

บทที่ 3

ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลกระทบต่ออาการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอน

3.1 บทนำ

ในการผลิตเทฟลอนนั้นถึงแม้จะใช้เครื่องจักรเพียงชนิดเดียว แต่ก็มีรายละเอียดทางด้านการปรับค่าสภาวะต่างๆ ที่ซับซ้อน จากการวิเคราะห์ของเสีย (เทฟลอน) ที่จุดสุดท้ายของกระบวนการผลิตสามารถแจกแจงถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสีย โดยทางผู้วิจัยได้ใช้วิธีการระดมความคิดของพนักงานที่มีความชำนาญในด้านต่างๆ ของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย วิศวกรเคมี วิศวกรเครื่องกล ผู้จัดการฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายผลิต (ผู้วิจัย) จากนั้นจะทำการจัดทำแผนภาพเหตุและผล เพื่อช่วยในการพิจารณาในรายละเอียดของแต่ละสาเหตุต่อไป จนสามารถระบุปัจจัยที่จะนำไปทำการทดลองต่อไปได้

3.2 สาเหตุการเกิดของเสียจากวิธีการทำงาน (Method)

สาเหตุจากวิธีการทำงานต่างๆ ของการผลิตเทฟลอน ที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิดของเสีย นั้นจะมีรายละเอียดต่างๆ ดังที่ได้แสดงไว้ในแผนภาพเหตุและผล รูปที่ 3.2 สำหรับรายละเอียดของแต่ละปัจจัยหรือสาเหตุของการเกิดของเสีย นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.2.1 การแกะถุงเรซิน

ก่อนที่จะทำการผลิตเทฟลอนนั้นพนักงานปฏิบัติงานจะต้องเปิดถังที่บรรจุเรซิน แล้วเปิดถุงเรซินออกจนสารให้ทั่วเพื่อเรซินจะได้ไม่จับตัวกันเป็นก้อนด้วยเหตุนี้ถ้าคนงานไม่ระมัดระวังหรือไม่รอบคอบไม่ได้ทำความสะอาดตัวเองก่อน จะทำให้สิ่งปนเปื้อนตกลงไปที่ผงเรซินเมื่อนำไปผลิตจะทำให้เทฟลอนเสียเพราะมีสิ่งเจือปนอยู่ สาเหตุนี้ถูกจัดให้เป็นปัจจัยควบคุมเพราะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับพนักงานปฏิบัติการซึ่งจะเลือกใช้พนักงานที่มีความชำนาญ ทำงานได้ถูกต้อง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น

3.2.2 การตัดเรซินใส่งบรจุสารที่ตัวเครื่อง (hopper)

เมื่อเตรียมเรซินพร้อมแล้วพนักงานจะตัดเรซินใส่งบรจุสารที่ตัวเครื่อง (Hopper) โดยถ้าที่ตัดหรือพนักงานไม่สะดวกจะทำเทฟลอนมีสิ่งปนเปื้อน สาเหตุนี้ถูกจัดให้เป็นปัจจัยควบคุมเพราะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับพนักงานปฏิบัติการซึ่งจะเลือกใช้พนักงานที่มีความชำนาญ ทำงานได้ถูกต้อง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น

3.2.3 เซนเซอร์ตรวจระดับเรซินในงานผสม

เซนเซอร์จะตรวจวัดระดับเรซินในงานผสมถ้าระดับต่ำ ถังบรรจุสารจะเขย่าเพื่อให้เรซินตกลงมาที่งานผสม ถ้าเซนเซอร์ไม่ทำงานเรซินก็จะไม่ตกลงมาทำให้พนักงานต้องตัดใส่งเองอาจทำให้เกิดการปนเปื้อนได้ สาเหตุนี้จะมีโอกาสการเกิดน้อย ทางคณะจึงได้ให้ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยควบคุม โดยจะให้พนักงานปฏิบัติการทำการตรวจเซนเซอร์ก่อนทำการผลิตทุกครั้ง

3.2.4 การตั้งระยะของฮีเตอร์โซน 1 กับงานผสม

ระยะของฮีเตอร์โซน 1 กับงานผสมถ้าอยู่ใกล้กันจนเกินไปจะทำให้ความร้อนของฮีเตอร์แพร่ไปสู่งานผสมทำให้งานผสมร้อน เรซินที่อยู่ในงานผสมจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นก้อน เมื่อบูชเซอร์เลื่อนลงมาเพื่ออัดเรซินเข้าสู่แม่พิมพ์ (die) จะทำให้เรซินไม่สามารถลงไปแม่พิมพ์ได้เนื่องจากมีเรซินที่จับตัวเป็นก้อนปิดอยู่ อีกทั้งเรซินที่จับตัวเป็นก้อนนั้นจะเป็นของเสียไม่สามารถนำมาใช้ได้ อีก สาเหตุนี้จัดเป็นปัจจัยควบคุม โดยจะให้พนักงานปฏิบัติการติดตั้งฮีเตอร์โซน 1 ตามมาตรฐานในการทำงาน ซึ่งจะเลือกใช้พนักงานที่มีความชำนาญ ทำงานได้ถูกต้อง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น

3.2.5 การปรับอุณหภูมิฮีเตอร์โซน 1

การปรับอุณหภูมิฮีเตอร์โซน 1 ถูกพิจารณาว่ามีผลโดยตรงต่อการเกิดของเสีย คือ ถ้าอุณหภูมิมากเกินไปจะทำให้เรซินเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน ทำให้เกิด back pressure ได้เมื่อบูชเซอร์กดลงไปครบรอบแล้วคืนตัว เรซินก็จะคืนตัวตาม และทำให้เทฟลอนที่ได้นั้นแตก ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีสถานะที่เป็นมาตรฐาน จึงได้เลือกที่จะศึกษาต่อด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

3.2.6 การปรับความดัน

การปรับความดันถ้ามากหรือน้อยเกินไปอาจจะทำให้เกิดของเสียได้คือถ้าแน่นเกินไปจะทำให้เกิดช่องว่างเนื่องจากไต่อากาศออกไปไม่หมดเทฟลอนจะแตกในช่วงการเผา ถ้าความดันน้อยเกินไปจะทำให้ไม่เกิดการ sintering ชิ้นงานจะไม่เป็นเนื้อเดียวกันทำให้เทฟลอนนั้นเสีย แต่เนื่องจากมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความดันที่เหมาะสมในการผลิตเทฟลอนซึ่งใกล้เคียงกับความดันที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ทางคณะทำงานจึงได้จัดให้สาเหตุนี้เป็นปัจจัยควบคุม โดยใช้ความดันที่ 2 MPa

