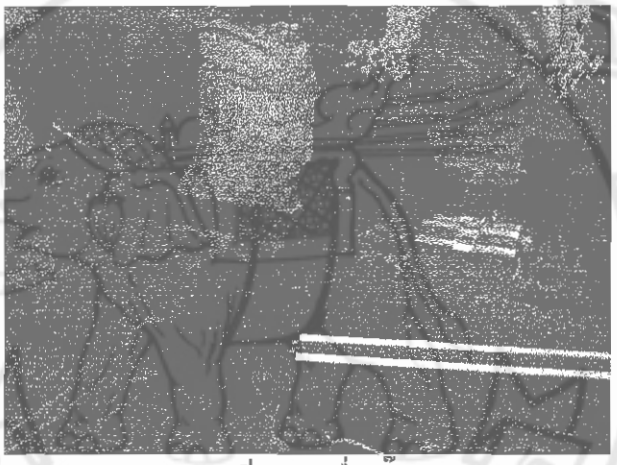
บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ศึกษากระบวนการผลิตใบลมกลับ

จากการศึกษากระบวนการผลิตที่บริษัท Smart Flow พบว่า ในกระบวนการผลิตใบลมกลับจะพบปัญหาเกี่ยวกับของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตใบลมกลับเกิน 50 เปอร์เซ็นต์ อันเนื่องมาจาก 2 สาเหตุหลักๆ คือ

4.1.1 **เครื่องปั๊ม** ทำให้ใบลมกลับมีลักษณะของเดือยไม่ตรง ทำให้เกิดเป็นของเสีย



รูปที่ 4.1 เครื่องปั๊ม

4.1.2 **เครื่องเหลา (สว่านแท่น)** ทำให้เดือยของชิ้นงานใบลมกลับหักขณะทำการเหลา ซึ่งในกระบวนการเหลานี้เกิดของเสียมากกว่ากระบวนการตัด

รูปที่ 4.2 เครื่องเหลา (สว่านแท่น)

เพราะฉะนั้น ผู้จัดทำโครงงานจึงต้องการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตชิ้นส่วนใบลมกลับ คือ ต้องการจัดสร้างฟิกเจอร์สำหรับจับยึดชิ้นงาน เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของใบลมกลับ และจัดสร้างเครื่องเหลา เพื่อป้องกันการหักของเดือยใบลมกลับ

4.2 Performance Specifications

4.2.1 **โครงสร้างของฟิกซ์เจอร์**

1.1 เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยจับยึดชิ้นงาน เพื่อป้องกันชิ้นงานเคลื่อนที่ขณะทำการตัด

1.2 มีโครงสร้างที่มั่นคง แข็งแรง

4.2.2 **ข้อกำหนดเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องเหลา**

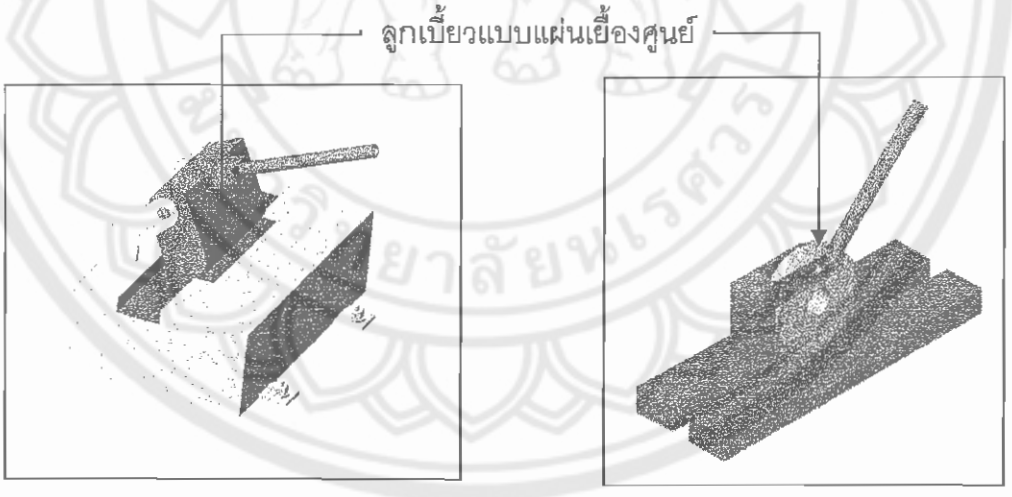
2.1 เป็นเครื่องเหลาที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อให้เครื่องทำการเหลาใบลมกลับ

2.2 มีขนาดเล็ก กะทัดรัด เคลื่อนย้ายง่าย

4.2.3 **การออกแบบโครงสร้างของฟิกซ์เจอร์และเครื่องเหลา**

1) **โครงสร้างของฟิกซ์เจอร์** มีลักษณะแยกเป็น 2 ส่วน คือ

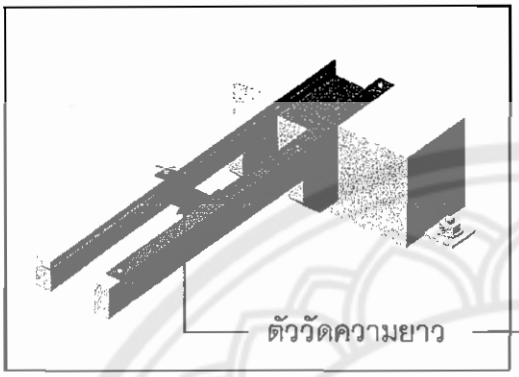
ส่วนแรกทำการจับยึดก่อนทำการตัดโดยใช้ลูกเบี้ยวแบบแผ่นเยื้องศูนย์ช่วยในการจับยึดชิ้นงานใบลมกลับ ซึ่งมีโครงสร้าง ดังรูปที่ 4.3



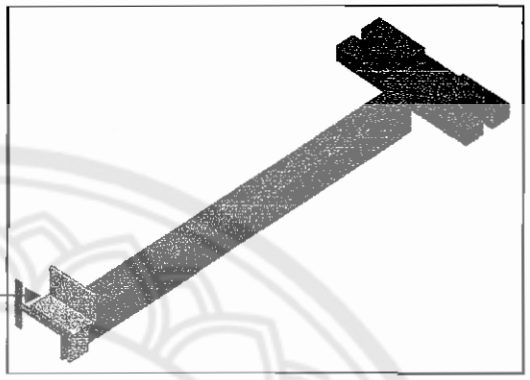
รูปที่ 4.3 โครงสร้างของฟิกซ์เจอร์ก่อนการตัด **รูปที่** 4.4 ฟิกเจอร์ก่อนการตัดที่มีการเปลี่ยนแปลง

โดยก่อนการจัดสร้างได้มีการออกแบบให้เหมาะสมกับวัสดุ อุปกรณ์ ที่หาง่ายในท้องตลาด มีราคาถูกและง่ายต่อการจัดสร้าง โดยมีการออกแบบและเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.4 คือ ฐานรองฟิกเจอร์ ใช้เหล็กที่มีขนาดเล็กลง ลูกเบี้ยวมีลักษณะที่ง่ายต่อการจัดสร้าง แต่ยังมีความสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงานเหมือนเดิม

