หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

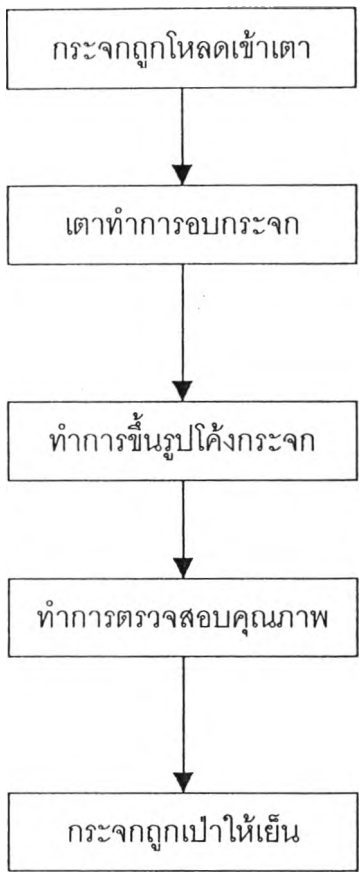
การศึกษาสภาพสายการผลิต

การศึกษาสภาพสายการผลิตประกอบด้วยการศึกษากระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์ สภาพปัญหาการผลิตกระจกเทมเปอร์ และการทดสอบคุณภาพของกระจกเทมเปอร์

3.1 กระบวนการผลิตกระจกเทมเปอร์

กระจกเทมเปอร์นั้นเป็นกระจกที่มีความแข็งแรงสูงกว่ากระจกปกติทั่วไปประมาณ 3 เท่า ซึ่งกรรมวิธีการผลิตกระจกเทมเปอร์พื้นฐานแบ่งดังนี้

- เป็นกรรมวิธีที่ทำให้กระจกร้อนและเย็นตัวอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับการทำเหล็ก แต่ในกรณีของเหล็กจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน
- ขั้นตอนแรกจะให้ความร้อนจนกระจกอ่อนตัวที่อุณหภูมิประมาณ 670° C แล้วเอาออกจากเตา ทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยใช้ลม ที่ผิวกระจกจะแข็งและเกิดการหดตัว ผลก็คือ ภายในเนื้อกระจกจะยังคงร้อนอยู่และจะค่อยเย็นตัวลงอย่างช้าๆ จึงทำให้ผิวกระจกแข็งและเกิด STRESS ขึ้น
- ให้ความเย็นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งภายในกระจกแข็งตัว แต่ภายในกระจกจะเย็นตัวช้ากว่าที่ผิว
- เมื่อผิวกระจกเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องหยุดให้ความเย็นที่ผิวจะหยุดการหดตัว แต่ภายในก็จะเย็นตัวช้าอย่างช้าๆจนถึงอุณหภูมิห้อง ทำให้ที่ผิวเกิดการอัดตัว
- อย่างไรก็ตามเมื่อผิวเย็นตัวลงสมบูรณ์แล้ว ภายในกระจกยังไม่เย็นตัว 100% ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในกับผิวกระจก ดังนั้นที่ผิวกระจกจะเกิด COMPRESSION STRESS แต่ภายในจะเกิด TENSILE SRESS
- สภาวะการทำงานของกรรมวิธี TEMPERING ที่สภาวะต่างๆกันจะทำให้ความเค้นที่เกิดขึ้นต่างกันด้วย