3.2.7 ระยะเวลาในช่วงบูนเซอร์กค

ในช่วงการคานี้ถ้ามีระยะเวลาน้อยเกินไปจะทำให้เกิดช่องว่างเนื่องมาจากไต่อากาศออกไปไม่หมดเทฟลอนจะแตกในช่วงการเผา ถ้าเวลาน้อยจะทำให้ไม่เกิดการ sintering ชิ้นงานจะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้เทฟลอนนั้นเสีย แต่เนื่องจากมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาระยะเวลาในช่วงบูนเซอร์กคที่เหมาะสมในการผลิตเทฟลอนแล้ว ทางคณะทำงานจึงได้จัดให้สาเหตุนี้เป็นปัจจัยควบคุม โดยใช้ระยะเวลาในช่วงบูนเซอร์กคเป็นเวลา 30 วินาที

3.2.8 การปรับอุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2

การปรับอุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2 นี้ถูกพิจารณาว่ามีผลโดยตรงต่อการเกิดของเสีย คล้ายกับฮีทเตอร์โซน 1 แต่โซนนี้อุณหภูมิสูงกว่าเพราะเป็นช่วงที่เรซินถูกอัดเพื่อไต่อากาศและเตรียมเปลี่ยนรูปเป็นเทฟลอนซึ่งถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้เทฟลอนแตกได้ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีสภาวะที่เป็นมาตรฐาน จึงได้เลือกที่จะศึกษาต่อด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

3.2.9 ความเร็วของผลิตภัณฑ์

การปรับค่าความเร็วของผลิตภัณฑ์ ถูกพิจารณาว่ามีผลโดยตรงต่อการเกิดของเสียคือจะถือว่าต้องการให้เทฟลอนนั้นได้รับการเผายาวนานเพียงใดซึ่งจะต้องปรับให้เทฟลอนได้รับการเผาที่สมบูรณ์ ถ้าปรับค่าความเร็วของผลิตภัณฑ์มากเกินไปจะทำให้เทฟลอนไม่สุกคือไม่เป็นเนื้อเดียวกันเพราะเวลาในการเผาอย่างน้อยจึงยังไม่สามารถเซทตัวได้ แต่ถ้าปรับค่าความเร็วของผลิตภัณฑ์น้อย

เกินไปจะทำให้เทฟลอนนั้นแตก ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีสภาวะที่เป็นมาตรฐาน จึงได้เลือกที่จะศึกษาต่อด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

3.2.10 การปรับฮีทเตอร์โซน 3

บริเวณนี้จะเป็นการเผาถ้ามีอุณหภูมิมากเกินไปจะทำให้เทฟลอนแตก (Over sintering) ถ้าอุณหภูมิน้อยเกินไปจะทำให้เทฟลอนไม่สุกหรือมีเนื้อไม่เข้ากัน (Under sintering) ซึ่งถูกพิจารณาว่ามีผลโดยตรงกับการเกิดของเสีย ซึ่งปัจจุบัน ยังไม่มีสภาวะที่เป็นมาตรฐาน จึงได้เลือกที่จะศึกษาต่อด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

3.2.11 การปรับฮีทเตอร์โซน 4

บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่เทฟลอนที่ผ่านการรีด (Extrude) ซึ่งมีอุณหภูมิสูงนั้นลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิต้อง ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เทฟลอนเย็นตัวอย่างรวดเร็วทำให้เทฟลอนแตกได้ ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีสภาวะที่เป็นมาตรฐาน จึงได้เลือกที่จะศึกษาต่อด้วยวิธีการออกแบบการทดลองเพื่อหาระดับที่เหมาะสมต่อไป

3.2.12 ความดันเบรก (Pressure brake)

ความดันเบรกช่วยให้เทฟลอนคงอยู่ได้ไม่ตก ถ้าความดันเบรกมากจะทำให้เทฟลอนตั้งขึ้นกดไม่ลง แต่ถ้าน้อยเกินไปจะทำให้เทฟลอนตก เนื่องจากสาเหตุนี้เกิดขึ้นน้อยโดยจะมีมาตรฐานอยู่แล้ว ทางคณะทำงานจึงได้ตัดสินใจให้ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยควบคุม โดยจะปรับค่าที่ 4 บาร์

3.3 สาเหตุการเกิดของเสียจากเครื่องจักร (Machine)