ส่วนที่สองมีสเกลวัดระยะสำหรับการตัดเพื่อกำหนดขนาดความยาวของใบลมกลับ โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างของฟิกซ์เจอร์หลังการตัด

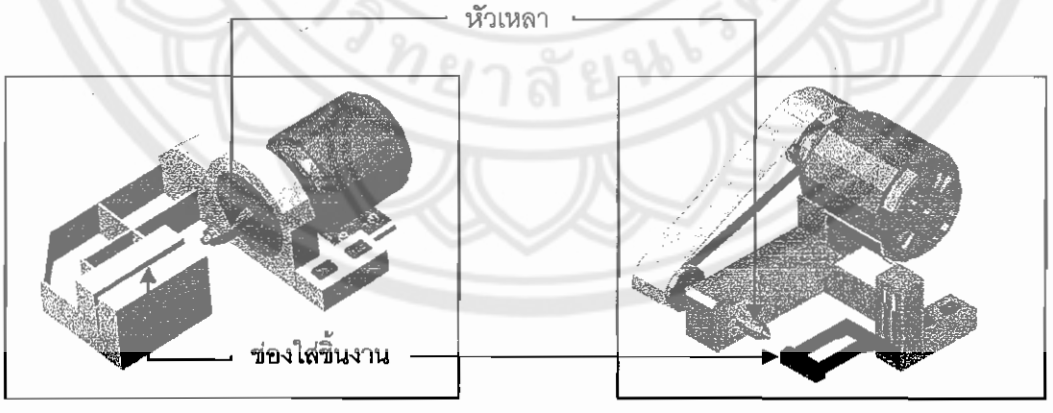


รูปที่ 4.6 ฟิกเจอร์หลังการตัดที่มีการเปลี่ยนแปลง

โดยก่อนการจัดสร้างได้มีการออกแบบให้เหมาะสมกับวัสดุ อุปกรณ์ ที่หาง่ายในท้องตลาด มีราคาถูกและง่ายต่อการจัดสร้าง โดยมีการออกแบบและเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.6 คือ ฐานฟิกเจอร์ใช้เหล็กที่มีขนาดเล็กลง มีตัววัดความยาวที่ง่ายต่อการจัดสร้าง

2) **โครงสร้างของเครื่องเหลา**

มีลักษณะทางเข้าของชิ้นงานเป็นช่อง โดยช่องมีขนาดพอดีกับชิ้นงาน มอเตอร์ไฟฟ้าจะยึดติดกับฐานเพื่อความมั่นคงและเที่ยงตรงขณะทำการเหลา ฐานตรงทางเข้าของชิ้นงานมีช่องสำหรับเหลาเดือยได้ทั้งเดือยสั้นและเดือยยาว ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.7 โครงสร้างของเครื่องเหลา

รูปที่ 4.8 เครื่องเหลาที่มีการเปลี่ยนแปลง

โดยก่อนการจัดสร้างได้มีการออกแบบให้เหมาะสมกับวัสดุ อุปกรณ์ ที่หาง่ายในท้องตลาด มีราคาถูกและง่ายต่อการจัดสร้าง โดยมีการออกแบบและเปลี่ยนแปลง ดังรูปที่ 4.8 เนื่องจากมอเตอร์มีความเร็วรอบสูง เพื่อป้องกันความเสียหายของใบลมกลับ จึงมีการจัดสร้างโดยเครื่องเหลาสามารถปรับความเร็วรอบ และช่องสำหรับใส่ชิ้นงานสามารถปรับขึ้น – ลง ได้

4.3 **จัดหาวัสดุสำหรับทำฟิกซ์เจอร์ และเครื่องเหลา**

ทำการสำรวจราคาและจัดหาวัสดุที่กำหนดไว้

4.3.1 **อุปกรณ์และวัสดุเกี่ยวกับการผลิตฟิกซ์เจอร์**

- เหล็กกล่องตัน 2 นิ้ว X 1 นิ้ว	ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 35	บาท
- เหล็กกล่อง 1 นิ้ว X 1 นิ้ว	ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 25	บาท
- อะลูมิเนียมกลมตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร		ราคา 85	บาท
- ไม้บรรทัดเหล็ก		ราคา 65	บาท
- สี จำนวน 1 กระป๋อง		ราคา 40	บาท
- น๊อต + สกรู		ราคา 8	บาท

4.3.2 **อุปกรณ์และวัสดุเกี่ยวกับการผลิตเครื่องเหลา**

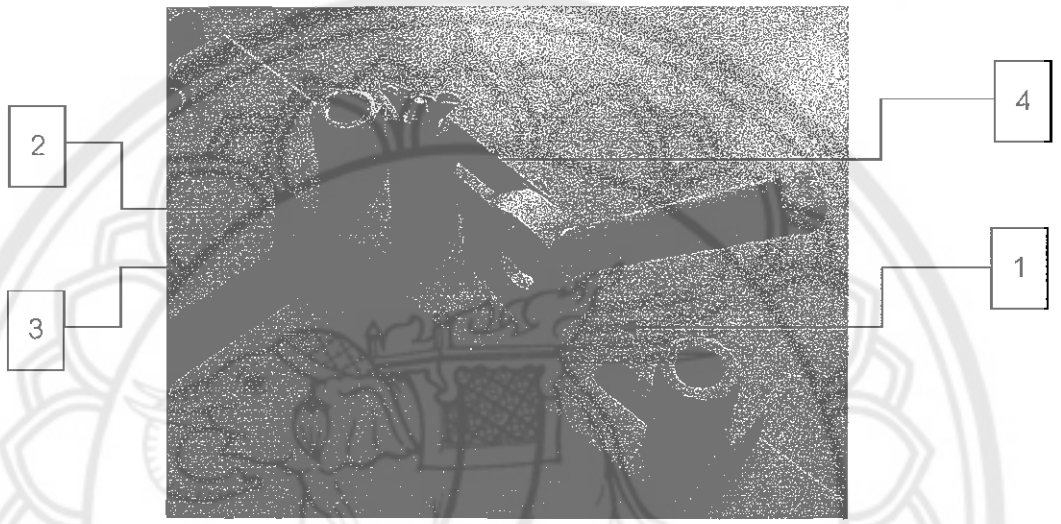
- เหล็กตัวซี 100 X 25 X 8 X 8	ยาว 25 เซนติเมตร	ราคา 45	บาท
- เหล็กแบนตัด 2 นิ้ว	ยาว 60 เซนติเมตร	ราคา 47	บาท
- เหล็กกล่องตัน 2 นิ้ว X 2 นิ้ว	ยาว 60 เซนติเมตร	ราคา 55	บาท
- เหล็กกล่องตัน 1 นิ้ว X 1 นิ้ว	ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 42	บาท
- เหล็กกลมตัน 1 นิ้ว X 1 นิ้ว	ยาว 100 เซนติเมตร	ราคา 25	บาท
- เหล็กกล่อง 2 นิ้ว X 1 นิ้ว	ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 35	บาท
- เหล็กเส้น 2 หุน	ยาว 10 เซนติเมตร	ราคา 15	บาท
- เหล็กแบนตัด 1/2 นิ้ว	ยาว 600 เซนติเมตร	ราคา 38	บาท
- เหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร	กว้าง 15 ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 70	บาท
- เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร	กว้าง 10 ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 65	บาท
- เหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร	กว้าง10 ยาว 30 เซนติเมตร	ราคา 50	บาท
- มอเตอร์ขนาด 0.35 แรงม้า		ราคา 950	บาท
- หัวสว่านขนาด 2 หุน		ราคา 550	บาท
- สายพาน		ราคา 80	บาท
- มู่เล่		ราคา 150	บาท
- ลูกปืน เบอร์ 6205 จำนวน 2 ตลับ		ราคา 160	บาท
- ชุดสวิตช์ควบคุม		ราคา 50	บาท
- ปลั๊กไฟ และ สายไฟยาว 3 เมตร		ราคา 25	บาท
- สี จำนวน 2 กระป๋อง		ราคา 80	บาท
- น๊อต + สกรู		ราคา 92	บาท