รูปที่ 3.1ขั้นตอนการผลิตกระจกเทมเปอร์

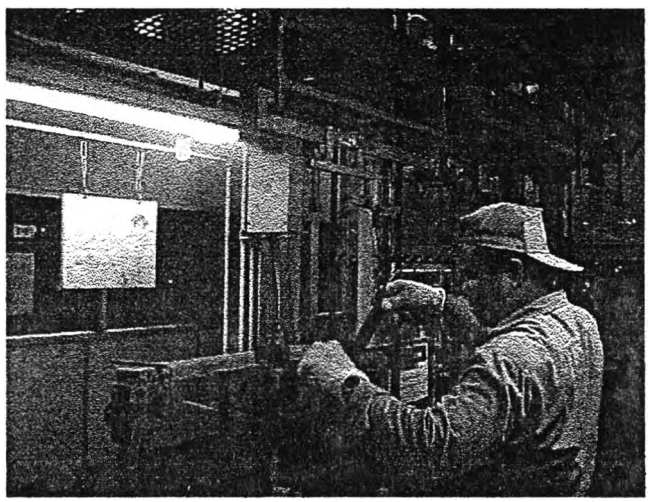
ขั้นตอนในการผลิตกระจกเทมเปอร์ทั่วไปมีขั้นตอนดังแสดงรูปที่ 3.1 คือ กระจกจะถูกทำการโหลดเข้าเตา หลังจากนั้นกระจกจะถูกอบจนได้อุณหภูมิที่เหมาะก็จะถูกขึ้นรูปโค้ง เสร็จแล้วก็จะถูกนำมาเป่าให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วซึ่งจะได้เป็นกระจกเทมเปอร์ หลังจากนั้นจะนำมาทำการตรวจสอบคุณภาพ

เตาที่ใช้ในการผลิตกระจกเทมเปอร์มีอยู่หลายแบบ ในที่นี้ขอเปรียบเทียบแค่ 3 แบบ คือ

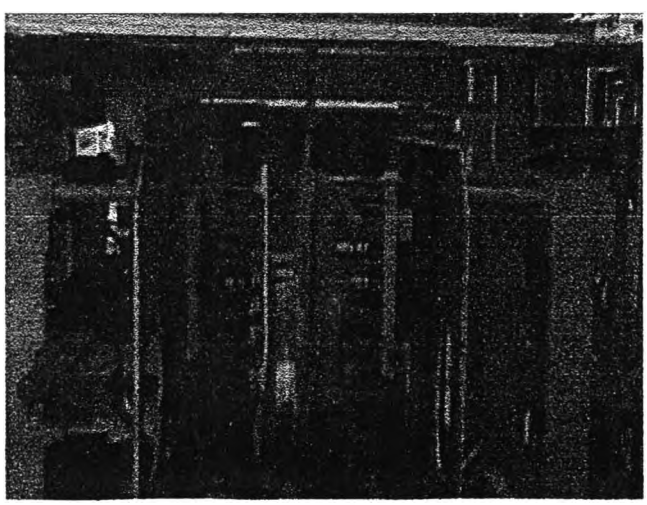
- เตา T–51
- เตา T- 81
- เตา T- 91

3.1.1 กระบวนการผลิตในเตา T-51

หลักการการของการผลิตกระจกเทมเปอร์ของเตา T-51 ใช้หลักการ Press Bending คือ กระจกจะถูกทำการ Loading เข้าเตาด้วยชุดจับยึด ซึ่งจะพากระจกเข้าไปอบในเตา เพื่อให้กระจกอ่อนตัว โดยที่อุณหภูมิกระจกประมาณ 680 - 690° C แล้วกระจกจะถูกขึ้นรูปโค้งด้วย Press Mold หลังจากนั้นกระจกจะถูกเป่าด้วยลมให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยใช้แรงดันลมโค้งนอกประมาณ 1400 มม.น้ำ แรงดันลมโค้งในประมาณ 1400 มม.น้ำ จึงจะได้กระจกเทมเปอร์ออกมา



