บทที่ 3
การนิยามปัญหา

3.1 บทนำ

ขั้นตอนการนิยามปัญหาที่จะกล่าวถึงในบทนี้ ถือว่าเป็นขั้นตอนแรกที่จะนำไปสู่การกำหนดจุดเริ่มต้นและทิศทางของการวิจัย (Define Phase) ตามวิธีการทางซิกซ์ ซิกม่า ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเลนส์

3.2 การกำหนดทีมงานดำเนินงาน

ในการกำหนดทีมงานดำเนินงาน ที่คัดเลือกจากผู้ที่มีความรู้ความชำนาญในส่วนของกระบวนการผลิตเลนส์ โดยหน้าที่ของทีมงานที่กำหนดขึ้นจะมีหน้าที่ คือเข้าร่วมประชุมเพื่อทำการระดมสมองเพื่อช่วยกันค้นหาและกรองปัจจัยนำเข้า ซึ่งทีมงานดำเนินงานประกอบไปด้วยบุคคลที่มาจากส่วนต่างๆ ดังนี้

ทีมงานในการดำเนินงาน

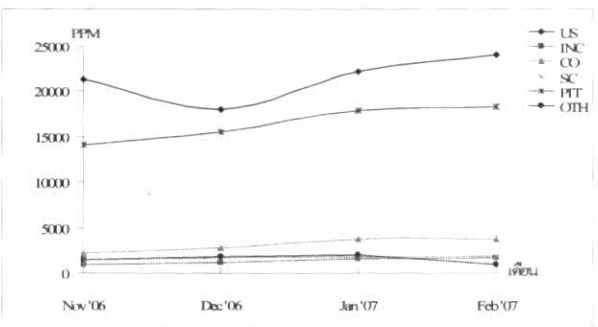
- ผู้จัดการฝ่ายการผลิตการขึ้นรูปเลนส์ (Uncoated Production Manager)
- ผู้จัดการฝ่ายผลิตการเคลือบเลนส์ (Hard Coated Production Manager)
- วิศวกรควบคุมการผลิต (Process Engineer)
- หัวหน้าฝ่ายผลิต (Production Supervisor)
- พนักงานซ่อมบำรุง 1 (Technician)
- พนักงานซ่อมบำรุง 2 (Technician)
- ผู้ดำเนินการวิจัย

3.3 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในกระบวนการผลิตเลนส์นั้นจะมีขั้นตอนในการผลิตหลายขั้นตอน ส่งผลให้โอกาสที่จะเกิดข้อบกพร่องขึ้นบนเลนส์จะมีโอกาสเกิดขึ้นได้มาก ประกอบกับทางโรงงานไม่มีห้องสะอาด (Clean room) ในกระบวนการผลิตเลนส์ จึงมีโอกาสที่จะทำให้มีการเกิดการปนเปื้อนในเลนส์ได้โดยง่าย ซึ่งเมื่อมีเลนส์เสียเกิดขึ้นทางโรงงานต้องมีการนำเลนส์นั้นกลับไปทำซ้ำ (Rework) และในบางกรณีเมื่อเกิดข้อบกพร่องบางชนิดขึ้นจะไม่สามารถที่จะนำเลนส์กลับไปทำซ้ำได้ ทำให้จำเป็นต้องทิ้งเลนส์ (Scrap)

นั้นไป ซึ่งจากข้อมูลของกระบวนการผลิตเลนส์ตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ผลผลิตทั้งกระบวนการ (Rolled throughput yield) ของกระบวนการผลิตเลนส์ มีค่าเท่ากับ 92.11 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะมีจำนวนเลนส์ที่เสียและเลนส์ที่นำกลับไปทำซ้ำเป็นจำนวน 78,900 PPM นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาค่าคะแนนมาตรฐาน (Z Score) หรือค่า σ-Level พบว่าค่า Z Long-Term (Z_{LT}) มีค่า 1.44 และ Z Short-Term (Z_{ST}) มีค่า 2.95 (จาก $Z_{ST} = Z_{LT} + 1.5_{shift}$) และหากนำมาคำนวณค่าประมาณของ Ppk และ Cpk จะได้ 0.48 และ 0.97 ตามลำดับ (จาก $Ppk = Z_{LT}/3$ และ $Cpk = Z_{ST}/3$) *F. W. Breyfogle ,1999*