4.4 การสร้างฟิกเจอร์และเครื่องเหลา

ทำการสร้างฟิกเจอร์และเครื่องเหลาตามการออกแบบและขนาด ดังภาคผนวก ง.แบบเครื่องเหลาและภาคผนวก จ.แบบฟิกเจอร์ ตามลำดับโดยการจัดสร้างแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.4.1 การสร้างฟิกเจอร์ ลำดับในการสร้างส่วนต่างๆ แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ฟิกเจอร์จับยึดก่อนการตัด



รูปที่ 4.9 ส่วนฟิกเจอร์จับยึดก่อนการตัด

หมายเลขที่ 1 ฐานฟิกเจอร์ล็อคใบลมกลับ

หน้าที่: ยึดแผ่นใบลมกลับที่ต้องการตัดไม่ให้เคลื่อน

ออกแบบเพื่อ: ต้องการไม่ให้ใบลมกลับเคลื่อนที่เวลาตัดและสามาล็อกกับฐานเครื่องปั้มได้

หมายเลขที่ 2 โครงยึดลูกเบี้ยว

หน้าที่: เป็นตัวเชื่อมต่อจากฐานเพื่อยึดลูกเบี้ยว

ออกแบบเพื่อ: ต้องการให้ง่ายในการโยกลูกเบี้ยวล็อกใบลมกลับและง่ายต่อการยกใบลมกลับออก

หมายเลขที่ 3 ลูกเบี้ยว

หน้าที่: ล็อกใบลมกลับให้แน่น

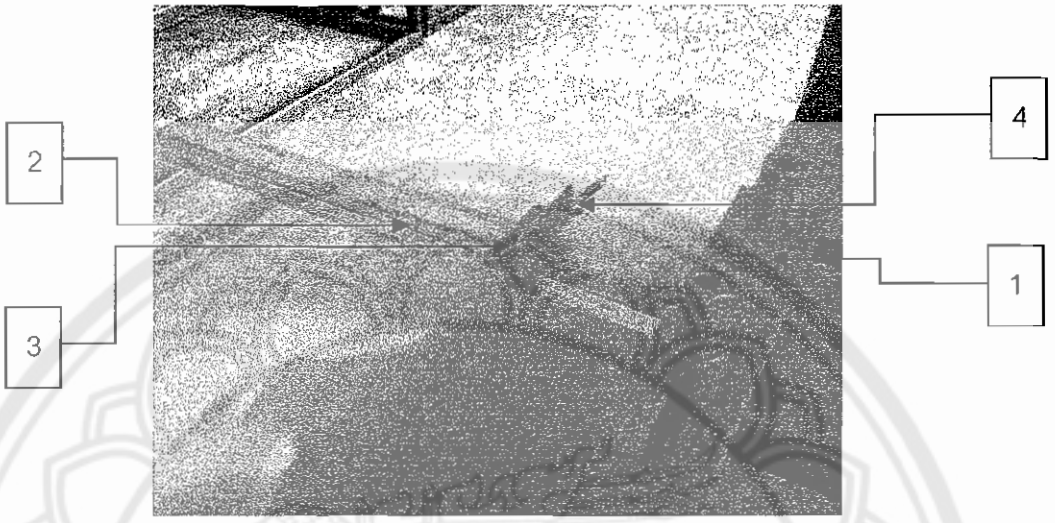
ออกแบบเพื่อ: เนื่องจากการล็อคใบลมกลับไม่ต้องใช้แรงมากดังนั้นจึงใช้ลูกเบี้ยวแบบแผ่นเยื้องศูนย์

หมายเลขที่ 4 คันโยกลูกเบี้ยว

หน้าที่: เป็นที่จับในการโยกลูกเบี้ยวล็อคใบลมกลับ

ออกแบบเพื่อ: ง่ายสำหรับในการจับโยกและพอดับมือ

2. ฟิกเจอร์จับยึดหลังการตัด



รูปที่ 4.10 ส่วนฟิกเจอร์จับยึดหลังการตัด

หมายเลขที่ 1 ฐานฟิกเจอร์กำหนดความยาวตัด

หน้าที่: ยึดแผ่นใบลมกลับที่ต้องการตัดไม่ให้เคลื่อน

ออกแบบเพื่อ: ต้องการไม่ให้ใบลมกลับเคลื่อนที่เวลาตัดและสามาล็อคกับฐานเครื่องปั้มได้

หมายเลขที่ 2 โครงสเกล

หน้าที่: รองรับการเคลื่อนของตัวปรับสเกล

ออกแบบเพื่อ: ต้องการความสะดวกในการเคลื่อนและล็อคตัวปรับสเกล

หมายเลขที่ 3 ตัวปรับสเกล

หน้าที่: ปรับสเกลตามความยาวของใบลมกลับตามที่ต้องการ

ออกแบบเพื่อ: เนื่องจากใบลมกลับมีความยาวหลายขนาดจึงต้องมีตัวกำหนดความยาวในการตัดตามที่ต้องการ