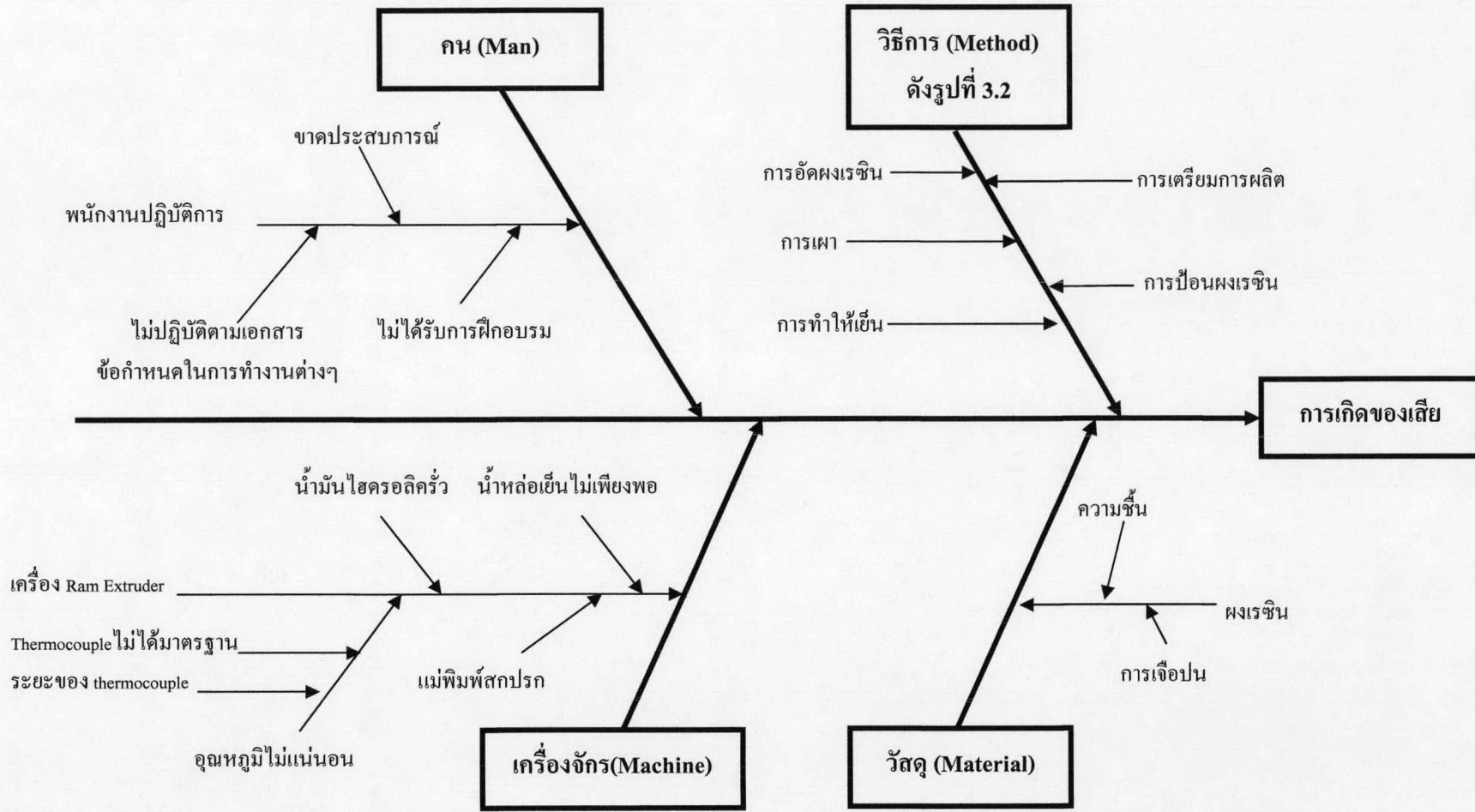
เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเทฟลอนจะใช้เครื่อง Ram extruder เพียงเครื่องเดียวเท่านั้น โดยเป็นเครื่องที่ทำงานแบบต่อเนื่อง ซึ่งจะต้องถูกนำมาพิจารณาถึงผลกระทบที่อาจจะมีต่อการเกิดของเสียด้วย รายละเอียดต่างๆ ดังที่แสดงไว้ในแผนภาพแสดงเหตุและผล รูปที่ 3.1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 แม่พิมพ์สกปรก

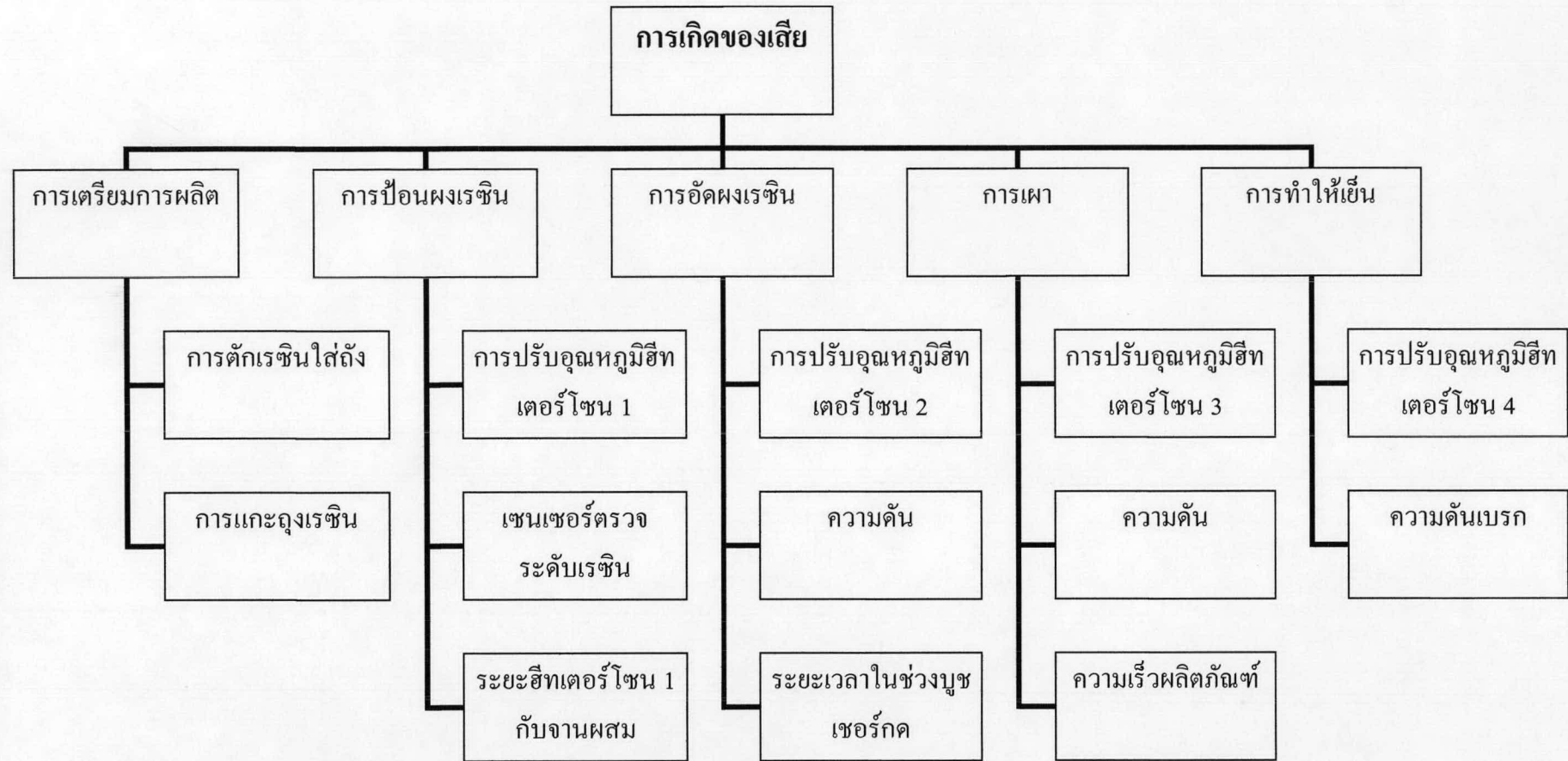
เมื่อเครื่องจักรได้ถูกใช้งานไปเรื่อยๆ อาจจะมีเศษเรซินสะสมติดอยู่ที่ผิวของแม่พิมพ์ จึงมีความจำเป็นต้องทำการล้างแม่พิมพ์ ซึ่งถ้าไม่ล้างแม่พิมพ์จะส่งผลให้เกิดของเสียขึ้นได้ โดยจะทำให้เทฟลอนเป็นรอยที่ผิวและเกิดการปนเปื้อนได้ โดยจะล้างแม่พิมพ์ก่อนทำการทดลองทุกครั้ง