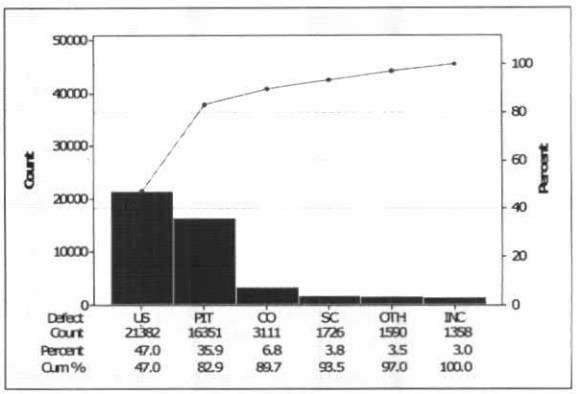
พิจารณาสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องชนิดต่างๆ ซึ่งชนิดของข้อบกพร่องทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้แสดงไว้ในหัวข้อ 1.1.4 โดยจะมีขั้นตอนในการตรวจสอบเลนส์หลังจากกระบวนการเคลือบผิว โดยสามารถแสดงค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนของสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละชนิดในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละชนิด
ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

จากรูปที่ 3.1 กราฟแสดงสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละชนิดในแต่ละเดือนแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละเดือนของสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละชนิด

รูปที่ 3.2 แสดงกราฟพาเรโตของสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละชนิดตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 เพื่อที่จะแสดงลำดับของข้อบกพร่องที่ก่อให้เกิดปัญหาเลนส์เสียจากมากไปน้อย ได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 กราฟพาเรโตสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องแต่ละชนิด
ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ในการผลิตเลนส์เคลือบแข็งนั้นเลนส์จะต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปตามรูปที่ 1.1 หรือ รูปที่ 1.2 ขึ้นอยู่กับประเภทของเลนส์(เลนส์เว้าหรือเลนส์นูน) และจะถูกส่งต่อไปทันทีที่กระบวนการเคลือบเลนส์ตามรูปที่ 1.3 ซึ่งจะเห็นว่ากระบวนการตรวจสอบของเสียจะมีอยู่เพียงขั้นตอนเดียว คือหลังจากได้มีการเคลือบเลนส์แล้ว ดังนั้นเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องชนิดต่างๆ ที่ตรวจพบจากกระบวนการเคลือบ บางข้อบกพร่องอาจจะไม่ได้มาจากกระบวนการเคลือบ แต่จะมาจากกระบวนการขึ้นรูป ซึ่งในที่นี้เลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US (47 เปอร์เซ็นต์) จะเกิดจากการที่มีจุดฝุ่นเข้าไปฝังอยู่ภายในเลนส์หรือติดอยู่บริเวณผิวหน้าเลนส์ ซึ่งส่วนมากแล้วจะเกิดขึ้นที่กระบวนการขึ้นรูปเลนส์ ในส่วนของเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT (35.9 เปอร์เซ็นต์) จะเกิดจากน้ำยาเคลือบผิวเลนส์ไม่สมบูรณ์ ซึ่งสาเหตุอาจจะมาจากผิวหน้าเลนส์ที่ไม่สะอาด ดังนั้นข้อบกพร่อง PIT จะเกิดขึ้นจากกระบวนการเคลือบเลนส์

จากรูปที่ 3.2 เปอร์เซ็นต์เลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และ PIT คิดเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ และ 35.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ เปอร์เซ็นต์เลนส์เสียรวมกันที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และ PIT คิดเป็น 82.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อมีการตรวจพบเลนส์เสีย ณ กระบวนการตรวจสอบแล้ว เลนส์เสียทุกชนิดข้อบกพร่อง จะถูกนำไปเข้ากระบวนการดีทรีทเมนต์ (Detreatment Process) ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นการใช้โซดาเป็นตัวทำละลายน้ำยาที่เคลือบผิวเลนส์ออก ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการลบข้อบกพร่องต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากน้ำยาเคลือบออก จากนั้นหลังจากผ่านกระบวนการดีทรีทเมนต์แล้วเลนส์จะถูกนำไปเคลือบซ้ำอีกครั้งและเมื่อเกิดเลนส์เสียอีกก็จะทิ้งเลนส์เสียนั้นไป ซึ่งข้อบกพร่องทุกชนิดที่เกิดขึ้นจะถูกแก้ไขด้วยวิธีการเดียวกัน คือ กระบวนการดีทรีทเมนต์ เพราะฉะนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแต่ละข้อบกพร่องก็จะไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการลดของเสียจะมุ่งเน้นไปที่การลดสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง 2 ชนิดนี้ เป็นหลัก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของเสียรวมและมีค่าใช้จ่ายที่เสียไป ในการทิ้งเลนส์เสีย