รูปที่ 3.2 แสดงการ Load กระจกเข้าเตา T-51

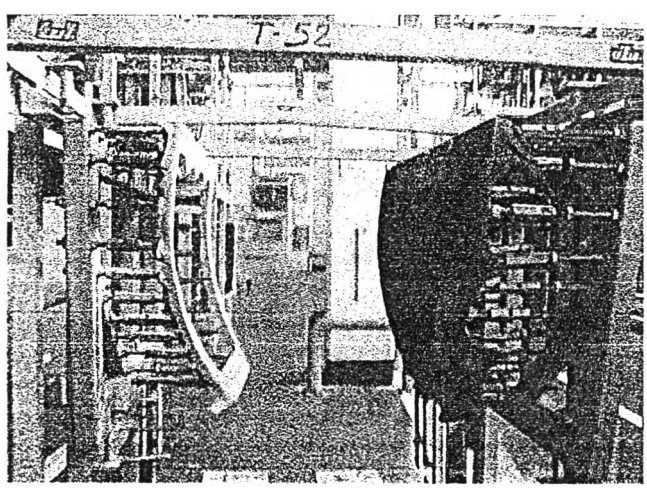


รูปที่ 3.3 แสดงถึงการขึ้นรูปของกระจก

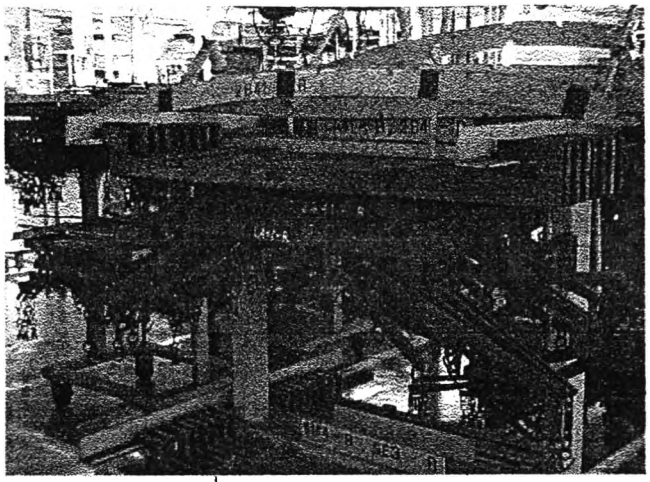
ในการโหลดกระจกเข้าเตา T-51 ดังรูปที่ 3.2 พนักงานจะทำการใช้ชุดจับยึดกระจก (รูปที่ 3.5) ทำการยึดกระจกไว้บริเวณในส่วนขอบของกระจก เพื่อที่จะนำกระจกเข้าไปในเตาเพื่อจะได้ทำการอบกระจกให้ได้อุณหภูมิประมาณ 680 – 690 องศา เมื่อกระจกได้อุณหภูมิตามต้องการกระจกจะถูกพาโดยชุดจับยึดกระจกมายังชุด Press Mold (รูปที่3.4) ซึ่งชุดนี้ประกอบไปด้วยตัวผู้และตัวเมียจะทำหน้าที่บีบกระจกที่ร้อนให้ขึ้นโค้งตามลักษณะของ Press Mold หลังจากนั้นกระจกจะถูกเป่าให้เย็น ทำให้ได้กระจกเทมเปอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละโมเดลของเตา T-51 ประกอบด้วย

- ชุด Press Mold ตัวผู้และตัวเมีย 1 ชุด ดังรูปที่ 3.4
- ชุดจับยึดกระจก 8 ชุด ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ชุด Press Mold