3.3.2 น้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ

น้ำหล่อเย็นนี้จะอยู่บริเวณใต้จานผสมเพื่อกันความร้อนจากฮีตเตอร์โซน 1 แผ่ขึ้นมา โดยถ้า น้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอจะทำให้เกิดเหตุการณ์เช่นเดียวกับ สาเหตุการเกิดของเสียจากระยะของฮีตเตอร์โซน 1 กับจานผสมได้ ซึ่งในอดีตได้ใช้แค่เพียงน้ำประปาธรรมดาในการหล่อเย็นเท่านั้น เมื่อทำการพิจารณาแล้วจึงได้จัดทำระบบหล่อเย็นใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและจะให้พนักงานปฏิบัติการทำการตรวจระบบน้ำหล่อเย็นก่อนทำการทดลองทุกครั้ง



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงเหตุและผลของการเกิดของเสียจากสาเหตุด้านคน (Man), เครื่องจักร (Machine), วัสดุ (Material) และวิธีการ (Method)



รูปที่ 3.2 แผนภาพ Tree diagram แสดงสาเหตุการเกิดของเสียจากสาเหตุด้านวิธีการ (Method)

3.3.3 อุณหภูมิไม่แน่นอน

อาจเกิดขึ้นได้เมื่อทำการขึ้นแม่พิมพ์ใหม่มีการประกอบฮีตเตอร์แล้วพนักงานใส่ฮีตเตอร์เข้าไปไม่ลึกพอจะทำให้ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง อีกทั้ง thermocouple ที่ใช้เป็นการสั่งทำขึ้นเองและมีการใช้งานนาน โดยที่ไม่ได้รับการปรับเทียบ อาจทำให้ค่าที่อ่านได้นั้นผิดพลาดไป ก่อนทำการทดลองจะทำการส่ง thermocouple ไปสอบเทียบก่อนทำการผลิตเพื่อผลการวัดอุณหภูมิที่เชื่อถือได้และจะใช้อุปกรณ์เหมือนกันทุกๆ การทดลอง

3.3.4 น้ำมันไฮดรอลิครั่ว

เมื่อเครื่องจักรถูกใช้งานไปนานทำให้ซีลเสื่อมสภาพ โดยจะทำให้ น้ำมันไฮดรอลิครั่วไหลลงไปสู่เรซินในงานผสมไปผสมกับเรซินทำให้เทฟลอนที่ผลิตได้เป็นของเสีย แต่เป็นสาเหตุที่มีโอกาสเกิดได้ต่ำ จะทำการตรวจระบบไฮดรอลิกก่อนทำการทดลอง

3.4 สาเหตุการเกิดของเสียจากวัสดุ (Material)

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเทฟลอนจะเป็นวัตถุดิบทางตรง คือ ผงเรซิน โดยได้รับการรับรองจากผู้ผลิตว่ามีส่วนประกอบตรงตามมาตรฐานการผลิตเทฟลอน รายละเอียดต่างๆ ดังที่แสดงไว้ในแผนภาพแสดงเหตุและผล รูปที่ 3.2 มีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ความชื้น

เรซินที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเทฟลอนนั้นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิระหว่าง 10 ถึง 18 °C เพื่อไม่ทำให้เรซินเกิดความชื้น ซึ่งเป็นผลทำให้เทฟลอนที่ได้แตกเนื่องจากตอนอัดเรซินด้วยความดันและความร้อนสูงจะให้น้ำระเหยออกไปทำให้เกิดเป็นช่องว่าง โดยก่อนการทดลองทุกครั้งจะเก็บวัตถุดิบไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิตามที่กำหนด

3.4.2 การเจือปน

การเจือปนนี้อาจเกิดได้หลายสาเหตุ อาจเป็นเพราะพนักงานไม่สะอาด ห้องที่เก็บไม่สะอาด เป็นต้น เมื่อนำเรซินไปผลิตจะทำให้เทฟลอนที่ได้เกิดการปนเปื้อน

3.5 สาเหตุการเกิดของเสียจากคน (Man)

ในการผลิตเพลลอนซึ่งเป็นการผลิตแบบกึ่งอัตโนมัติกล่าวคือ มีเครื่องจักรที่ทำงานแบบอัตโนมัติ และมีพนักงานปฏิบัติการที่จะต้องคอยนำเอาเรซินหรือวัตถุดิบมาใส่เข้าไปในเครื่อง รวมถึงการประกอบแม่พิมพ์และควบคุมเครื่องตามวิธีการมาตรฐานที่ได้รับการฝึกอบรมมา

ดังนั้นความผิดพลาดใดๆ ที่จะเกิดจากคน ซึ่งหมายถึงพนักงานปฏิบัติการจะมีสาเหตุหลักๆ กล่าวคือ การไม่ได้รับการฝึกอบรมถึงวิธีการทำงานที่ถูกต้อง การขาดประสบการณ์ในการทำงาน และการไม่ปฏิบัติตามเอกสารข้อกำหนดในการทำงานต่างๆ ที่ได้รับการฝึกอบรมมา ความผิดพลาดต่างๆ เหล่านี้ อาจส่งผลต่อการเกิดของเสียขึ้นได้ โดยตัดสินใจให้สาเหตุนี้เป็นปัจจัยควบคุม โดยการที่จะใช้พนักงานปฏิบัติการเฉพาะที่ได้การฝึกอบรมอย่างถูกต้อง มีประสบการณ์ในการทำงานที่มากพอ และมีความรับผิดชอบที่จะปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง เท่านั้น รวมถึงพนักงานที่ปฏิบัติงานทั้งหมดทุกหน้าที่จะเป็นพนักงานชุดเดิมทั้งหมดตลอดการทดลอง