และการนำเลนส์เสียกลับไปทำซ้ำมากที่สุด และเนื่องจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น จะเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีสาเหตุของปัญหาที่แตกต่างกันไป ดังนั้นเลนส์เสียที่เกิดขึ้นก็จะถูกแบ่งออกเป็นสองปัญหา คือ ปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

3.4.1 ปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

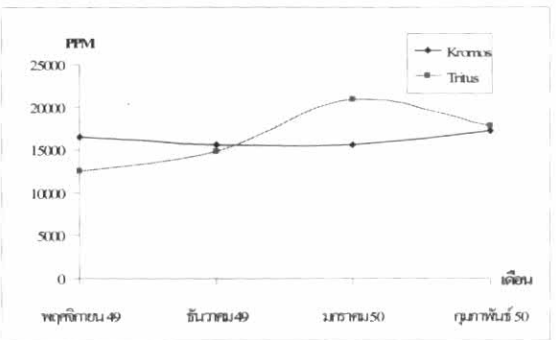
ในกระบวนการเคลือบเลนส์นั้นก่อนที่เลนส์ จะถูกเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบ ผิวของเลนส์จะต้องมีความสะอาดและเรียบเพียงพอ ซึ่งถ้าพื้นผิวที่ถูกเคลือบไม่สะอาดเพียงพอ ความสามารถในการเกาะติดผิวเลนส์ของน้ำยาที่ใช้เคลือบก็จะลดน้อยลง หรือไม่สามารถที่จะเคลือบผิวของเลนส์ได้ ดังนั้นความสะอาดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในกระบวนการเคลือบเลนส์ ซึ่งข้อบกพร่อง PIT นั้นจะเกิดจากกระบวนการเคลือบเลนส์ที่ผิวหน้าเลนส์ไม่มีความสะอาด หรือเกิดจากความบกพร่องของกระบวนการเคลือบน้ำยา ดังนั้นในการหาสาเหตุของข้อบกพร่อง PIT จะอยู่ภายในกระบวนเคลือบเลนส์

กระบวนการเคลือบเลนส์นั้นเป็นการป้องกันผิวหน้าเลนส์ไม่ให้เกิดรอยขีดข่วน ซึ่งในกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มคุณค่าของเลนส์ขึ้น เมื่อมีเลนส์เสียจากการเคลือบเลนส์เกิดขึ้น ทางโรงงานจะไม่มีการทิ้งเลนส์ที่เสียนั้นไป เนื่องจากข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นนั้นสามารถทำการลบออกได้ด้วยกระบวนการพิเศษที่เพิ่มเข้ามา เรียกว่ากระบวนการดีทรีทเมนต์ (Detreatment Process) ดังนั้นเลนส์ที่เสียนั้นจะถูกนำไปลบออกด้วยกระบวนการดีทรีทเมนต์ และต่อจากนั้นก็นำกลับไปทำการเคลือบซ้ำอีกครั้ง และถ้าเลนส์เสียที่มีการทำซ้ำแล้วนั้น ยังคงพบว่าเป็นเลนส์ที่เสียอยู่ ทางโรงงานจะไม่มีการนำเลนส์นั้นมาทำซ้ำอีกเป็นครั้งที่สอง เนื่องจากกระบวนการดีทรีทเมนต์จะมีการใช้โซดาเป็นตัวทำละลายน้ำยาที่เคลือบผิวเลนส์ออก ซึ่งถ้าทำซ้ำกันหลายๆครั้งก็จะส่งผลให้เกิดการกัดกร่อนที่ผิวหน้าเลนส์ทำให้เกิดความเสียหาย ทำให้จำเป็นจะต้องทิ้งเลนส์ที่เสียนั้นไป ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการทำซ้ำและเลนส์เสียที่เกิดขึ้น จัดเป็นต้นทุนความล้มเหลวภายในซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของต้นทุนคุณภาพ และกระบวนการดีทรีทเมนต์ก็ยังจัดเป็นกระบวนการที่ไม่เพิ่มคุณค่า (Non Value Added) อีกด้วย