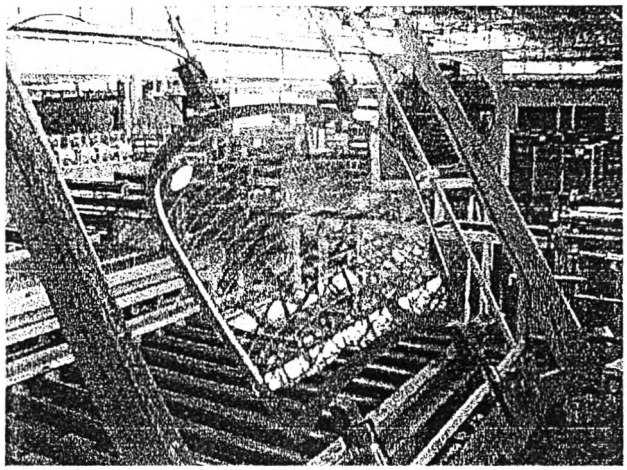


รูปที่ 3.5 ชุดจับยึดกระจก

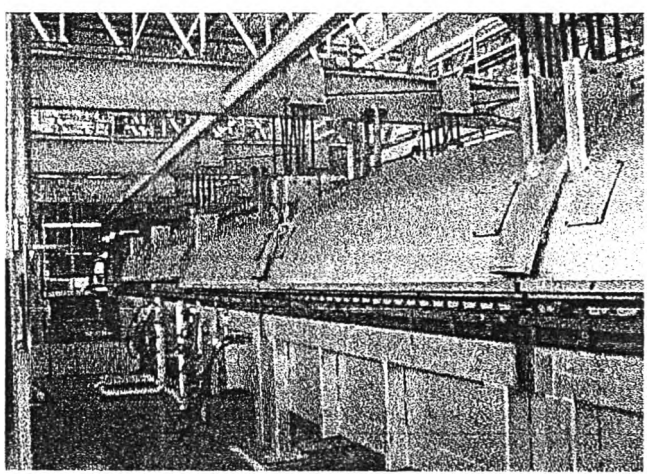
ชุด Press Mold ดังรูปที่ 3.3 นั้นด้านซ้ายเราจะเรียกว่า Press Mold ตัวเมีย ส่วนด้านขวาจะเรียกว่า Press Mold ตัวผู้ ซึ่งลักษณะของ Press Mold จะออกแบบตามรูปร่างและความโค้งของกระจกโมเดลนั้น ๆ โดยที่ แต่ละโมเดลจะมีชุด Press Mold ของตัวมันเอง วัสดุที่ใช้ในการทำนั้นใช้ Stainless ในการทำอุปกรณ์ชนิดนี้จะใช้ผ้าสเตนเลสหุ้มที่ Press Mold เพื่อป้องกันการเกิดรอยบนผิวกระจก ส่วนชุดอุปกรณ์จับยึดรูปที่ 3.5 ทำด้วย Stainless ซึ่งแต่ละโมเดลจะมีอุปกรณ์จับยึดแยกกันของแต่ละโมเดล

3.1.2 กระบวนการผลิตในเตา T-81

หลักการในการผลิตกระจกของเตา T-81 กระจกจะถูก Load บน Frame Load และถูกพาด้วยโรลเลอร์เข้าเตาไปอบให้ความร้อน ซึ่งการให้ความร้อนของเตานี้จะใช้การนำความร้อนของโรลเลอร์ และการแผ่รังสีความร้อนเป็นส่วนมาก โดยที่เมื่ออุณหภูมิกระจกอ่อนตัวพอดีจะขึ้นรูปได้ก็จะถูกขึ้นรูปโดยการให้กระจกปล่อยลงบนแบบ (Quench Ring) และใช้น้ำหนักของตัวกระจกเองในการขึ้นโค้ง หลังจากนั้นจะถูกเป่าให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยที่แรงดันลมบนประมาณ 1500 มม.น้ำ แรงดันลมล่างประมาณ 1500 มม.น้ำ จึงจะได้กระจกเทมเปอร์ออกมา