3.6 เกณฑ์ในการเลือกสาเหตุเพื่อนำมาทำการศึกษาด้วยการออกแบบการทดลอง

เมื่อพิจารณาสาเหตุต่างๆ ในการผลิตเพลลอน ที่ถูกพิจารณาว่าน่าจะมีผลกระทบกับการเกิดของเสียนั้น พบว่ามีจำนวนสาเหตุที่สนใจที่มากเกินไป กล่าวคือมีจำนวนทั้งสิ้น 22 ปัจจัย ดังนั้น เพื่อให้การทดลองตามแผนการออกแบบการทดลองเป็นไปได้ จึงทำการระดมความคิดเพื่อคัดเลือกปัจจัยออกมาเพื่อดำเนินการศึกษาต่อไปโดยใช้การออกแบบการทดลองเพียง 4 ถึง 6 ปัจจัย ตามเกณฑ์ในการเลือกปัจจัยเพื่อทำการศึกษา ซึ่งจะพยายามเลือกปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อค่าตอบสนองอย่างมาก โดยอาจใช้ข้อมูลการทดลองที่ได้ทำไปแล้วในอดีต หรือความรู้ทางวิศวกรรมเข้าช่วยในการเลือกเพื่อให้ได้ปัจจัยที่เหมาะสม

โดยมีเกณฑ์การเลือกปัจจัย ดังนี้

1. ปัจจัยที่จะถูกเลือกนั้นต้องสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้
2. ปัจจัยที่ถูกเลือกนั้น จะต้องไม่มีผลกระทบต่อรอบเวลาในการผลิต (Cycle time) มากนัก
3. ปัจจัยที่อยู่นอกเหนือความรับผิดชอบของหน่วยงานจะไม่นำมาพิจารณา
4. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับคนจะเลือกใช้พนักงานที่มีความชำนาญ ทำงานได้ถูกต้อง เพื่อลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น และจะกำหนดเป็นปัจจัยควบคุม
5. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักร และเป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความสามารถของเครื่องจักร จะไม่นำมาพิจารณา เพราะไม่ต้องการวัดความสามารถของเครื่องจักรหรือเครื่องมือชิ้นนั้น และจะกำหนดปัจจัยนั้นเป็นปัจจัยควบคุม

6. เนื่องจากเป็นลักษณะงานที่มีเทคโนโลยีระดับสูง วัสดุที่ใช้ในกระบวนการจะเป็นวัสดุที่ได้รับการรับรองจากผู้ผลิตว่ามีส่วนประกอบตรงตามมาตรฐานการผลิตเพฟลอน
7. ปัจจัยที่จะเลือกนั้นจะพิจารณาโดยใช้ความรู้เชิงวิศวกรรมประกอบด้วย
8. ปัจจัยที่เลือกควรจะให้ผลในการลดการเกิดของเสียจากการผลิตเพฟลอนอย่างเป็นรูปธรรม

จากนั้นจะทำการเลือกปัจจัยต่างๆ ที่ได้ถูกพิจารณาไว้ในหัวข้อที่ 3.2, 3.3, 3.4 และ 3.5 แล้วตามหลัก 4 M ซึ่งเหตุผลในการเลือกหรือไม่เลือกปัจจัยนั้น จะมีรายละเอียดดังในหัวข้อถัดไป

3.7 การพิจารณาเลือกสาเหตุที่มีอิทธิพลจากวิธีการทำงาน (Method)

การพิจารณาเลือกสาเหตุต่างๆ ที่มาจากวิธีการทำงาน ว่าควรที่จะถูกเลือกเป็นปัจจัยเพื่อใช้ในการทำการศึกษาค้นคว้าการออกแบบการทดลองหรือไม่นั้น สามารถอธิบายถึงเหตุผลต่างๆ ได้ดังนี้

3.7.1 การแกะถุงเรซิน

ปัจจัยนี้จะถูกตัดออกไป ให้เป็นปัจจัยควบคุมเนื่องจากเกี่ยวกับพนักงานปฏิบัติการ โดยจะใช้พนักงานเฉพาะที่ได้รับการฝึกอบรมอย่างถูกต้อง มีประสบการณ์ในการทำงานที่มากพอ และมีความรับผิดชอบที่จะปฏิบัติงานอย่างถูกต้องเท่านั้น จะใช้พนักงานชุดเดิมทั้งหมดตลอดการทดลองทั้งหมด

3.7.2 การตัดเรซินใส่ถังบรรจุที่ตัวเครื่อง

ปัจจัยนี้จะถูกตัดออกไป ให้เป็นปัจจัยควบคุมเนื่องจากเกี่ยวกับพนักงานปฏิบัติการ เหตุผลเช่นเดียวกับข้อ 3.7.1

3.7.3 เซนเซอร์ตรวจระดับเรซินในงานผสม

ปัจจัยนี้จะถือเป็นปัจจัยควบคุม ซึ่งส่งผลไม่มากต่อการเกิดของเสีย และได้รับการปรับให้อยู่ในลักษณะที่ใช้งานได้ตามปกติของอุปกรณ์ดังกล่าว โดยจะเลือกเครื่องที่ได้รับการตรวจสอบแล้วว่าอยู่ในสภาพที่เหมาะสมต่อการใช้งานปกติ

3.7.4 การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 1

จากที่กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 3.2.5 ว่าการปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 1 ถูกพิจารณาว่ามีผลโดยตรงต่อการเกิดของเสีย ซึ่งเป็นผลมากจากการปรับอุณหภูมิที่มากเกินไป และเป็นปัจจัยซึ่งตรงกับเกณฑ์การเลือกปัจจัยทุกข้อ ปัจจัยนี้จึงถูกพิจารณาให้เป็นปัจจัยที่จะถูกนำไปศึกษาต่อโดยการใช้การออกแบบการทดลอง