โดยจำนวนเลนส์ที่ทำการผลิต สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ที่ถูกทำซ้ำ สัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้ง และค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นของแต่ละผลิตภัณฑ์ ในช่วงเวลา 4 เดือนโดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 จะสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 จำนวนการผลิต สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ที่ถูกทำซ้ำ สัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้ง และค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นของแต่ละผลิตภัณฑ์
ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ผลิตภัณฑ์	จำนวนการผลิต	สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ที่ถูกทำซ้ำ(PPM)	สัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้ง (PPM)	ค่าใช้จ่ายที่เสียไป (บาท)
Tritus	827,178	16,490	41,703	756,497
Kromos	893,931	16,137	40,627	796,453



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ที่ถูกทำซ้ำของแต่ละผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

โดยตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นของแต่ละผลิตภัณฑ์ ในตารางที่ 3.1 สามารถคำนวณได้ ดังต่อไปนี้

$$y_{it} = d_i n_{it} + c_i n'_{it} \tag{3.1}$$

เมื่อ y_{it} คือ ค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นของผลิตภัณฑ์ i ในช่วงเวลา t

n_{it} คือ จำนวนของเลนส์เสียของผลิตภัณฑ์ i ในช่วงเวลา t

n'_{it} คือ จำนวนของเลนส์เสียของผลิตภัณฑ์ i ในช่วงเวลา t หลังจากการเคลือบครั้งที่ 2

c_i คือ ต้นทุนในการผลิตเลนส์เคลือบแข็งผลิตภัณฑ์ i

d คือ ต้นทุนในการนำเลนส์เสียกลับไปดีทรีทเมนต์

i = 1 คือ ผลิตภัณฑ์ Tritus

i = 2 คือ ผลิตภัณฑ์ Kromos

t คือ ช่วงเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

เนื่องจากข้อมูลที่ทางโรงงานกรณีศึกษาสามารถเปิดเผยได้ มีเพียง n_{it} , n'_{it} และ c_i เท่านั้น ดังนั้นในการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เสียไป ในตารางที่ 3.1 จึงจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงสมการที่ใช้ในการคำนวณ โดยจะแสดงค่าใช้จ่ายเฉพาะส่วนที่เกิดจากการทิ้งเลนส์เสียไปซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$y_{it} = c_i n'_{it} \tag{3.2}$$

จากตารางที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ Kromos จะมีจำนวนเลนส์ที่ทำการเคลือบทั้งสิ้น 893,931 เลนส์ โดยมีจำนวนเลนส์เสียที่ถูกเนื่องจากยังคงเป็นเลนส์เสียหลังจากการเคลือบครั้งที่ 2 เท่ากับ 36,318 เลนส์ ซึ่งจะสามารถคำนวณหาสัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้งไป ได้เท่ากับ 40,627 PPM และค่าคะแนนมาตรฐาน หรือค่า σ -Level พบว่าค่า Z Long-Term (Z_{LT}) มีค่า 1.93 และ Z Short-Term (Z_{ST}) มีค่า 3.43 และหากนำมาคำนวณค่าประมาณของ Ppk และ Cpk จะได้ 0.64 และ 1.14 ตามลำดับ ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อต้องทำการทิ้งเลนส์เสียของผลิตภัณฑ์ Kromos ได้จากสมการที่ (3.2) คิดเป็นเงิน 796,453 บาท ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่มากที่สุด และจากรูปที่ 3.3 สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT ที่ถูกทำซ้ำของผลิตภัณฑ์ Kromos มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ ดังนั้นในการลดของเสียควรจะดำเนินการที่ผลิตภัณฑ์ Kromos เป็นลำดับแรก ซึ่งในการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์จะทำการผลิตได้ในเครื่องจักรทุกรุ่น โดย ณ ปัจจุบันเครื่องจักร Nikon3 จะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ Kromos เท่านั้น ดังนั้น ในการลดของเสียจึงจะดำเนินการที่เครื่องจักร Nikon3