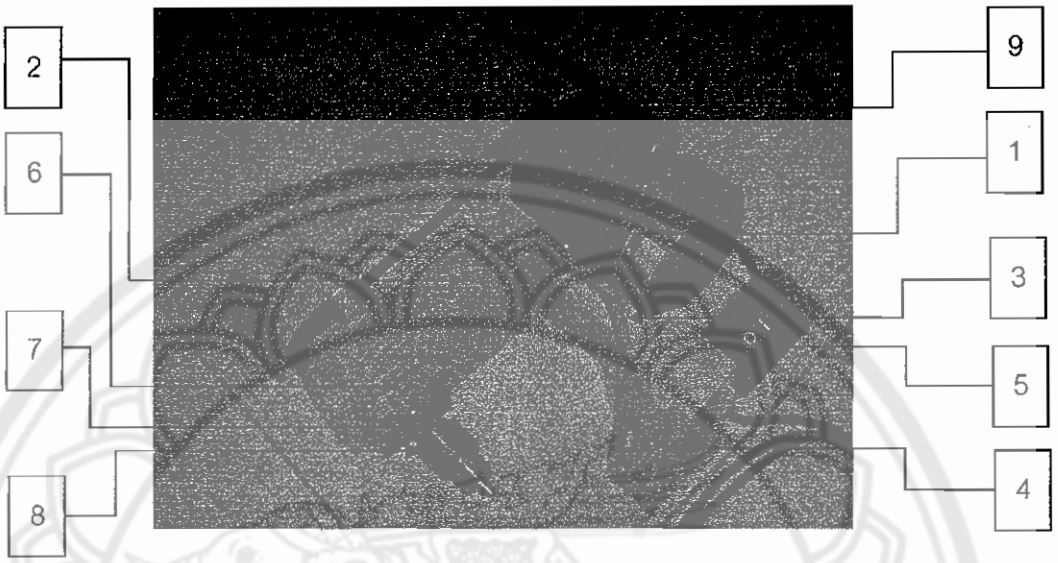
หมายเลขที่ 4 ตัวล็อกตัวปรับสเกล

หน้าที่: ล็อกตัวปรับสเกลตามระดับความยาวของใบลมกลับที่ต้องการตัด

ออกแบบเพื่อ: เพื่อง่ายต่อการหมุนล็อกตัวปรับ

4.4.2 การสร้างเครื่องเหลา ลำดับในการสร้างส่วนต่างๆ แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนของโครงสร้าง



รูปที่ 4.11 ส่วนของโครงสร้าง

หมายเลขที่ 1 ฐานรองรับมอเตอร์

หน้าที่: รองรับมอเตอร์ยึดมอเตอร์ ยังเป็นส่วนเชื่อมต่อกับโครงสร้างหลัก (ตัวเหลา) และที่ปรับตั้งจิ๊ก

ออกแบบเพื่อ: เนื่องจากที่ฐานมอเตอร์มีที่ล็อคน็อตอยู่สองด้านดังนั้นจึงทำฐานรองรับมอเตอร์ขึ้นมาโดยจะใช้น็อตยาวล็อกฐานมอเตอร์กับฐานรองรับมอเตอร์ติดกัน

หมายเลขที่ 2 ตัวเหลา

หน้าที่: ใช้ล็อคปลอกครอบลูกปืนเพลาและยึดที่บังสายพาน

ออกแบบเพื่อ: ต้องการให้การหมุนของเพลาอยู่ในตำแหน่งเดียวกันจึงได้ทำรูไว้สำหรับขันน็อตล็อกปลอกครอบลูกปืน

หมายเลขที่ 3 ตัวยึดที่ปรับ

หน้าที่: เชื่อมต่อระหว่างโครงสร้างหลักกับตัวปรับตั้งจิ๊ก

ออกแบบเพื่อ: รับแรงและความสวยงาม

หมายเลขที่ 4 ตัวปรับตั้งจิ๊ก

หน้าที่: ปรับตำแหน่งของจิ๊กตามแนวขึ้นลง

ออกแบบเพื่อ: ง่ายในการปรับตั้งจิ๊กเมื่อใส่ใบลมกลับเพื่อให้เดือยของใบลมกลับแต่ละเดือยครงกับศูนย์กลางของหัวเหลา

หมายเลขที่ 5 กล่องใส่สวิตส์

หน้าที่: ใส่และยึดสวิตซ์

ออกแบบเพื่อ: เนื่องจากสวิตซ์มีสายไฟเข้าและออกคนละเส้นดังนั้นจึงมี 2 รูและเพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า จึงทำเป็นกล่องเพื่อครอบสวิตซ์ไว้

หมายเลขที่ 6 ปลอกครอบลูกปืนเพลา

หน้าที่: เป็นตัวล็อคลูกปืนให้อยู่กับที่

ออกแบบเพื่อ: ต้องการล็อคลูกปืนให้อยู่กับที่จึงคว้านรูให้พอดีกับลูกปืนสำหรับครอบลูกปืนไว้และเพื่อความขึงแรงจึงทำรูไว้สำหรับล็อคน็อต 4 ตัว

หมายเลขที่ 7 เพลาส่งกำลัง

หน้าที่: ส่งกำลังไปยังหัวเหลา

ออกแบบเพื่อ: เนื่องเพลาถูกบังคับด้วยขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของรู มู่เล่ ลูกปืนและรูหัวจับดังนั้นเพลาจึงต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแต่ละส่วนไม่เท่ากันเนื่องจากการประกอบ

หมายเลขที่ 8 ตัวล็อคเพลา

หน้าที่: ล็อกเพลาเพื่อไม่ให้เพลาถอยออกขณะทำการเหลา

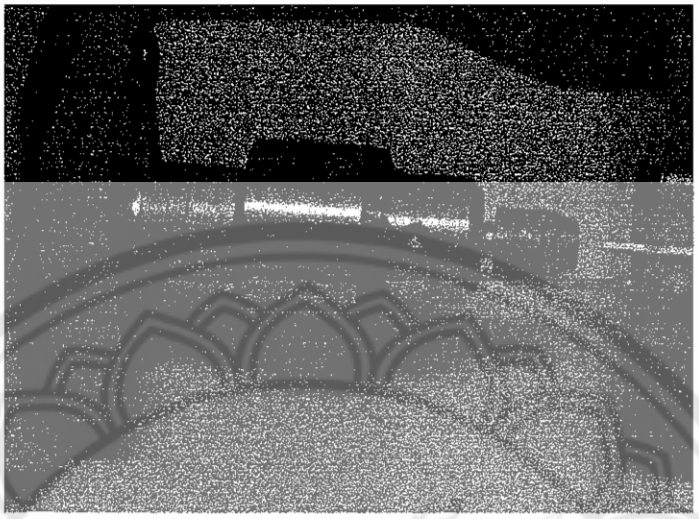
ออกแบบเพื่อ: เนื่องจากการค้ำยันด้านของปลอกครอบลูกปืนและด้านของหัวจับไม่เหมือนกันดังนั้นตัวล็อคเพลาจึงมีลักษณะที่ต่างกันตามลักษณะของการค้ำยันของแต่ละด้าน

หมายเลขที่ 9 ที่บังสายพาน

หน้าที่: ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นขณะปฏิบัติงาน

ออกแบบเพื่อ: เนื่องจากการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังเพลาด้วยสายพานดังนั้นที่บังสายพานจึงมีลักษณะรูปร่างตามสายพานและง่ายต่อการยึดติดกับตัวเหลา