3.7.5 การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 2

เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.7.4 การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 2 ก็ถูกพิจารณาให้เป็นปัจจัยที่จะถูกทำการศึกษาต่อโดยใช้การออกแบบการทดลอง กล่าวคือการปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 2 ที่สูงหรือต่ำเกินไปจะทำให้เกิดของเสียและตรงกับเกณฑ์การเลือกทุกข้อ

3.7.6 การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 3

การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 3 ก็ถูกพิจารณาให้เป็นปัจจัยที่จะทำการศึกษาต่อด้วยการออกแบบการทดลองเช่นกัน ซึ่งสามารถอธิบายเหตุผลได้ในลักษณะเดียวกับกรณีของการปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 1 และ 2

3.7.7 การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 4

การปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 4 ก็ถูกพิจารณาให้เป็นปัจจัยที่จะทำการศึกษาต่อด้วยการออกแบบการทดลองเช่นกัน ซึ่งสามารถอธิบายเหตุผลได้ในลักษณะเดียวกับกรณีของการปรับอุณหภูมิฮีตเตอร์โซน 1, 2 และ 3

3.7.8 การปรับความดัน

การปรับความดัน เนื่องมาจากมีงานวิจัยที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับความดันที่เหมาะสมในการผลิตเทฟลอนแล้ว ทางคณะทำงานจึงได้จัดให้สาเหตุนี้เป็นปัจจัยควบคุมโดยใช้ความดันที่ 2 MPa ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

3.7.9 ความเร็วของผลิตภัณฑ์

ปัจจัยนี้ได้ถูกพิจารณาเพื่อทำการศึกษาคู่ด้วยการออกแบบการทดลองต่อไป กล่าวคือ การปรับความเร็วของผลิตภัณฑ์มีผล โดยตรงต่อการเกิดของเสียตามที่ได้อ้างไว้แล้วในหัวข้อ 3.2.9 รวมทั้งปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่ง่ายต่อการปรับเปลี่ยนด้วย

3.7.10 ความดันเบรก

ปัจจัยนี้ได้ถูกตัดออกไป เนื่องจากปัจจัยนี้มีผลต่อการเกิดของเสียน้อยมาก ทางคณะทำงานจึงได้ตัดสินใจใช้ค่าเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันของปัจจัยนี้ โดยให้เป็นปัจจัยควบคุมโดยตลอดการทดลองค่าดังกล่าวจะถูกปรับไว้ที่ 4 บาร์

3.7.11 ระยะเวลาในช่วงบูชเซอร์กิต

ปัจจัยนี้จะถือเป็นปัจจัยควบคุมเพราะมีโอกาสที่จะทำให้เกิดของเสียน้อย ซึ่งจะได้รับการปรับตั้งให้อยู่ในระดับมาตรฐานของเครื่อง

3.8 การพิจารณาสาเหตุที่มีอิทธิพลจากวัสดุ (Material)

การพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลจากวัสดุ นั้น จะใช้วัสดุเรซินที่ได้รับการรับรองจากบริษัทผู้ผลิตว่ามีส่วนประกอบตรงตามมาตรฐานการผลิตเพลอน

3.8.1 ความชื้น

ปัจจัยนี้จะถือเป็นปัจจัยควบคุม โดยจะทำการเก็บเรซินไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำคือห้องที่เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดรวมถึงใช้วัสดุควบคุมความชื้นอีกด้วย ในห้องผลิตมีเครื่องปรับอากาศอยู่แล้ว อีกทั้งปัจจัยทางด้านความชื้นนั้นไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ จึงได้จัดเป็นปัจจัยควบคุมแต่จะพยายามขจัดต้นเหตุของความชื้นออกให้มากที่สุด

3.8.2 การปนเปื้อน

ปัจจัยนี้ถือเป็นปัจจัยสำคัญแต่ทางบริษัทตัวอย่างได้รักษาความสะอาดเป็นอย่างดีโดยในห้องทำการผลิตนั้นเกือบจะเป็นห้องสะอาด (Clean room) เลยกี่ว่าได้ อีกทั้งยังเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับพนักงานปฏิบัติการจะใช้พนักงานที่มีความชำนาญที่สุด จึงจัดปัจจัยนี้ให้เป็นปัจจัยควบคุม

3.9 การพิจารณาสาเหตุที่มีอิทธิพลจากเครื่องจักร (Machine)

การพิจารณาเลือกปัจจัยต่างๆ ซึ่งมีอิทธิพลมาจากความผิดพลาดต่างๆ ของเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตเทพลอนจะนำมาเป็นปัจจัยเพื่อการดำเนินการทดลองต่อหรือไม่นั้น สามารถอธิบายถึงเหตุผลต่างๆ ได้ดังนี้

3.9.1 แม่พิมพ์สกปรก

ปัจจัยนี้ถือเป็นปัจจัยควบคุม โดยจะทำการล้างแม่พิมพ์ทุกครั้งก่อนเริ่มดำเนินการทดลอง

3.9.2 อุณหภูมิไม่แน่นอน

ปัจจัยนี้จะได้รับการปรับปรุงก่อน โดยจะทำการส่ง thermocouple ที่จะทำการทดลองไปสอบเทียบเสียก่อนเพื่อความเชื่อถือได้ของอุณหภูมิ และตลอดการทดลองจะใช้ thermocouple ชุดเดิมตลอดการทดลองทั้งหมด

3.9.3 น้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ

ปัจจัยนี้ถือเป็นปัจจัยควบคุม เพราะได้มีจัดทำระบบน้ำหล่อเย็นใหม่ทั้งหมดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานดังรูปที่ 3.4 และ 3.5 โดยจะให้พนักงานปฏิบัติการทำการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นก่อนจะทำการทดลองทุกครั้ง เพราะฉะนั้นจึงทำการตัดปัจจัยนี้ออกเป็นปัจจัยควบคุม



รูปที่ 3.4 รูปเครื่องทำน้ำเย็น



รูปที่ 3.5 ระบบน้ำหล่อเย็นที่ปรับปรุงใหม่

3.9.4 น้ำมันไฮดรอลิกรั่ว

ปัจจัยนี้จะมีโอกาสในการเกิดต่ำ โดยจะให้พนักงานปฏิบัติการตรวจสอบอยู่ตลอดจึงพิจารณาให้ปัจจัยนี้เป็นปัจจัยควบคุม