รูปที่ 3.6 การ Load กระจกเข้าเตา T-81

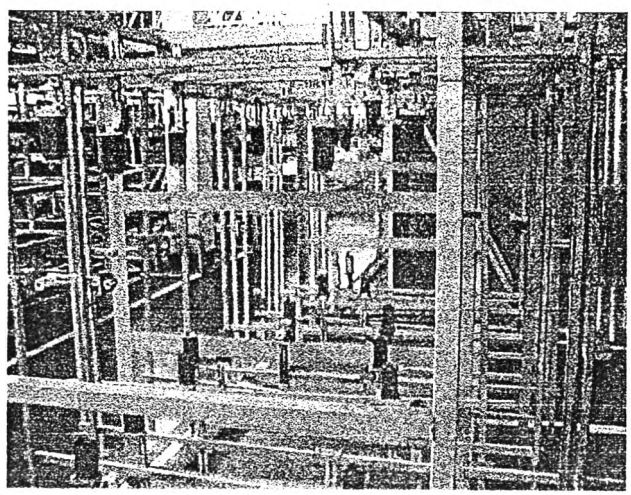


รูปที่ 3.7 ลักษณะของเตา T-81

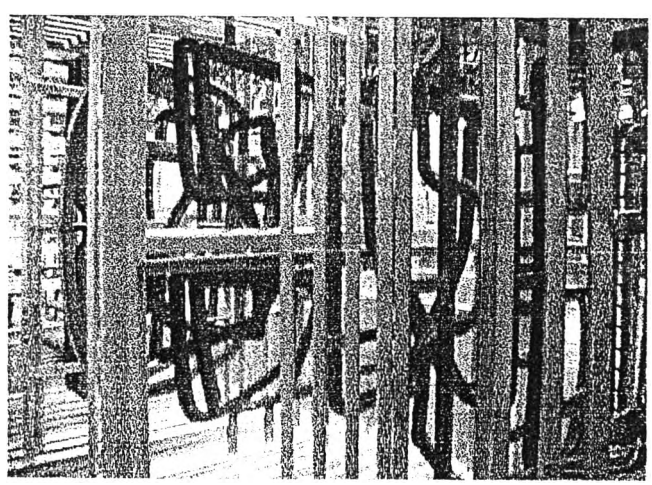
ในการโหลดกระจกเข้าเตา T-81 นั้นกระจกจะถูกพนักงานวางอยู่บน Frame Load (ดังรูปที่ 3.8) โดยที่กระจกจะถูกปล่อยลงบนโรลเลอร์ด้วยอุปกรณ์ลมที่มีลักษณะคล้ายลิ้นหุบเข้าไป ทำให้กระจกถูกปล่อยลงบนโรลเลอร์ กระจกจะถูกพาเข้าเตาโดยโรลเลอร์และอบจนได้อุณหภูมิประมาณ 610 – 620 องศา หลังจากนั้นกระจกก็จะถูกขึ้นรูปโดยการถูกปล่อยลงบนแบบ Quench Ring ดังรูปที่ 3.9 โดยจะขึ้นรูปโค้งด้วยน้ำหนักตัวมันเองบนแบบ Quench Ring หลังจากนั้นก็จะถูกนำออกมาเป่าลมให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว เพื่อจะได้เป็นกระจกเทมเปอร์

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเตา T-81ประกอบด้วย

- Frame Load
- แบบ Quench Ring



รูปที่ 3.8 Frame Load ของเตา T-81

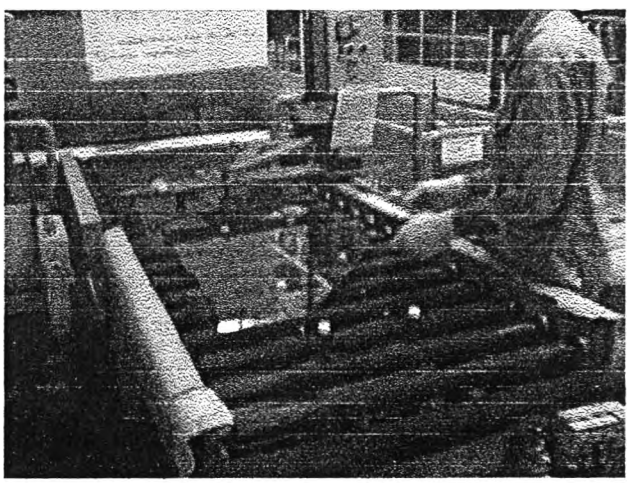


รูปที่ 3.9 แบบ Quench Ring

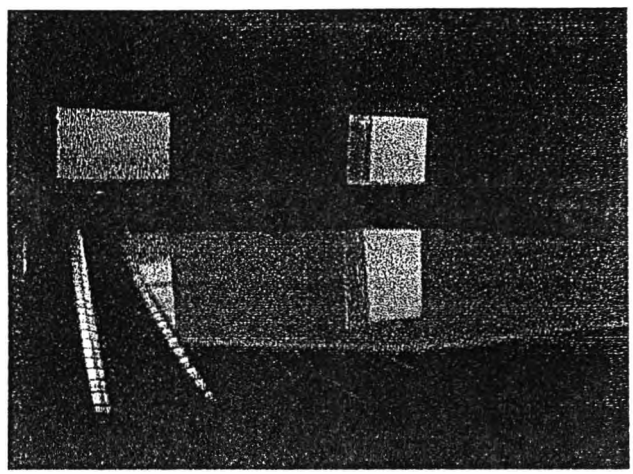
ชุด Frame Load ดังรูปที่ 3.8 ตัวเฟรมทำด้วยเหล็ก และมีอุปกรณ์ลม 4 ตัวใช้ในการปล่อยกระจกลงบนโรลเลอร์ โดยที่ Frame Load แยกแต่ละโมเดล ส่วน Quench Ring ดังรูปที่ 3.9 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการขึ้นโค้งของกระจก โดยปล่อยให้กระจกที่ร้อนลงบน Quench Ring ซึ่งกระจกจะขึ้นรูปโค้งด้วยน้ำหนักตัวกระจกเอง วัสดุที่ใช้ทำ Quench Ring นั้นใช้ Stainless ซึ่ง Quench Ring นั้นเป็นอุปกรณ์ของโมเดลใครโมเดลมันใช้ร่วมกันไม่ได้