2. ส่วนของหัวจับ

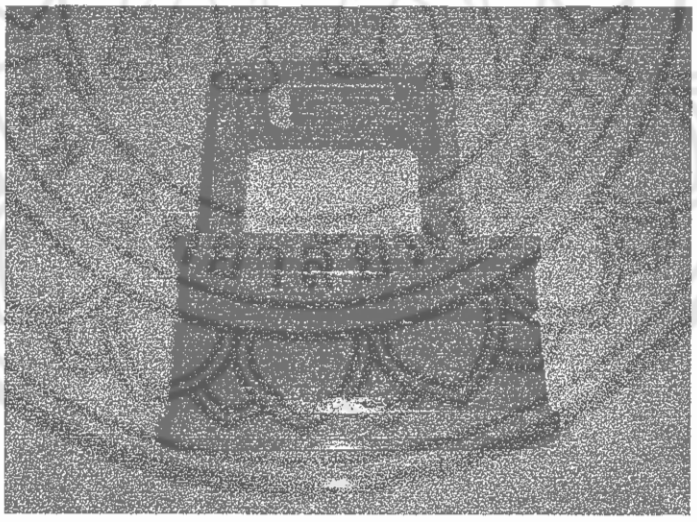


รูปที่ 4.12 ส่วนของหัวจับ

หน้าที่: เป็นตัวล็อคหัวเหลา

ออกแบบเพื่อ: ง่ายต่อการเปลี่ยนหัวเหลา

3. ส่วนของจิ๊ก

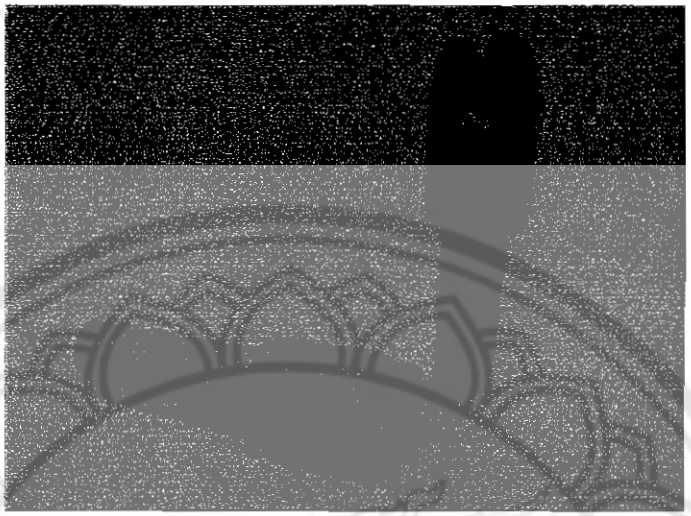


รูปที่ 4.13 ส่วนของจิ๊ก

หน้าที่: เป็นตัวนำร่องในการเหลาเดือยของใบลมกลับแต่ละเดือยให้ตรงกับจุดศูนย์กลางของหัวเหลา

ออกแบบเพื่อ: รองรับใบลมกลับทั้งในแนวนอนและแนวตั้งในการเหลาเดือยแต่ละเดือย และเพื่อให้ง่ายในการจัดสร้าง จึงทำเป็น 2 ส่วนแล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกัน

4. ส่วนของหัวเหลา



รูปที่ 4.14 ส่วนของตัวเหลา

หน้าที่: เหลาใบลมกลับแต่ละเดือย

ออกแบบเพื่อ: ต้องการให้เดือยที่ต้องการเหลามีลักษณะที่กลมคายเศษได้และให้หัวจับจับได้อย่างแข็งแรง

4.5 การทดสอบฟิกเจอร์และเครื่องเหลา

4.5.1 ผลการทดสอบฟิกเจอร์

การทดสอบฟิกเจอร์ เป็นการทดสอบจากกระบวนการตัดจากบริษัท Smart Flow โดยในการทดสอบนั้น ฟิกเจอร์ที่สร้างสามารถใช้งานได้ตามความยาวมาตรฐานของซ่องแอร์ที่ทางบริษัทเป็นผู้ผลิต โดยความยาวมาตรฐานที่บริษัทผลิต มีขนาดเท่ากับ 17 เซนติเมตร, 22.5 เซนติเมตร และ 27.5 เซนติเมตร โดยมีจำนวนผลการทดสอบความยาว ความยาวละ 20 ตัวอย่าง ซึ่งในการทดสอบฟิกเจอร์จากกกระบวนการตัด ข้อมูลที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1, 4.2 และ 4.3

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบฟีกเจอร์ ความยาวขนาด 17 เซนติเมตร

ลำดับ	ความยาวที่วัดได้*	ลักษณะเดือย**
1	17.03	เดือยตรง
2	17.04	เดือยตรง
3	17.05	เดือยตรง
4	17.04	เดือยตรง
5	17.02	เดือยตรง
6	17.00	เดือยตรง
7	17.01	เดือยตรง
8	17.05	เดือยตรง
9	17.03	เดือยตรง
10	17.05	เดือยตรง
11	17.02	เดือยตรง
12	17.02	เดือยตรง
13	17.01	เดือยตรง
14	17.02	เดือยตรง
15	17.03	เดือยตรง
16	17.04	เดือยตรง
17	17.02	เดือยตรง
18	17.01	เดือยตรง
19	17.01	เดือยตรง
20	17.01	เดือยตรง

* ความยาวที่วัดได้ ความละเอียดที่วัดได้ วัดได้จากเวอร์เนียร์ที่มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

** การทดสอบลักษณะของเดือย ในการทดสอบจะมีอุปกรณ์ทดสอบ โดยมีการกำหนดแถบสีออกเป็น 2 ช่วงสี **คือ** ช่วงสีเขียวและสีแดง (ดังรูปที่ ก.2 ภาคผนวก ก.) ซึ่งลักษณะของเดือยอยู่ในช่วงของแถบสีเขียวจะเป็นลักษณะของเดือยตรง แต่ถ้าเดือยอยู่ในช่วงของแถบสีแดงจะเป็นลักษณะของเดือยไม่ตรง

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบฟีกเจอร์ ความยาวขนาด 22.5 เซนติเมตร

ลำดับ	ความยาวที่วัดได้*	ลักษณะเดือย**
1	22.51	เดือยตรง
2	22.50	เดือยตรง
3	22.51	เดือยตรง
4	22.50	เดือยตรง
5	22.51	เดือยตรง
6	22.52	เดือยตรง
7	22.51	เดือยตรง
8	22.52	เดือยตรง
9	22.53	เดือยตรง
10	22.52	เดือยตรง
11	22.51	เดือยตรง
12	22.54	เดือยตรง
13	22.51	เดือยตรง
14	22.50	เดือยตรง
15	22.53	เดือยตรง
16	22.51	เดือยตรง
17	22.51	เดือยตรง
18	22.52	เดือยตรง
19	22.51	เดือยตรง
20	22.50	เดือยตรง

* ความยาวที่วัดได้ ความละเอียดที่วัดได้ วัดได้จากเวอร์เนียร์ที่มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

** การทดสอบลักษณะของเดือย ในการทดสอบจะมีอุปกรณ์ทดสอบ โดยมีการกำหนดแถบสีออกเป็น 2 ช่วงสี **คือ** ช่วงสีเขียวและสีแดง (ดังรูปที่ ก.2 ภาคผนวก ก.) ซึ่งลักษณะของเดือยอยู่ในช่วงของแถบสีเขียวจะเป็นลักษณะของเดือยตรง แต่ถ้าเดือยอยู่ในช่วงของแถบสีแดงจะเป็นลักษณะของเดือยไม่ตรง

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบฟิกเจอร์ ความยาวขนาด 27.5 เซนติเมตร