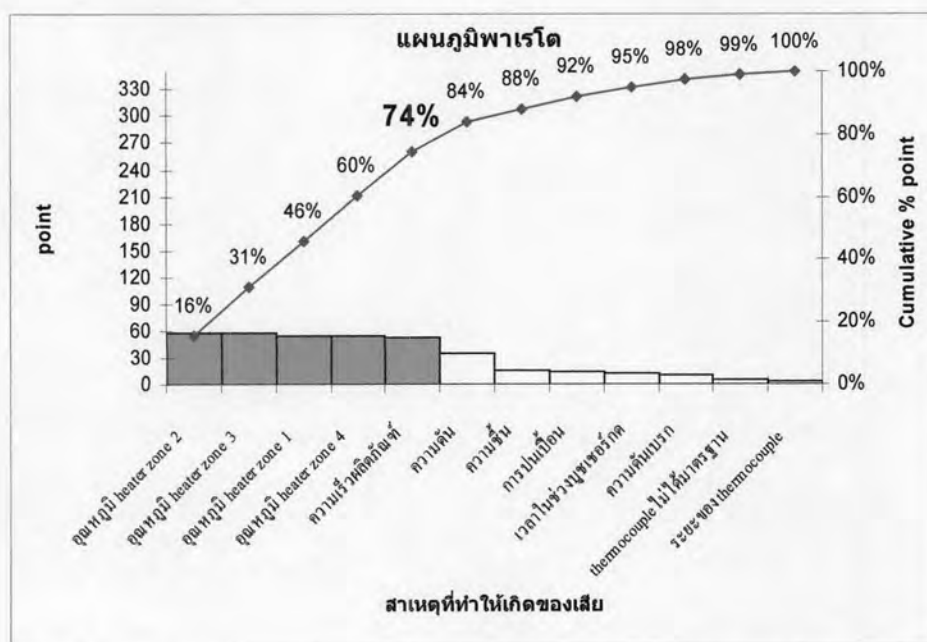
3.10 การพิจารณาเลือกสาเหตุที่มีอิทธิพลจากคน (Man)

สาเหตุนี้จะถูกพิจารณาเป็นปัจจัยควบคุม โดยการที่จะใช้พนักงานปฏิบัติการเฉพาะที่ได้ การฝึกอบรมอย่างถูกต้อง มีประสบการณ์ในการทำงานที่มากพอ และมีความรับผิดชอบที่จะ ปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง เท่านั้น รวมถึงพนักงานที่ปฏิบัติงานทั้งหมดทุกหน้าที่จะเป็นพนักงานชุด เดิมทั้งหมดตลอดการทดลอง

อีกทั้งทางคณะทำงานได้ทำการจัดเรียงลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดของเสียโดยยึด เกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. สาเหตุนั้นสามารถควบคุมได้หรือไม่
2. สาเหตุนั้นสามารถปรับเปลี่ยนค่าได้โดยสะดวกหรือไม่
3. สาเหตุนั้นน่าจะส่งผลต่อการเกิดของเสียมากเพียงไร

โดยจะทำการพิจารณาให้คะแนนคนละ 5 คะแนนนำไปทำแผนภูมิพารेटอรูปที่ 3.6 ซึ่งจะ เห็นได้ว่าลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดของเสียคือ อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 1 อุณหภูมิฮีทเตอร์ โซน 2 อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 3 อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4 และความเร็วของผลิตภัณฑ์ซึ่งได้คะแนน ประมาณ 78 เปอร์เซนต์



รูปที่ 3.6 แสดงแผนภูมิพารेटอเรียงลำดับความสำคัญของสาเหตุการเกิดของเสีย

3.11 ผลของการเลือกสาเหตุต่างๆ

จากสาเหตุทั้งหมดข้างต้น การพิจารณาเลือกปัจจัย และการเรียงลำดับความสำคัญ สามารถที่จะสรุปเหตุผลของการเลือกสาเหตุที่จะนำไปใช้ศึกษาต่อไปโดยใช้การออกแบบการทดลอง

1. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 1
2. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2
3. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 3
4. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4
5. ความเร็วของผลิตภัณฑ์

โดยได้สรุปเหตุผลของเลือกปัจจัยที่จะนำไปศึกษาต่อไปโดยการใช้การออกแบบการทดลองได้ดัง ตารางที่ 3.1 ส่วนเหตุผลของการไม่เลือกปัจจัยใดๆ ไว้เพื่อทำการศึกษาต่อไปนั้นสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 สรุปปัจจัยต่างๆที่ถูกเลือกเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	เหตุผลที่เลือกปัจจัย
1. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 1	อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 1 ถ้ามากจะส่งผลทำให้เรซินจับตัวเป็นก้อน ทำให้เกิดความดันกลับ (back pressure) ทำให้เทฟลอนแตกได้ ปรับเปลี่ยนค่าได้ง่าย
2. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2	อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2 ถ้ามากเกินไปจะทำให้เทฟลอนนั้นแตก แต่ถ้าน้อยจะทำให้เทฟลอนไม่สุก เนื้อไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ปรับเปลี่ยนค่าได้ง่าย
3. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 3	เหตุผลเช่นเดียวกับกรณีของ อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2
4. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4	อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4 เปรียบเสมือนการลดอุณหภูมิ ถ้าต่ำมากไปจะทำให้เทฟลอนเกิดการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วทำให้เทฟลอนนั้นแตก ปรับเปลี่ยนค่าได้ง่าย
5. ความเร็วผลิตภัณฑ์	ความเร็วของผลิตภัณฑ์ เปรียบเสมือนการกำหนดระยะเวลาของเทฟลอนในการให้อุณหภูมิถ้าปรับค่าสูงทำให้เทฟลอนนั้นได้รับอุณหภูมิเร็วจะทำให้เทฟลอนนั้นไม่สุก แต่ถ้าปรับค่าต่ำจะทำให้เทฟลอนได้รับอุณหภูมินานซึ่งจะทำให้เทฟลอนเกิดการแตก ปรับเปลี่ยนค่าได้โดยง่าย