จากที่กล่าวไปแล้วข้างต้นการตรวจสอบเลนส์จะมีเพียงกระบวนการเดียวเท่านั้น คือ หลังจากเสร็จจากการเคลือบเลนส์แล้ว ดังนั้นเลนส์เสียจากกระบวนการขึ้นรูปจะถูกส่งเข้ามาสู่กระบวนการเคลือบด้วยเช่นกัน ซึ่งจากการศึกษาพบว่าเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US บางครั้งอาจจะเกิดขึ้นได้จากกระบวนการเคลือบเลนส์ และบางครั้งเมื่อผ่านกระบวนการเคลือบ ข้อบกพร่อง US บนเลนส์บางเลนส์อาจจะสามารถถูกล้างออกหรือถูกกลบด้วยน้ำยาเคลือบได้ ดังนั้นในกระบวนการเคลือบเลนส์ จำเป็นที่จะต้องวิเคราะห์หาปัจจัยนำเข้า ภายในกระบวนการเคลือบเลนส์ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง PIT บนเลนส์ และปัจจัยนำเข้าที่

เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง US บนเลนส์ด้วย ดังนั้นในปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากกระบวนการเคลือบเลนส์ จะมีตัวแปรตอบสนอง 2 ตัวที่จะต้องพิจารณาไปพร้อมๆ กัน คือ สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT และ สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US โดยสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT และ US ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ของผลิตภัณฑ์ Kromos สามารถแสดงได้ดังตารางต่อไป

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT และ US ของผลิตภัณฑ์ Kromos ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ผลิตภัณฑ์	สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT (PPM)	สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US (PPM)
Kromos	16,137	30,081

จากตารางที่ 3.2 โดยตั้งแต่เดือนเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 จำนวนการผลิตเลนส์เคลือบแข็งของผลิตภัณฑ์ Kromos มีทั้งสิ้น 893,931 เลนส์ และมีจำนวนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT มีเท่ากับ 14,425 เลนส์ ดังนั้นค่าเฉลี่ยต่อเดือนของสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT มีค่าเท่ากับ 16,137 PPM ซึ่งคิดเป็นระดับความสามารถของกระบวนการที่ระดับซิกมาเท่ากับ 3.83 ซิกมา และค่า Cpk เท่ากับ 1.28 และตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ผลิตภัณฑ์ Kromos มีจำนวนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US มีเท่ากับ 26,891 เลนส์ ดังนั้นสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US มีค่าเท่ากับ 30,081 PPM และค่าคะแนนมาตรฐาน หรือค่า σ-Level พบว่าค่า Z Long-Term (Z_{LT}) มีค่า 2.11 และ Z Short-Term (Z_{ST}) มีค่า 3.61 และหากนำมาคำนวณค่าประมาณของ Ppk และ Cpk จะได้ 0.70 และ 1.20 ตามลำดับ

ในส่วนของการคำนวณค่าใช้จ่ายของเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT และ US ของผลิตภัณฑ์ Kromos จะพิจารณาได้ดังนี้ เนื่องจากการตรวจสอบเลนส์หลังจากการเคลือบครั้งที่สองนั้น ทางโรงงานจะมีการบันทึกข้อมูลเพียงจำนวนเลนส์ที่ถูกทิ้งทั้งหมดเท่านั้น โดยไม่มีการแยกว่าเลนส์ที่ถูกทิ้งเกิดจากข้อบกพร่องประเภทใด ดังนั้นในการคำนวณค่าใช้จ่ายจะไม่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.2) แต่เนื่องจากเมื่อเกิดข้อบกพร่องทั้ง PIT และ US ขึ้น เลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องทั้งสองชนิดจะถูกนำกลับไปทำซ้ำด้วยกระบวนการเดียวกัน ดังนั้นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างข้อบกพร่องทั้งสองชนิดจะขึ้นอยู่กับจำนวนเลนส์เสียที่เกิดจาก

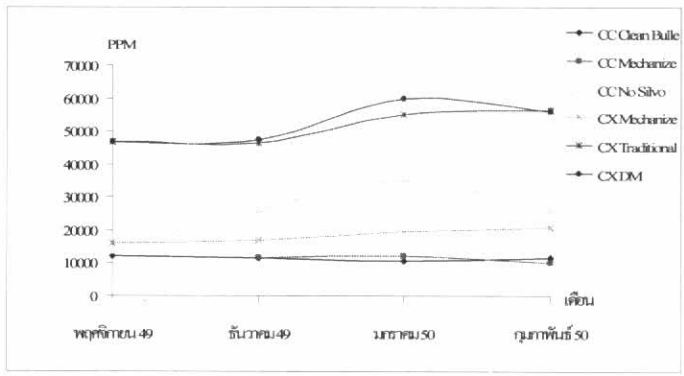
ข้อบกพร่องแต่ละชนิด ซึ่งในที่นี้ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากข้อบกพร่อง US จะมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT

3.4.2 ปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US

ข้อบกพร่อง US ที่เกิดจากกระบวนการขึ้นรูปทั้ง 6 กระบวนการที่แสดงในบทที่ 1 ในรูปที่ 1.1 ถึง 1.2 นั้นจะถูกตรวจพบที่กระบวนการเคลือบในรูปที่ 1.3 โดยข้อบกพร่อง US สาเหตุหลัก จะเกิดจากการที่มีจุดฝุ่นเข้าไปฝังอยู่ภายในเลนส์หรือติดอยู่บริเวณผิวหน้าเลนส์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูป เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.2 กราฟพาเรโตจะแสดงให้เห็นถึงเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US ซึ่งคิดเป็น 47 เปอร์เซ็นต์ของเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่องทั้งหมด และเนื่องจากกระบวนการแต่ละกระบวนการในการขึ้นรูปเลนส์ที่ได้กล่าวมาตอนต้นมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งเพื่อมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยจำนวนการผลิต สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นจากข้อบกพร่อง US ของแต่ละกระบวนการขึ้นรูปในช่วงเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 จะสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.3 จำนวนการผลิต สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US และค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นจากข้อบกพร่อง US ของแต่ละกระบวนการขึ้นรูปในช่วงเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

กระบวนการ	จำนวนการผลิตในช่วงเวลา 4 เดือน	สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US (PPM)	ค่าใช้จ่ายที่เสียไปในช่วงเวลา 4 เดือน (บาท)
CX แบบ Traditional	154,484	49,344	167,172
CX แบบ DM	525,553	53,144	612,505
CX แบบ Mechanize	544,432	18,443	220,199
CC แบบ Clean Bulle	446,062	11,597	113,444
CC แบบ Mechanize	63,800	10,987	15,373
CC แบบ No Silvo	10,598	26,892	6,250



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US แต่ละกระบวนการขึ้นรูปเลนส์ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

โดยค่าใช้จ่ายที่เสียไปในช่วงเวลา t เดือน เมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นจากข้อบกพร่อง US ของแต่ละกระบวนการ ในตารางที่ 3.3 สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$y'_{it} = c'_i m_{it} \tag{3.3}$$

เมื่อ y'_{it} คือ ค่าใช้จ่ายที่เสียไปเมื่อเกิดเลนส์เสียขึ้นของกระบวนการขึ้นรูปเลนส์ i ในช่วงเวลา t

m_{it} คือ จำนวนของเลนส์เสียที่เกิดจากกระบวนขึ้นรูปเลนส์ i ในช่วงเวลา t

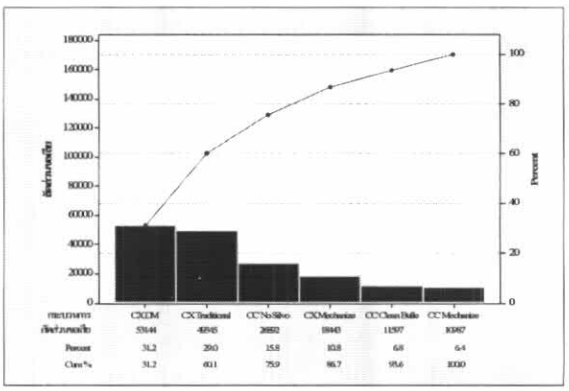
c'_i คือ ต้นทุนการผลิตของกระบวนการขึ้นรูปเลนส์ i

t คือ ช่วงเวลาตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

i = 1, 2และ 3 คือ กระบวนการขึ้นรูปเลนส์นูนแบบ Traditional, DM และ Mechanize ตามลำดับ

i = 4, 5 และ 6 คือ กระบวนการขึ้นรูปเลนส์เว้าแบบ Traditional, Mechanize และ No Silvo ตามลำดับ

เพื่อที่จะสามารถวิเคราะห์หากระบวนการผลิตที่มีสัดส่วนเลนส์เสียมากที่สุด โดยนำข้อมูลค่าเฉลี่ยต่อเดือนของสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US จากตารางที่ 3.3 ไปเขียนกราฟพาเรโตได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 กราฟพาเรโตแสดงสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US แต่ละกระบวนการขึ้นรูปตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