3.1.3 กระบวนการผลิตในเตา T-91

หลักการในการผลิตกระจกของเตา T-91 กระจกถูก Load ด้วยชุด Load ของเตา และกระจกจะถูกพาเข้าเตาด้วยโรลเลอร์ หลักการในการพาและให้ความร้อนของเตา T-91 นั้นเหมือนกับ T-81 ซึ่งจุดต่างอยู่ที่การขึ้นรูปโค้งของกระจกเตา T-91 จะทำการขึ้นรูปโค้งด้วยโรลเลอร์โค้ง โดยที่เตา T-91 จะมีชุดโรลเลอร์โค้งอยู่ 3 ชุด คือ ชุด 1200 R , 1600 R และ 2000 R หลังจากขึ้นรูปโดยโรลเลอร์โค้งแล้วจะถูกเป่าให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว โดยใช้แรงดันลมบนประมาณ1400 มม.น้ำ และแรงดันลมล่างประมาณ 1800 มม.น้ำ ซึ่งก็จะได้กระจกเทมเปอร์



รูปที่ 3.10 การ Load กระจกของเตา T-91

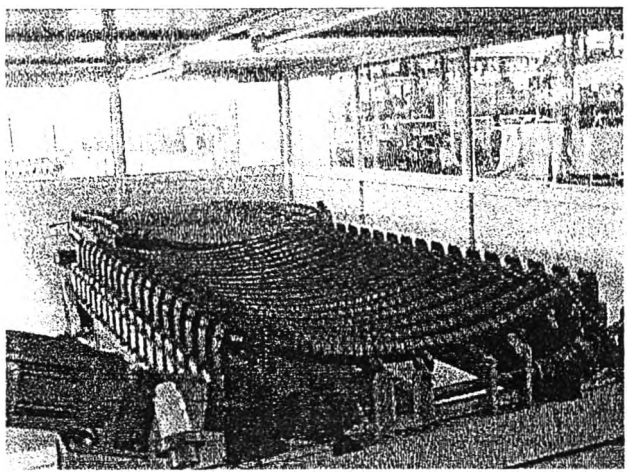


รูปที่ 3.11 แสดงการขึ้นโค้งของกระจกเตา T-91

การโหลดกระจกเตา T-91 ดังรูปที่ 3.10 นั้นการโหลดกระจกจะต้องสัมผัสกับ Stopper ทั้ง 3 จุดเป็นตัวกำหนดตำแหน่งซึ่งStopper ที่ใช้ในการโหลดนั้นทุกโมเดลสามารถใช้ร่วมกัน หลังจากกระจกถูกกำหนดตำแหน่งแล้วกระจกจะถูกพาเข้าไปในเตาอบด้วยโรลเลอร์ เมื่ออุณหภูมิกระจกได้ประมาณ 660 – 670 องศา กระจกจะถูกขึ้นโค้งโดยการที่กระจกไหลผ่านไปยังโรลเลอร์โค้งดังรูปที่ 3.11 ซึ่งจะทำให้กระจกโค้งตามโรลเลอร์ หลังจากนั้นกระจกจะถูกเป่าให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วก็จะได้เป็นกระจกเทมเปอร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตของเตา T-91 ประกอบด้วย

- โรลเลอร์โค้งชุดดัดขึ้นรูปของเตาT-91 มีทั้งหมด 3 โค้ง คือ 1200R,1600R และ2000R ซึ่งมีหน้าที่ในการทการขึ้นโค้งกระจกโดยที่กระจกไหลผ่านชุดโรลเลอร์โค้งก็จะได้โค้งตามโรลเลอร์นั้น