ลำดับ	ความยาวที่วัดได้*	ลักษณะเดือย**
1	27.51	เดือยตรง
2	27.52	เดือยตรง
3	27.50	เดือยตรง
4	27.51	เดือยตรง
5	27.51	เดือยตรง
6	27.52	เดือยตรง
7	27.51	เดือยตรง
8	27.51	เดือยตรง
9	27.51	เดือยตรง
10	27.52	เดือยตรง
11	27.51	เดือยตรง
12	27.52	เดือยตรง
13	27.51	เดือยตรง
14	27.53	เดือยตรง
15	27.51	เดือยตรง
16	27.51	เดือยตรง
17	27.51	เดือยตรง
18	27.52	เดือยตรง
19	27.51	เดือยตรง
20	27.50	เดือยตรง

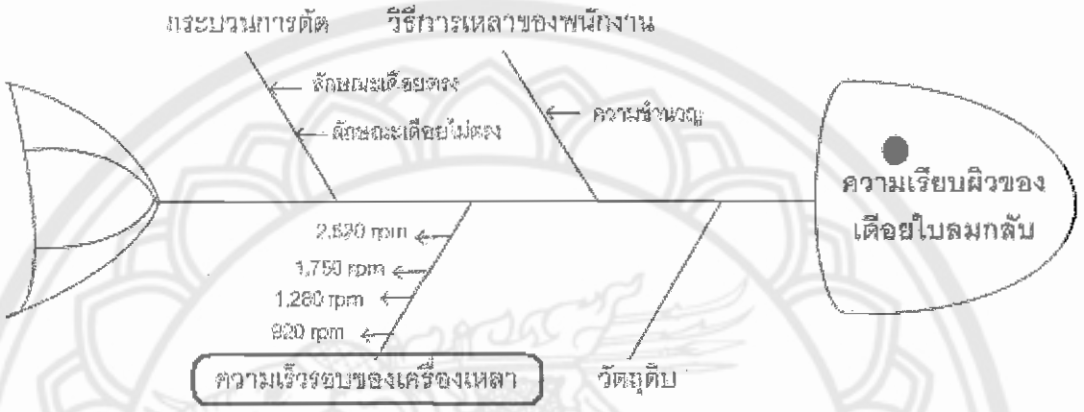
* ความยาวที่วัดได้ ความละเอียดที่วัดได้ วัดได้จากเวอร์เนียร์ที่มีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

**การทดสอบลักษณะของเดือย ในการทดสอบจะมีอุปกรณ์ทดสอบ โดยมีการกำหนดแถบสีออกเป็น 2 ช่วงสี คือ ช่วงสีเขียวและสีแดง (ดังรูปที่ ก.2 ภาคผนวก ก.) ซึ่งลักษณะของเดือยอยู่ในช่วงของแถบสีเขียวจะเป็นลักษณะของเดือยตรง แต่ถ้าเดือยอยู่ในช่วงของแถบสีแดงจะเป็นลักษณะของเดือยไม่ตรง

กล่าวโดยสรุป ข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 4.1 4.2 และ 4.3 ฟิกเจอร์ที่สร้างเมื่อทำการทดสอบสามารถใช้งานได้ตรงตามขนาดความยาวมาตรฐานที่ทางบริษัท Smart Flow กำหนด โดยมาตรฐานที่ทางบริษัท Smart Flow กำหนด คือ ต้องการตัดใบลมกลับที่ความยาวของใบลมกลับคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 1 มิลลิเมตร จากผลการทดสอบจากกระบวนการตัดทั้ง 60 ตัวอย่าง ที่ความยาว 17 เซนติเมตร 22.5 เซนติเมตร และ 27.5 เซนติเมตร ผลการทดสอบทั้งหมดมีความยาวไม่เกินที่บริษัท Smart Flow กำหนด แสดงว่า ยอมรับได้

4.5.2 ผลการทดสอบเครื่องเหลา

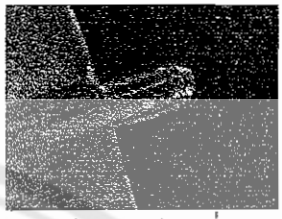
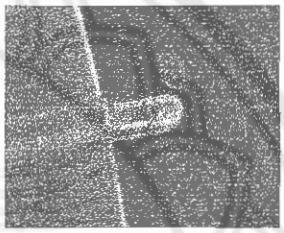
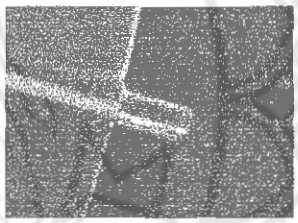
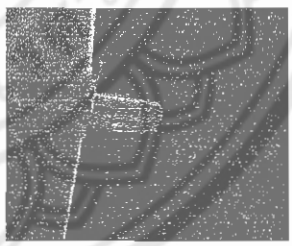
การสร้างเครื่องเหลา เพื่อนำมาใช้งานจริง ปัญหาที่พบ คือ เดือยของใบลมกลับมีลักษณะความเรียบผิวที่แตกต่างกัน โดยมีสาเหตุหลายๆ ประการที่เกี่ยวข้อง แสดงได้ดังแผนผังก้างปลา ดังรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แผนผังก้างปลาแสดงปัญหาที่พบเกี่ยวกับความเรียบผิวของเดือยใบลมกลับ

จากแผนผังก้างปลา โดยพิจารณาจากสาเหตุในแต่ละสาเหตุ พบว่า สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับปัญหาความเรียบผิวของเดือยและกระบวนการเหลามากที่สุด คือ ความเร็วรอบของเครื่องเหลา ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงนำมาทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมที่ทำให้ผิวของเดือยใบลมกลับเรียบ ดังตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับเดือยใบลมกลับ

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับเดือยใบลมกลับ

	ความเร็วรอบ (rpm)	ผลลัพธ์
เครื่องเหลา	2,620	 ผิวมีความเรียบที่สุด
	1,750	 ผิวมีความเรียบ
	1,280	 ผิวมีความขรุขระ
	920	 ผิวมีความขรุขระมาก

***หมายเหตุ จากตารางที่ 4.4 ตัวมู่เล่ที่เหมาะสมกับมอเตอร์ มีร่องสำหรับปรับความเร็วรอบเพียง 4 ร่อง จึงทำให้มีผลการทดสอบเกี่ยวกับความเร็วรอบมีเพียง 4 ค่า

จากตารางที่ 4.4 ปัญหาดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการทดสอบเครื่องเหลา เนื่องจากในกระบวนการเหลาเราไม่กังวลเกี่ยวกับความเรียบของผิวชิ้นงานที่เกิดจากกระบวนการเหลา เพราะวัตถุประสงค์ในการจัดสร้างเครื่องเหลาก็เพื่อต้องการเหลาเดือยของใบลมกลับ โดยที่ใบลมกลับสามารถประกอบให้เข้ากับอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในช่องแอร์เท่านั้น

จากการทดสอบเครื่องเหลาจากกระบวนการเหลาที่บริษัท Smart Flow โดยใช้ความเร็วรอบในการทดสอบ 2,620 รอบต่อนาที ทำการทดสอบลักษณะของเดือยและการสวมประกอบจำนวน 30 ตัวอย่าง ซึ่งจากการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงข้อมูลจากการทดสอบเครื่องเหลา

