้ด้วยแรงค้ำหนึ่ง



ภาพประกอบ 32 ชุดฉีดเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

ขั้นตอนที่ 3 จังหวะฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์หรือจังหวะเติมเม็ดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์เกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ตามแนวแกนเพื่อดันน้ำพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ดังภาพประกอบ 33

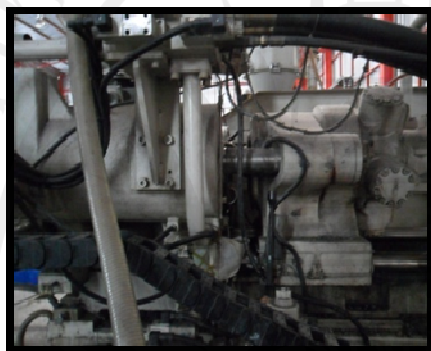


ภาพประกอบ 33 การเติมเม็ดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

ขั้นตอนที่ 4 จังหวะฉีดรักษาความดัน (Holding) และชุดเขยการหดตัว

ขั้นตอนที่ 5 ช่วงการหล่อเย็นชิ้นงาน เป็นการทำงานเพื่อรอให้พลาสติกเหลวแข็งตัว

ขั้นตอนที่ 6 ป้อนพลาสติกเข้าเกลียวหนอนก่อนทำการหลอมใหม่ดังภาพประกอบ 34 ซึ่งเป็นจังหวะที่เกลียวหนอนหมุนเพื่อดึงเม็ดพลาสติกจากกรวยเดิมเข้ากระบอกลีดเพื่อหลอมเหลว เกลียวหนอนจะถอยกลับ และพร้อมที่จะทำการฉีดในจังหวะต่อไป โดยที่หัวฉีดยังคงติดอยู่กับแม่พิมพ์โดยไม่ถอยกลับ



ภาพประกอบ 34 การป้อนพลาสติกเข้าเกลียวหนอนก่อนทำการหลอมใหม่
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

ขั้นตอนที่ 7 ชุดฉีดถอยกลับเพื่อป้องกันอุณหภูมิหัวฉีดต่ำเกินไป และไม่ให้พลาสติกที่แข็งตัวติดที่หัวฉีด ทำให้การฉีดครั้งต่อไปง่ายขึ้น ดังภาพประกอบ 35



ภาพประกอบ 35 ชุดฉีดถอยกลับ

ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

ขั้นตอนที่ 8 แม่พิมพ์เคลื่อนที่เปิดออกถึงระยะสูงสุด

ขั้นตอนที่ 9 จากภาพประกอบ 36 เป็นการดำเนินงานขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการฉีดพลาสติกคือทำการปลดชิ้นงาน (Ejection) ตัวอีเจกเตอร์ (Ejector) จะกระทุ้งให้ชิ้นงานหลุดจากแม่พิมพ์



ภาพประกอบ 36 แม่พิมพ์เปิดแล้วปลดชิ้นงานออก
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

5. ตรวจสอบชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีดพลาสติกดังภาพประกอบ 37



ภาพประกอบ 37 ตรวจสอบชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีดพลาสติก
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

6. ตรวจสอบชิ้นงาน โดยการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) ในการทดสอบการกระแทกแบบนี้จะใช้ตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมปล่อยลงมากระทบกับชิ้นงานที่จะทำการทดสอบดังภาพประกอบ 38



ภาพประกอบ 38 เครื่องทดสอบแรงกระแทก (Impact Test)

ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

สภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

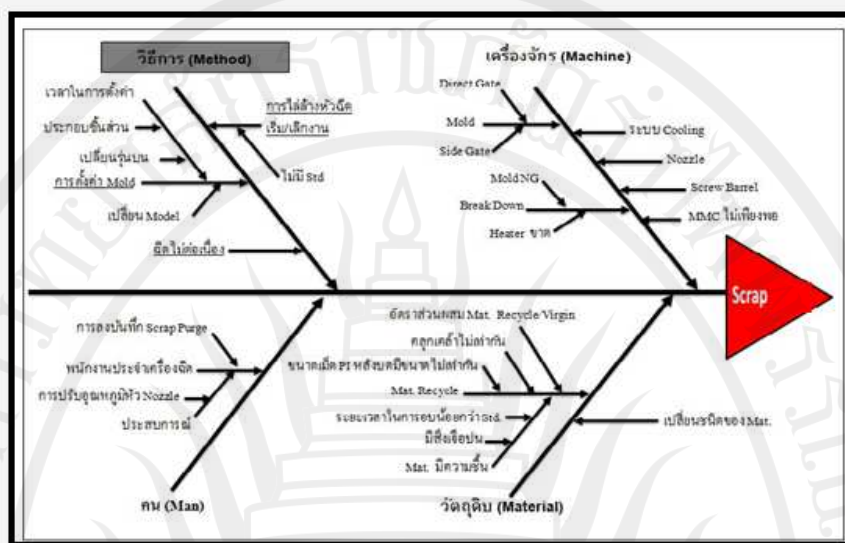
เมื่อผู้วิจัยศึกษาผลการดำเนินงานที่ผ่านมาของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าของเสียจากการฉีดพลาสติก (Scrap) มีเป็นจำนวนมาก โดยจากการศึกษาข้อมูล Scrap ในอดีตตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2555 มี Scrap Purge เกิดขึ้นจำนวน 8,938 กิโลกรัมจากจำนวนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตทั้งสิ้น 102,923 กิโลกรัม คิดเป็น 8.67 % รวมมูลค่าความสูญเสียของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตทั้งสิ้น 1,081,568 บาท

เป้าหมายการดำเนินงานวิจัย

เป้าหมายของงานวิจัยนี้ คือ การลดปริมาณความสูญเสีย (Scrap) จากการฉีดพลาสติก รวมทั้งการศึกษ้อัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกใหม่กับ Scrap และอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) ที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test)

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา

จากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียจากการฉีดพลาสติก (Scrap) สามารถแสดงได้ด้วยแผนภาพเหตุและผลดังภาพประกอบ 39



ภาพประกอบ 39 แผนภาพแสดงสาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียจากการฉีดพลาสติก (Scrap)
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติก แอนด์ โมลด์ จำกัด. 2555.

โดยทั่วไปปัจจัยที่ส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ไม่คงที่จะมาจาก 4M คือ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัตถุดิบ (Material) และวิธีการ (Method) โดยที่คนมีหน้าที่ปรับตั้งเครื่องจักรให้ได้ตามค่าการควบคุมการผลิตและควบคุมการผลิตให้ได้ตามเป้าหมายซึ่งเครื่องจักรเป็นระบบอัตโนมัติ จึงไม่ค่อยพบความคลาดเคลื่อนในการทำงานของเครื่องจักรเพราะถ้าเกิดการสึกหรอของเครื่องจักรหรือระบบไฟฟ้าเกิดการบกพร่องระบบจะหยุดทำงานอัตโนมัติด้วยระบบ PLC ทำให้เราสามารถตรวจสอบความบกพร่องของเครื่องจักรก่อนการผลิตหรือก่อนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกและส่วนของวัตถุดิบจะมีการตรวจสอบคุณภาพในขั้นตอนการรับวัตถุดิบโดยใช้การตรวจสอบด้วยสายตา เพราะฉะนั้นของเสียจากการฉีดพลาสติกจึงเกิดจากวิธีการทำงาน ดังนั้นในการระบุสาเหตุหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิด Scrap จึงมุ่งเน้นที่วิธีการทำงานของการฉีดพลาสติก



ภาพประกอบ 40 ลักษณะของ Scrap Purge ก่อนและหลังการดำเนินงานแก้ไข
ที่มา : บริษัท 687 พลาสติกแอนด์โมลด์ จำกัด. 2555.

การเลือกปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

ในการระบุสาเหตุหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิด Scrap พบว่า วิธีการทำงานของกระบวนการฉีดพลาสติกเป็นปัญหาหลัก รองลงมาคือ วัตถุดิบ เครื่องจักร และคน ดังนั้นเมื่อทำการแก้ไขวิธีการทำงานดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะแก้ไขสาเหตุของปัญหา รองลงมาคือ วัตถุดิบ โดยที่มุ่งเน้นไปที่การนำเม็ดพลาสติกใหม่ (Virgin) ผสมกับ Scrap ที่ Recycle แล้ว เนื่องจากว่าผลการดำเนินงานข้างต้นทำให้ผู้วิจัยทราบว่าสามารถนำ Scrap กลับมาใช้ใหม่ได้ จึงทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนผสมและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการฉีดพลาสติกด้วย เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมกับลักษณะงาน ซึ่งพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อเวลาการทำงาน ตลอดจนคุณภาพของชิ้นงานนั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ อุณหภูมิ เวลา ความดัน และความเร็ว สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษาในส่วนของอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) เนื่องจากว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยแรกที่ต้องมีการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์เพราะถ้าหากวัตถุดิบที่เข้ามาในกระบวนการยังไม่ผ่านการหลอมละลาย และผู้ปฏิบัติงานทำการปรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ก่อนก็อาจจะทำให้ส่งผลเสียต่อเครื่องจักรได้ อีกทั้งพารามิเตอร์ 3 ตัวที่เหลือ คือ เวลา ความดัน และความเร็ว มีการบันทึกการปรับ Condition ลงบน Memory Card อยู่แล้ว โดยใช้เครื่องฉีดพลาสติก ขนาด 850 ตัน ยี่ห้อ TOSHIBA รุ่น IS850FA (เพื่อลดเวลาในการตั้งค่า Mold) ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำทั้ง 3 พารามิเตอร์นี้ มาปรับค่าพารามิเตอร์อีก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกใหม่กับ Scrap ที่ Recycle แล้ว และอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) ที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) โดยทดสอบคุณภาพของชิ้นงานด้วยแรงกระแทก (Impact Test) ซึ่งข้อกำหนดการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของลูกค้าได้กำหนดไว้ว่า

ชิ้นงานต้องแตกที่ระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิเมตร ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมที่ระดับนัยสำคัญ .05

การกำหนดระดับของปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง

การกำหนดระดับของปัจจัยในการทดลอง จากการศึกษากระบวนการฉีดพลาสติก พบว่าหากมีการกำหนดระดับปัจจัยหลาย ๆ ระดับในการทดลองจะเกิดความยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายในการทดลองค่อนข้างสูง เพราะในการเปลี่ยนระดับปัจจัยในการทดลองแต่ละครั้งต้องเสียเวลาและอาจมีผลกระทบต่อโรงงานกรณีศึกษา ดังนั้นเพื่อเป็นการลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลอง อีกทั้งหลีกเลี่ยงผลกระทบที่อาจจะเกิด จึงกำหนดระดับปัจจัยในการทดลองของทุก ๆ ปัจจัยให้มีปัจจัยละ 2 ระดับ โดยพิจารณาแต่ละปัจจัยดังนี้

1. อัตราส่วนผสม

การดำเนินการทดลองจะกำหนดระดับของอัตราส่วนผสมระหว่างเม็ดพลาสติกใหม่ (Virgin) กับ Scrap อยู่ที่อัตราส่วนผสม 3 : 1 ดังนั้นในการออกแบบการทดลองจึงแบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับต่ำ Low (-1) อัตราส่วนผสม เท่ากับ 3 : 1 มีปริมาณ Scrap 25 %

ระดับสูง High (1) อัตราส่วนผสม เท่ากับ 2 : 1 มีปริมาณ Scrap 33 %

ผู้วิจัยได้กำหนดระดับของอัตราส่วนผสมอยู่ที่ 3 : 1 และ 2 : 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่คาดว่าจะไม่ส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านคุณภาพ เมื่อทำการฉีด ตามมาตรฐานการทดสอบ โดยการอ้างอิงตาม Spec Material ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติงานของโรงงานกรณีศึกษาได้ทำการทดสอบคุณสมบัติและทดสอบคุณภาพของชิ้นงาน เช่น สีและขนาดของชิ้นงาน การทดสอบ Impact Test เป็นต้น

2. อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย)

การดำเนินการทดลองจะกำหนดระดับของอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) อยู่ที่ $240 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $280 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นช่วงของอุณหภูมิที่พลาสติกสามารถฉีดได้ ดังนั้นในการออกแบบการทดลองจึงแบ่งปัจจัยออกเป็น 2 ระดับ ดังนี้

ระดับต่ำ Low (-1) อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) อยู่ที่ $240 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ระดับสูง High (1) อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) อยู่ที่ $280 \pm 2^{\circ}\text{C}$

ผู้วิจัยได้กำหนดระดับของอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) อยู่ที่ $240 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และ $280 \pm 2^{\circ}\text{C}$ อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของชนิดเม็ดพลาสติกประเภทโพลิโพรไพลีน (PP) รวมถึงข้อของเม็ดพลาสติกก็มีผลในการปรับตั้งค่าระดับของอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก

(ส่วนปลาย) เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปพลาสติกเหลวอาจจะไหลออกมาเยิ้มที่หัวฉีดได้ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปพลาสติกเหลวก็อาจจะไม่ไหลออกจากหัวฉีด

ดังนั้นในการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) สามารถสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยที่จะศึกษาได้ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design)

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย		หน่วย
		Low (-)	High (+)	
1. อัตราส่วนผสม	Ratio	3:1	2:1	Kg.
2. อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย)	Temperature	240 ± 2	280 ± 2	$^{\circ}\text{C}$

ตัวแปรตอบสนอง

ผลตอบสนองจากการทดลองที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ คือ คุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) ซึ่งข้อกำหนดการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของลูกค้าได้กำหนดไว้ว่าชิ้นงานต้องแตกที่ระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิเมตร

ดำเนินการทดลองเบื้องต้นโดยใช้การทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design)

ในการทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยใช้เทคนิคการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) ซึ่งจะมีระดับของปัจจัย 2 ระดับ คือระดับสูงและระดับต่ำ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การกำหนดสมมติฐานการทดลอง

- สมมติฐานที่ 1 อิทธิพลของอัตราส่วนผสม

$$H_0 : \tau_i = 0 \quad i = 1, 2, \alpha$$

$$H_1 : \tau_i \neq \text{อย่างน้อย 1 ตัว ไม่เท่ากับศูนย์}$$

- สมมติฐานที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย)

$$H_0 : \beta_\phi = 0 \quad \phi = 1, 2, \beta$$

$$H_1 : \beta_\phi \neq \text{อย่างน้อย 1 ตัว ไม่เท่ากับศูนย์}$$

3. สมมติฐานที่ 3 อิทธิพลร่วมของอัตราส่วนผสม และอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย)

$$H_0: (\tau\beta)_{\varphi} = 0 \quad \varphi = 1, 2, \alpha \text{ และ } \varphi = 1, 2, \dots, \beta$$

$$H_1: (\tau\beta)_{\varphi} \neq \text{อย่างน้อย 1 ตัว ไม่เท่ากับศูนย์}$$

เมื่อ

τ คือ อิทธิพลที่เกิดจากอัตราส่วนผสม

β คือ อิทธิพลที่เกิดจากอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย)

วิธีการทำการทดลอง

ในการทดลองให้ผู้ปฏิบัติงานทำตามขั้นตอนการผลิตดังที่ได้กล่าวถึงในหัวข้อ 3.1.3 คือ

1. เริ่มจากการเตรียมวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิต จากทำการเทวัตถุดิบลงในเครื่องผสมตามอัตราส่วนในตาราง 13

2. ตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ

3. ทำการอบเพื่อไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

4. กระบวนการฉีดพลาสติก ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการนี้จะต้องทำการปรับตั้งอุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) ตามตาราง 13

5. ตรวจสอบชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีดพลาสติก

6. ตรวจสอบชิ้นงาน โดยการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) แล้วทำการบันทึกผลการทดลองลงในตาราง

7. นำชิ้นงานที่ได้เข้าสู่การประกอบต่อไป

การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) คือ การออกแบบที่ประกอบด้วย k ปัจจัย แต่ละปัจจัยประกอบด้วย 2 ระดับ ระดับของปัจจัยแต่ละตัวจะอยู่ที่ “ต่ำ” และ “สูง” ซึ่งจะต้องทำการทดลองทั้งหมด $2 \times 2 \times 2 \times 2 \dots \times 2 = 2^k$ การทดลองหลักการพื้นฐาน 3 ประการสำหรับการออกแบบการทดลองคือ เพลกเคชัน (Replication) แรนดอมไมเซชัน (Randomization) และบล็อกกิง (Blocking) ในที่นี้กำหนดให้ว่า

เพลกเคชัน หมายถึง การทำการทดลองซ้ำ ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่าง ๆ เป็นจำนวนซ้ำ 5 ครั้ง

แรนดอมไมเซชัน หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) จะต้องเป็นตัวแปรแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบอิสระ แรนดอมไมเซชันจะทำให้สมมติฐานนี้เป็นจริง การแรนดอมไมซ์การทดลอง ทำให้สามารถลดผล