รูปที่ 3.11 โรลเลอร์โค้งของเตา T-91

3.2 สภาพปัญหาการผลิต

ในแต่ละปีอุตสาหกรรมรถยนต์มีการปรับเปลี่ยนรุ่น หรือมีการเปลี่ยนรูปแบบให้มีความสวยงาม ดังนั้น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับรถยนต์ก็จะต้องมีการปรับเปลี่ยนตามไปด้วย รวมถึงอุตสาหกรรมกระจกรถยนต์ก็จะต้องปรับเปลี่ยนตาม ดังนั้นเมื่อมีการปรับเปลี่ยนโมเดลใหม่เข้ามาเราก็จะทำการจัดโมเดลใหม่เข้าสายการผลิตว่าจะต้องเข้าสายการผลิตใด โดยที่เรามีกระบวนในการผลิตอยู่ 3 กระบวนการผลิต คือ เตา T-51 , T-81 , T-91 ซึ่งแต่ละกระบวนการผลิตนั้นมีกรรมวิธีและอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแตกต่างกันออกไป โดยที่เตา T-51 มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือมากที่สุด เตา T-91 มีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือน้อยที่สุด ส่วนความสามารถในการผลิตโค้งนั้น เตา T-51 มีหลากหลายมากที่สุด แต่เตา T-91 สามารถผลิตได้เพียง 3 โค้ง ในเรื่องของเวลาในการเปลี่ยนแบบจากโมเดลหนึ่งไปทำอีกโมเดลหนึ่งนั้นเตา T-91 มีความคล่องตัวสูงสุดใช้เวลาในการเปลี่ยนแบบน้อยที่สุด ส่วนเตา T-51 จะต้องใช้เวลาเปลี่ยนแบบมากที่สุด เนื่องจากต้องทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ เตา T-91 ต้นทุนถูกที่สุดดังตารางที่ 3.3โดยหลักการต้องใช้การผลิตเตานี้มาก แต่ในอนาคตที่มีการเปลี่ยนแปลงมีส่วนลดโอกาสในการใช้งานเนื่องจากสามารถผลิตได้เพียง 3 โค้ง จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาพารามิเตอร์ในการปรับค่าความโค้ง

ในตารางที่ 3.1 แสดงค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือ เมื่อมีโมเดลใหม่เข้ามา

ตารางที่ 3.1 ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์เมื่อมีโมเดลใหม่เข้ามา

เดือน	ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์/โมเดลใหม่ที่เข้ามา	T-51	T-81	T-91
ก.ค.	ค่าใช้จ่าย	-	-	0
	จำนวน	-	-	3
ส.ค.	ค่าใช้จ่าย	166,750	224,600	0
	จำนวน	1	3	2
ก.ย.	ค่าใช้จ่าย	-	-	-
	จำนวน	-	-	-
ต.ค.	ค่าใช้จ่าย	-	173,210	-
	จำนวน	-	2	-
พ.ย.	ค่าใช้จ่าย	171,050	-	0
	จำนวน	1	-	3
ธ.ค.	ค่าใช้จ่าย	-	-	-
	จำนวน	-	-	-
Total	ค่าใช้จ่าย	337,800	397,810	0
	จำนวน	2	5	8

ในตารางที่ 3.2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแบบ ซึ่งพบว่าอัตราความเร็วของ T-91 สูงสุด คือ ใช้เวลาเฉลี่ยต่อแผ่นเพียง 10 นาที

ตารางที่ 3.2 เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแบบ

เตา	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเปลี่ยนแบบ(นาที)
T-51	60
T-81	40
T-91	10

จากตารางข้างต้นจะเห็นได้ว่าเวลาในการเปลี่ยนแบบของเตา T-91 น้อยที่สุดจึงมีความคล่องตัวที่สุดในการเปลี่ยนแบบ แต่ในปัจจุบันมีข้อจำกัดในการทำการผลิต ได้ความโค้งเพียง 3 แบบเท่านั้น ทำให้ต้องเสียโอกาสในการใช้การผลิตที่มีต้นทุนต่ำลง ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลต้นทุนการแปรรูป(Conversion cost) ของการผลิตจากเตาทั้ง 3 ประเภท