จากรูปที่ 3.4 แสดงสัดส่วนของแต่ละกระบวนการขึ้นรูปเลนส์ในแต่ละเดือน จะเห็นว่าสัดส่วนของเสียในแต่ละเดือนของกระบวนการ Convex แบบ Traditional และ แบบ DM ในแต่ละเดือนจะมีค่าที่ค่อนข้างแปรปรวน เมื่อเทียบกับกระบวนการขึ้นรูปเลนส์กระบวนการอื่นๆ และเมื่อพิจารณาประกอบกับรูปที่ 3.5 สัดส่วนของเลนส์เสียของกระบวนการ Convex แบบ DM จะมีเลนส์เสียคิดเป็น 31.2 เปอร์เซ็นต์ของกระบวนการขึ้นรูปเลนส์ทั้งหมด และจากตารางที่ 3.3 กระบวนการ Convex แบบ DM จะมีจำนวนเลนส์ที่ทำการขึ้นรูปทั้งสิ้น 525,553 เลนส์ โดยมีจำนวนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US เท่ากับ 27,930 เลนส์ ซึ่งจะสามารถคำนวณหาสัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้งไป ได้เท่ากับ 53,144 PPM และค่าคะแนนมาตรฐาน หรือค่า σ-Level พบว่าค่า Z Long-Term (Z_{LT}) มีค่า 1.62 และ Z Short-Term (Z_{ST}) มีค่า 3.12 และหากนำมาคำนวณค่าประมาณของ Ppk และ Cpk จะได้ 0.54 และ 1.04 ตามลำดับ และประกอบกับเมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เสียไปที่คำนวณได้จากสมการที่ 3 ซึ่งจะแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 จะเห็นว่า กระบวนการ Convex แบบ DM จะมีค่าใช้จ่ายที่เสียไปมากที่สุดคิดเป็นเงิน 612,505 บาท ดังนั้นในการดำเนินการลดของเสียจะดำเนินการที่กระบวนการ Convex แบบ DM เป็นลำดับแรก โดยกระบวนการขึ้นรูปเลนส์แต่ละกระบวนการดังแสดงไว้ในบทที่ 1 ในรูปที่ 1.1 และ รูปที่ 1.2 จะมีการแยกใช้งานไปตามกระบวนการที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนซึ่งจากรูปที่ 1.1 กระบวนการ Convex แบบ DM ตั้งแต่ขั้นตอนของการขัดทำความสะอาดโมลด์แซนวิชจนถึงขั้นตอนของการแกะประกอบก็จะเปรียบเสมือนเครื่องจักร 1 เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปเลนส์

ตารางที่ 3.4 แผ่นงานแสดงเอกสารโครงการ

<table>
<tr><td colspan="2">หัวข้อโครงการ : การลดของเสียในกระบวนการผลิตเลนส์แว่นตา</td></tr>
<tr><td>ผู้นำโครงการ : ภิธาน ทองศรีพงษ์</td><td rowspan="2">ทีมงานในการดำเนินงาน
ผู้จัดการฝ่ายการผลิตการขึ้นรูปเลนส์ (Uncoated Production Manager)
ผู้จัดการฝ่ายผลิตการเคลือบเลนส์ (Hard Coated Production Manager)
วิศวกรควบคุมการผลิต (Process Engineer)
หัวหน้าฝ่ายผลิต (Production Supervisor)
พนักงานซ่อมบำรุง 1 (Technician)
พนักงานซ่อมบำรุง 2 (Technician)</td></tr>
<tr><td>ข้อความแสดงปัญหา : จากปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT จะมีสัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้งไปเป็นจำนวน 40,627 PPM และปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US จะมีสัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้งไปเป็นจำนวน 73,974 PPM</td></tr>
<tr><td>ขอบเขตโครงการ : ปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT จะดำเนินการในกระบวนการการเคลือบเลนส์ของผลิตภัณฑ์ Kromos โดยจะพิจารณาตัวแปรตอบสนอง 2 ตัวไปพร้อมๆกัน คือ สัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง PIT และ US ในส่วนของปัญหาเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US จะดำเนินการในกระบวนการขึ้นรูปเลนส์ Convex แบบ DM โดยจะพิจารณาตัวแปรตอบสนอง คือสัดส่วนเลนส์เสียที่เกิดจากข้อบกพร่อง US เท่านั้น</td><td>เป้าหมาย : ลดสัดส่วนเลนส์เสียที่ถูกทิ้งลง 50 เปอร์เซ็นต์</td></tr>
</table>