ตารางที่ 3.2 สรุปปัจจัยต่างๆ ที่ไม่ถูกเลือกใช้ในการออกแบบการทดลอง

ปัจจัย	เหตุผลที่ไม่เลือกปัจจัย	วิธีการควบคุมเบื้องต้น
1. ปัจจัยที่มีอิทธิพลจากวิธีการทำงาน (Method)		
1.1 การแกะดูเรซิน	เป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับคนด้วยซึ่ง ความผิดพลาดต่างๆของคน สามารถที่จะทำการป้องกันได้ และปรับปรุงได้ และไม่เหมาะที่จะ นำมาเป็นปัจจัยเพื่อการทดลอง	ใช้พนักงานที่ได้รับการฝึกอบรม อย่างถูกต้อง มีประสบการณ์สูง มี ความรับผิดชอบและใช้พนักงาน ชุดเดิมรับผิดชอบตำแหน่งเดิม ตลอดการทดลอง
1.2 การตัดเรซินใส่ถังบรรจุสารที่ ตัวเครื่อง	เหมือนข้อ 1.1	เหมือนข้อ 1.1
1.3 เซนเซอร์ตรวจระดับเรซินใน งานผสม	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น ปัจจัยในการทดลอง	ให้พนักงานตรวจสอบเซนเซอร์ ทุกครั้งก่อนทำการทดลอง
1.4 การตั้งระยะฮีทเตอร์โซน 1 กับงานผสม	มีมาตรฐานอยู่แล้ว ไม่ค่อยเกิด	ให้พนักงานติดตั้งฮีทเตอร์โซน 1 ห่างจากงานผสมตามมาตรฐาน ของเครื่อง
1.5 การปรับความดัน	ส่งผลต่อการเกิดของเสีย แต่ เนื่องจากการปรับค่ามีความยุ่งยาก อีกทั้งได้มีงานวิจัยที่ได้ทดลองไป แล้วซึ่งได้ใช้ค่าความดันที่ 2 Mpa	ใช้ค่าตามที่งานวิจัยได้ทดลองไป แล้วซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับที่ใช้อยู่ใน ปัจจุบัน
1.6 ระยะเวลาในช่วงบูนเซอร์กิด	เหมือนข้อ 1.5	เหมือนข้อ 1.5
1.7 ความดันเบรก	ปรับค่าได้ยาก ส่งผลต่อการเกิด ของเสีย มีมาตรฐานอยู่แล้ว	ใช้ค่าความดันเบรกดตามที่ใช้อยู่ใน ปัจจุบัน
2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลจากเครื่องจักร (Machine)		
2.1 แม่พิมพ์สกรอก	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น ปัจจัยในการทดลอง	ทำการล้างแม่พิมพ์ก่อนการ ทดลองทุกครั้ง
2.2 น้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น ปัจจัยในการทดลอง	ให้พนักงานทำการตรวจน้ำหล่อ เย็นก่อนการทดลองทุกครั้ง
2.3 อุณหภูมิไม่แน่นอน	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น ปัจจัยในการทดลอง	ทำการสอบเทียบ thermocouple ก่อนจะทำการทดลอง
2.4 น้ำมันไฮดรอลิกรั่ว	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น ปัจจัยในการทดลอง	ให้พนักงานทำการตรวจระบบไฮ ดรอลิกก่อนการทดลองทุกครั้ง
3. ปัจจัยที่มีอิทธิพลจากวัสดุ (Material)		
3.1 ความชื้น	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น ปัจจัยในการทดลอง	ทำการเก็บวัสดุคิบที่ห้องที่มีระบบ ปรับอากาศ

3.2 สิ่งปนเปื้อน	ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นปัจจัยในการทดลอง	ห้องที่เก็บและผลิตเฟลตอนเป็นห้องที่สะอาด ให้พนักงานรักษาความสะอาด และระมัดระวังมากขึ้น
4. ปัจจัยที่มีอิทธิพลจากคน (Man)		
4.1 พนักงานปฏิบัติการและพนักงานช่างเทคนิคที่เกี่ยวข้องทั้งหมด	ความคิดพลาดต่างๆ ของคนสามารถที่จะทำการป้องกันและปรับปรุงได้ และไม่เหมาะสมที่จะนำมาเป็นปัจจัยเพื่อการทดลอง	ใช้พนักงานที่ได้รับการฝึกอบรมอย่างถูกต้อง มีประสบการณ์สูง มีความรับผิดชอบและใช้พนักงานชุดเดิมรับผิดชอบตำแหน่งเดิมตลอดการทดลอง

จากการพิจารณาปัจจัยทั้งหมดข้างต้น สามารถสรุปปัจจัยที่ถูกเลือกและปัจจัยควบคุมดังนี้

ปัจจัยที่ถูกเลือกใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 1
2. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 2
3. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 3
4. อุณหภูมิฮีทเตอร์โซน 4
5. ความเร็วของผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่ถูกควบคุมในการทดลองมีดังนี้

1. การแกะถุงเรซิน
2. เซนเซอร์ตรวจระดับเรซินในงานผสม
3. ระยะเวลาฮีทเตอร์โซน 1 กับงานผสม
4. ความดันเบรก
5. ความดัน
6. ระยะเวลาในช่วงบูชเซอร์กิด
7. ความชื้น
8. การเจือปน
9. พนักงานในแต่ละขั้นตอน
10. น้ำหล่อเย็นไม่เพียงพอ
11. แม่พิมพ์สกปรก
12. น้ำมันไฮดรอลิกรั่ว
13. อุณหภูมิไม่แน่นอน
14. อื่นๆ

3.12 สรุป

หลังจากที่ทางคณะทำงานได้พยายามระดมความคิด เพื่อให้ได้รายการของปัจจัยที่น่าจะส่งผลกระทบต่อการเกิดของเสียในการผลิตเทฟลอน โดยการชี้แจงเหตุผลและผลเป็นเครื่องมือช่วยในการระดมความคิดดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากนั้นก็ทำการพิจารณาลงไปรายละเอียดเพื่อทำการคัดเลือกปัจจัยที่มีศักยภาพ เพื่อจะนำไปใช้เป็นปัจจัยเพื่อการออกแบบการทดลองต่อไป ทำให้สามารถเลือกปัจจัยที่จะใช้ในการทดลองจำนวน 5 ปัจจัย โดยปัจจัยเหล่านี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อรอบเวลาการผลิตมากนัก จากปัจจัยที่ถูกเลือกนี้จะนำไปสู่การออกแบบแผนการทดลองที่เหมาะสมสำหรับ 5 ปัจจัยนี้ต่อไป