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลต้นทุนการแปรรูป

เตา	ค่าแรงงานทางตรง	ค่าอุปกรณ์	ค่าพลังงานไฟฟ้า	รวม	%ต้นทุนแปรรูปเทียบกับเตา T-51
T-51	9	3.4	42.4	54.8	100
T-81	5.2	2	26.2	33.4	61
T-91	2.56	-	12.24	14.8	27

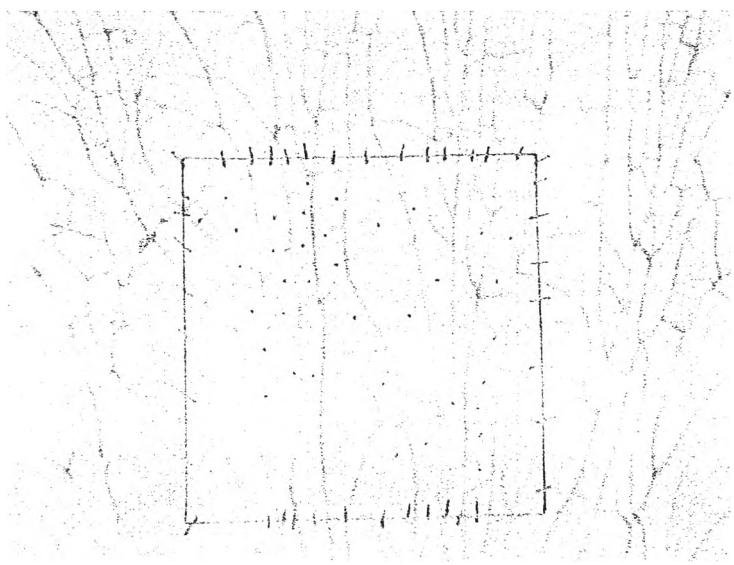
3.3 การทดสอบคุณภาพของกระจกเทมเปอร์

กระจกเทมเปอร์นั้นมีคุณสมบัติคือ การแตกเป็นเม็ดข้าวโพดเล็กๆ ซึ่งการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบแบบทำลายเพื่อดูคุณสมบัติการแตก ซึ่งมาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบจะอ้างอิงทาง EC Standard คือ

1) จำนวนเศษกระจกที่หยาบที่สุดต้องไม่น้อยกว่า 43 เม็ด
2) จำนวนเศษกระจกที่ละเอียดที่สุดต้องไม่มากกว่า 400 เม็ด
3) ในเรื่องของเศษกระจกยาวนั้นตั้งแต่ 60 – 75 มม. มีได้ไม่เกิน 4 เม็ด และความยาว 75 – 100 มม. มีได้ไม่เกิน 3 เม็ด
4) เศษกระจกที่มีขนาดใหญ่ที่สุดต้องไม่เกิน 2.8 ตร.ซม.

วิธีการทดสอบคุณภาพของกระจกเทมเปอร์เป็นดังนี้

1) นำกระจกที่ทำการทดสอบมาวาง
2) ใช้ค้อนหัวปลายแหลมทุบที่ตรงกลางกระจก
3) ปล่อยกระจกที่แตกทิ้งไว้ไม่เกิน 3 นาที
4) ทำการนับจำนวนเม็ดของกระจกโดยใช้กรอบขนาด 50 x 50 มม. หาตำแหน่งพื้นที่กระจกที่ละเอียดที่สุด และหยาบที่สุด วิธีการนับจำนวนเม็ดกระจก ให้นับเศษกระจกที่อยู่บนเส้นกรอบสี่เหลี่ยมเป็น ½ เม็ด ส่วนในกรอบที่ไม่ทับเส้นให้นับเป็น 1 เม็ด



รูปที่ 3.12 ลักษณะการนับการแตกของกระจกเทมเปอร์

รูปที่ 3.1.2 แสดงลักษณะการนับการแตกของกระจกเทมเปอร์ โดยใช้จำนวนเม็ดที่อยู่ในกรอบเป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับมาตรฐาน (EC Standard)