ลำดับ	ผลลัพธ์							
	ลักษณะเดือย						การประกอบ (สวม) กับชิ้นงานอื่น	
	เดือยที่1		เดือยที่ 2		เดือยที่ 3			
	หัก	ไม่หัก	หัก	ไม่หัก	หัก	ไม่หัก	สวมได้	สวมไม่ได้
1		/		/		/	/	
2		/		/		/	/	
3		/		/		/	/	
4		/		/		/	/	
5		/		/		/	/	
6		/		/		/	/	
7		/		/		/	/	
8		/		/		/	/	
9		/		/		/	/	
10		/		/		/	/	
11		/		/		/	/	
12		/		/		/	/	
13		/		/		/	/	
14		/		/		/	/	
15		/		/		/	/	
16		/		/		/	/	
17		/		/		/	/	
18		/		/		/	/	
19		/		/		/	/	
20		/		/		/	/	
21		/		/		/	/	
22		/		/		/	/	
23		/		/		/	/	
24		/		/		/	/	
25		/		/		/	/	
26		/		/		/	/	
27		/		/		/	/	
28		/		/		/	/	
29		/		/		/	/	
30		/		/		/	/	

จากตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบที่ได้ ความเร็วรอบที่ 2,620 รอบต่อนาที มีผลต่อการเหลาของใบลมกลับ คือ ใบลมกลับมีผิวเรียบแลดูสวยงาม โดยที่เดือยไม่หัก สามารถประกอบ (สวม) กับชิ้นงานได้ และจากข้อมูลตารางที่ 4.5 สามารถสรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ

ลักษณะของใบลมกลับ	จำนวน (ชิ้น)
*เดือยไม่หัก ประกอบ(สวม)กับชิ้นงานอื่นได้	30
เดือยไม่หัก ประกอบ(สวม)กับชิ้นงานอื่นไม่ได้	0

*ลักษณะของใบลมกลับที่สามารถยอมรับได้ คือ เดือยไม่หัก ประกอบ (สวม) กับชิ้นงานอื่นได้

การทดสอบเครื่องเหลาในกระบวนการเหลา (ทดสอบเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2551) จำนวน 30 ตัวอย่าง พบว่า เครื่องเหลาสามารถเหลาใบลมกลับได้โดยไม่มีการหักของเดือยลมกลับ เพราะฉะนั้นในการจัดสร้างเครื่องเหลาสามารถลดของเสียได้ 100 เปอร์เซนต์

4.6 แก้ไขและปรับปรุงฟิกซ์เจอร์และเครื่องเหลา

4.6.1 **ฟิกเจอร์** ไม่พบปัญหาที่ต้องแก้ไขกับการตัดใบลมกลับ

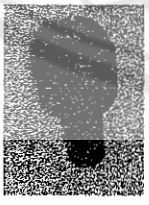
4.6.2 **เครื่องเหลา** พบปัญหาเกี่ยวข้องและต้องการแก้ไขกับกระบวนการเหลา ดังนี้

1. เมื่อเปิดสวิทช์เครื่องทำงานจะมีเสียงดัง เนื่องจากช่องระหว่างปลอกครอบลูกปืนกับตัวยึดเพลามีขนาดไม่พอดีกับเพลา

แก้ไขโดย ทำการคว้านรูปลอกครอบลูกปืนให้มีขนาดพอดีกับเพลา

2. ในการเหลาใบลมกลับแต่ละเดือยค่อนข้างจะใช้เวลา เนื่องจากหัวมีหลายฟันหลายฟันและมีร่องสำหรับคลายเศษที่แคบ

แก้ไขโดย ลดฟันลงเหลือสองฟันและทำการขยายร่องคายเศษให้มีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 4.16 หัวเหลาก่อนการแก้ไข

รูปที่ 4.17 หัวเหลาหลังการแก้ไข

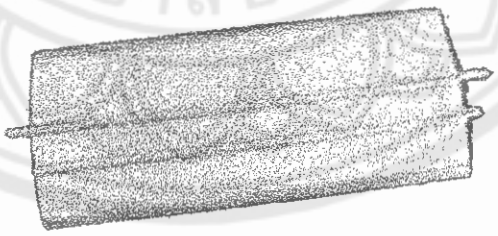
3. เมื่อทำการเหลาใบลมกลับหลาย ๆ ครั้งจะพบว่าเศษอลูมิเนียมจะร้อนและหลอมติดหัวเหลาทำให้การเหลาครั้งต่อไปผิวเดือยจะไม่เรียบ

แก้ไขโดย เมื่อทำการเหลาควรจะมีแปรงปัดเศษอลูมิเนียมที่ติดหัวเหลาไปด้วยขณะทำการเหลา

4.7 ติดตามผลการทดสอบฟิกเจอร์และเครื่องเหลา

จากการทดสอบเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2551 ฟิกเจอร์ให้ความยาวตามมาตรฐานที่บริษัท Smart Flow กำหนดที่พิกัดความยาว ไม่เกิน ± 1 มิลลิเมตร และเครื่องเหลาสามารถลดของเสียได้ถึง 100 เปอร์เซนต์ ซึ่งทางบริษัท Smart Flow มีความพอใจเป็นอย่างมาก ทางคณะผู้จัดทำจึงได้แนะนำวิธีการใช้งาน ฟิกเจอร์และเครื่องเหลากับพนักงานบริษัท Smart Flow และทางคณะผู้จัดทำต้องการวัดประสิทธิภาพการทำงานของฟิกเจอร์และเครื่องเหลา ว่า ฟิกเจอร์ให้ความเที่ยงตรงตามความยาวมาตรฐานที่บริษัท Smart Flow กำหนด ที่พิกัดความยาวไม่เกิน ± 1 มิลลิเมตรและ เครื่องเหลาสามารถลดของเสียได้ 100 เปอร์เซนต์หรือไม่

เพราะฉะนั้น ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ให้ทางบริษัท Smart Flow ทดสอบฟิกเจอร์และเครื่องเหลาเป็นระยะเวลา 50 วัน ตั้งแต่วันที่ 24 มีนาคม 2551 ถึง 13 พฤษภาคม 2551 ภายในระยะเวลา 50 วัน ทางบริษัท Smart Flow ได้รับการสั่งซื้อเป็นจำนวน 40 หน้ากากแอร์ (เฉพาะแบบที่มีใบลมกลับดังรูปที่ 4.14) ซึ่งจะประกอบไปด้วยใบลมกลับจำนวน 280 ใบลมกลับ บริษัท Smart Flow ได้ทดสอบตัดใบลมกลับ โดยมีฟิกเจอร์จับยึดชิ้นงานใบลมกลับและทดสอบเหลาใบลมกลับโดยเครื่องเหลา พบว่า ไม่มีของเสียที่เกิดจากกระบวนการตัด แต่เกิดของเสียขึ้นในกระบวนการเหลา จำนวน 12 ชิ้น (ในช่วงระยะเวลาแรก ๆ ในการทดสอบ) เนื่องจากพนักงานทำข้ามขั้นตอนในการเหลาใบลมกลับ คือ เมื่อพนักงานทำการเหลาใบลมกลับแล้วยกใบลมกลับขึ้นโดยที่ไม่เลื่อนใบลมกลับออก (ข้ามขั้นตอนที่ 3 ในภาคผนวก ข.การบำรุงรักษาและการใช้งาน) โดยของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตใบลมกลับ คิดเป็น 3.87 เปอร์เซนต์ จากผลการทดสอบจำนวน 310 ใบลมกลับ ภายในระยะเวลา 50 วัน