ของปัจจัยภายนอกที่อาจจะปรากฏในการทดลองได้ ซึ่งสำหรับงานวิจัยนี้ปัจจัยหลักที่ใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย แต่ละปัจจัยจะมี 2 ระดับ และการจัดลำดับ (Run) ทดลองครั้งนี้ได้จัดลำดับการทดลองให้เป็นแบบสุ่มดังตาราง 13 แต่ในทางปฏิบัตินั้นไม่สามารถจัดลำดับการทำงานให้เป็นแบบสุ่มได้ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดในการปรับระดับของปัจจัยในการทดลอง เช่น อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (ส่วนปลาย) ไม่สามารถที่จะปรับระดับอุณหภูมิขึ้นลงได้ทันที การปรับอุณหภูมิแต่ละระดับปัจจัยต้องใช้เวลาในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ เพื่อให้ประหยัดเวลาในการทดลองผู้วิจัยจึงทำการทดลองที่ระดับเดียวกันให้เสร็จสิ้นก่อน แล้วจึงทำการปรับระดับของปัจจัยในระดับต่อไป แต่ทั้งนี้เพื่อความน่าเชื่อถือของการทดลอง

บล็อกกิง เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง แต่งานวิจัยนี้ไม่มีการทำบล็อกกิง

ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องทำการทดลองทั้งหมด $2 \times 2 \times 5 = 20$ การทดลอง และได้กำหนดค่า α ไว้ที่ระดับ .05 ซึ่งสามารถแสดงการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) ได้ดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ ที่มีการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

Std Order	Run Order	Factor		Impact Test (mm.)
		Ratio	Temperature	
17	1	-	-	
13	2	-	-	
15	3	-	+	
1	4	-	-	
2	5	+	-	
4	6	+	+	
3	7	-	+	
6	8	+	-	
16	9	+	+	
8	10	+	+	
7	11	-	+	
12	12	+	+	
9	13	-	-	
20	14	+	+	
18	15	+	-	
19	16	-	+	
11	17	-	+	
10	18	+	-	
14	19	+	-	
5	20	-	-	

เมื่อ

เครื่องหมายลบ (-) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับต่ำ (Low)

เครื่องหมายบวก (+) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่มีระดับสูง (High)

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้ คือ เริ่ม จากการศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษาและปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อพบปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต จึงทำการศึกษาผลงานวิจัยและทฤษฎีต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นจะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เพื่อกำหนดปัจจัยที่จะนำมาพิจารณา โดยการระดมสมองของทีมงาน ซึ่งเป็นผู้ที่มีประสบการณ์และมีความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิต จากนั้นจะนำเอาเครื่องมือทางสถิติที่ เรียกว่า แผนภาพก้างปลาหรือแผนภาพเหตุและผล เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกี่ยวข้องเบื้องต้น เมื่อได้ปัจจัยที่จะนำมาพิจารณาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการออกแบบการทดลองเบื้องต้น และดำเนินการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลอง

เชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (2^k Factorial Design) จากนั้นทำการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้น โดยอาศัยโปรแกรม Minitab 16 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง เหตุผลที่ใช้โปรแกรม Minitab 16 เพราะว่าเป็นโปรแกรม ที่ได้รับการยอมรับในการออกแบบการทดลองทางด้านวิศวกรรม เพื่อหาปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญต่อคุณสมบัติเชิงกลของแรงกระแทก (Impact Test) ซึ่งข้อกำหนดการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของลูกค้าได้กำหนดไว้ว่า ชิ้นงานต้องแตกที่ระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 300 มิลลิเมตร เมื่อได้ข้อสรุปว่าปัจจัยใดที่มีนัยสำคัญแล้ว จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยต่อไปพร้อม สรุปผลจากการดำเนินการวิจัย และนำเสนอผลงานวิจัย โดยในขั้นตอนนี้จะทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำการสรุปผลการทดลอง

จากขั้นตอนที่กล่าวถึงในบทนี้ เป็นการแสดงให้เห็นถึงลำดับขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย เพื่อสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างเป็นระบบและมีความถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย และจะมีการแสดงให้เห็นผลการดำเนินงานวิจัยในบทที่ 4 ต่อไป