รูปที่ 4.18 ใบลมกลับ

ดังนั้น จากการติดตามผลการทดสอบฟิกเจอร์และเครื่องเหลาที่บริษัท Smart Flow โดยคณะผู้จัดทำและพนักงาน ทดสอบเป็นระยะเวลา 50 วัน ได้ผลดังนี้

ฟิกเจอร์มีความเที่ยงตรงที่พิกัดความยาวมาตรฐาน ไม่เกิน ± 1 มิลลิเมตร

เครื่องเหลา สามารถช่วยลดของเสียในกระบวนการเหลาได้ถึง 96.13 เปอร์เซนต์ จากเดิมที่เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จกำหนดที่ช่วยลดของเสียในกระบวนการเหลาได้ 20 เปอร์เซนต์

4.8 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์

การคำนวณรวมของฟิกเจอร์และเครื่องเหลา

รายละเอียดการคำนวณในส่วนของค่าใช้จ่ายคงที่ประกอบด้วยรายการต่าง ๆ ดังนี้

1.	เหล็กกล่องตัน 2 นิ้ว X 1 นิ้ว	ราคา 70 บาท
2.	เหล็กกล่อง 1 นิ้ว X 1 นิ้ว	ราคา 25 บาท
3.	อะลูมิเนียมกลมตัน เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร	ราคา 85 บาท
4.	ไม้บรรทัดเหล็ก	ราคา 65 บาท
5.	เหล็กตัวซี 100 X 25 X 8 X 8	ราคา 45 บาท
6.	เหล็กแบนตัด 2 นิ้ว	ราคา 47 บาท
7.	เหล็กกล่องตัน 2 นิ้ว X 2 นิ้ว	ราคา 55 บาท
8.	เหล็กกล่องตัน 1 นิ้ว X 1 นิ้ว	ราคา 42 บาท
9.	เหล็กกลมตัน 1 นิ้ว	ราคา 25 บาท
10.	เหล็กเส้น 2 หุน	ราคา 15 บาท
11.	เหล็กแบนตัด 1/2 นิ้ว	ราคา 38 บาท
12.	เหล็กแผ่นหนา 5 มิลลิเมตร	ราคา 70 บาท
13.	เหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร	ราคา 65 บาท
14.	เหล็กแผ่นหนา 1 มิลลิเมตร	ราคา 50 บาท
15.	มอเตอร์ขนาด 0.35 แรงม้า	ราคา 950 บาท
16.	หัวสว่านขนาด 2 หุน	ราคา 550 บาท
17.	สายพาน	ราคา 80 บาท
18.	มู่เล่	ราคา 150 บาท
19.	ลูกปืน เบอร์ 6205	ราคา 160 บาท
20.	ชุดสวิตซ์ควบคุม	ราคา 50 บาท
21.	ปลั๊กไฟ และ สายไฟยาว 3 เมตร	ราคา 25 บาท
22.	สี	ราคา 120 บาท
23.	น็อต + สกรู	ราคา 100 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการสร้างเครื่องเหลาและฟิกเจอร์ มีค่าเท่ากับ 2,882 บาท จากข้อมูลเบื้องต้น สามารถนำมาวิเคราะห์หาจุดพอดีทุน โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณจุดพอดีทุนของเครื่องเหลาและฟิกเจอร์ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ค่าใช้จ่ายต่อหน่วย

ลำดับ	ค่าใช้จ่ายในแต่ละหน่วย	ราคา(บาท)	หมายเหตุ
1	ค่าวัสดุและอุปกรณ์	2,882	อายุการใช้งาน 10 ปี (ตามคู่มือการบำรุงรักษาและใช้งานมอเตอร์ ยี่ห้อ มิตซูบิชิ ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท รุ่น 1/3 Hp 220V 50Hz 0.5A)
2	ค่าแรงงาน(คิดต่อปี)	114,000	ค่าแรงงาน คนละ 190 บาท จำนวนคนงาน 2 คน (300 วันทำงาน)
3	ค่าไฟฟ้า(คิดต่อปี)	21,229.8	คิดแบบบ้านอยู่อาศัยอัตรา 1.1 ตามการเรียกเก็บของการไฟฟ้า
4	ค่าบำรุงรักษาต่อปี	45	ค่าบำรุงรักษาและอะไหล่สำรอง ประกอบด้วย 1.ลูกปืน 2.สายพาน (เสื่อมสภาพในปีที่ 5)
5	ค่าน้ำมันหล่อลื่น(คิดต่อปี)	68	
6	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (กรณีที่ไปรับซื้อจากแหล่งวัตถุดิบ) +ค่ารถ	6,000	ต้นทุนค่าน้ำมันและค่ารถคิดเหมาจ่ายเดือนละ 500 บาท

การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน

กำหนดให้

1. ราคาขายต่อใบ เท่ากับ 17.25 บาท
2. จำนวนการผลิตที่คุ้มทุน เท่ากับ Q ใบ
3. ค่า MARR 1 % ต่อปี

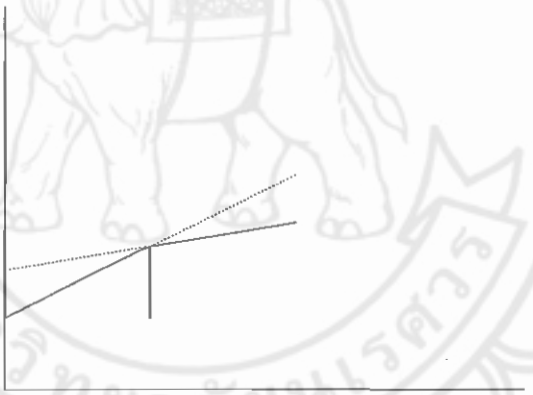
วิธีคิดคำนวณ

$$2{,}882\,(A/P, 1\%, 10) + 114{,}000 + 21{,}229.8 + 45 + 68 + 6{,}000 = 17.25Q$$

จะได้ $$2{,}882(0.10558) + 114{,}000 + 21{,}229.8 + 45 + 68 + 6{,}000 = 17.25Q$$

$$Q = 8{,}211.425 \text{ ใบ/ปี}$$

$$Q = 8{,}212 \text{ ใบ/ปี}$$



$Q_{BE} = 8{,}212$ ใบ/ปี

สรุป จะได้จำนวนใบลมกลับที่ผลิตจุดคุ้มทุน Q ใบต่อปี เท่ากับ 8,212 ใบ/ปี (300 วันทำงาน) หรือผลิตวันละ 28 ใบจึงจะคุ้มค่าที่ลงทุนไป