หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

การทดแทนเตาอบสีในส่วนของการพิมพ์ด้วยระบบ "ยูวี"

7.1 คำนำ

โดยการพิจารณางบต้นทุนการผลิตของปี 2526 (ดังตารางที่ 2.4) จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายจำนวนมากส่วนหนึ่งของการผลิตคือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและก๊าซที่ใช้ในเตาอบ ในส่วนของการพิมพ์และอบสี เฉพาะปี 2526 มีค่า 3,390819.54 บาท (22% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด) และประมาณ 80% ของเชื้อเพลิงได้ถูกใช้ไปในการเผาให้ความร้อนในเตาอบเพื่ออบสีให้แห้งหลังจากพิมพ์ และมีแนวโน้มว่าจะต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงมากขึ้น เพราะเตาอบที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีประสิทธิภาพต่ำลง เนื่องจากใช้งานมาแล้วประมาณ 6 ปี

ดังนั้นถ้าสามารถประหยัดพลังงานในส่วนนี้ลงได้บ้างก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายของโรงงานน้อยลง อันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตส่วนหนึ่ง จากความพยายามที่จะหาทางแก้ไขปัญหาเรื่องค่าเชื้อเพลิงนี้ ได้มีแนวความคิดที่จะเปลี่ยนทดแทนเตาอบเก่าที่มีขนาดใหญ่ มาใช้เตาอบขนาดเล็กที่ใช้การอบแห้งด้วยแสงอุลต้าไวโอเลต (Ultraviolet) ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสี (ที่มีสารพิเศษผสมอยู่ด้วย) ช่วยทำให้สีแห้งเร็วขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้คือ

- ลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันและก๊าซเหลว (LPG) ที่มีแนวโน้มว่าจะขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากเตาอบ ยูวีไม่ต้องใช้น้ำมันหรือก๊าซเป็นแหล่งให้ความร้อน
- มีความสะดวกในการใช้งานให้งานพิมพ์ที่มีคุณภาพดี ทนทานต่อการขูดขีดสูง ขจัดปัญหาการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ระบบเก่า ไม่เป็นพิษต่อสภาพแวดล้อม แม้จะต้องลงทุนสูงในช่วงแรก แต่จะให้ผลที่คุ้มค่าต่อการลงทุนระยะยาว
- เตาอบยูวีให้อัตราการอบที่เร็วกว่าเตาอบแบบเดิม ทำให้สามารถลดจำนวนเตาอบลงได้ อันจะทำให้ค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการเดินเครื่องและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซมลดลง

รายละเอียดของการวิเคราะห์การทดแทนเตาอบ จะได้ทำการวิเคราะห์ในประเด็นสำคัญดังนี้คือ

1. การพิมพ์และอบสีในระบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
2. เทคโนโลยีการพิมพ์และอบระบบ "ยูวี"
3. การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในเชิงวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์

7.2 การพิมพ์และอบสีในระบบที่ใช้อยู่ปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่างนี้ส่วนใหญ่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่พิมพ์สีลงบนโลหะ ดังนั้นวัตถุดิบ (แผ่นโลหะ) ของโรงงานจึงต้องผ่านขั้นตอนการอาบเคลือบ-พิมพ์ และอบสีก่อนที่จะแยกย้ายเข้าสู่ขบวนการผลิตเป็นกระป๋องหรือถัง ฯลฯ

7.2.1 แผนกพิมพ์

หน่วยงานพิมพ์สีของโรงงานตัวอย่างนี้จะอยู่ภายในอาคารที่ 3 (ดูผังโรงงานในรูปที่ 7.2) ในแผนกนี้จะมีขบวนการผลิตอยู่ 4 สายในการอาบเคลือบ-พิมพ์และอบสี โดยในแต่ละสายการผลิตจะมีความยาวประมาณ 32 เมตร มีคนงานประจำสายการผลิตสายละ 2 คน เมื่อแผ่นโลหะถูกตัดให้ได้ขนาดตามต้องการแล้วจะนำเข้าสู่สายการผลิตเหล่านี้ และในแต่ละสายการผลิตจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่ในการอาบเคลือบ-พิมพ์สี และส่วนที่ทำหน้าที่ในการอบแห้ง เมื่อแผ่นโลหะผ่านขบวนการเหล่านี้แล้วก็จะนำไปตัดซอยอีกครั้งตามขนาดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ แล้วจึงส่งเข้าขบวนการผลิตเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ตามต้องการ สำหรับแผ่นโลหะที่พิมพ์แล้วไม่ได้คุณภาพที่ต้องการ เช่นพิมพ์สีผิด พิมพ์สีไม่เรียบร้อย ฯลฯ ทางโรงงานจะนำแผ่นโลหะเหล่านี้มาอาบเคลือบขาว แล้วนำกลับไปพิมพ์ใหม่อีกด้านหนึ่งของโลหะนั้น สำหรับการนำแผ่นโลหะที่พิมพ์เสียกลับมาใช้อีกนี้ ทางบริษัทจะต้องตกลงกับลูกค้า โดยอาจตกลงลดราคาผลิตภัณฑ์ลงบ้างเล็กน้อย

<u>ส่วนอาบเคลือบ-พิมพ์สี</u>

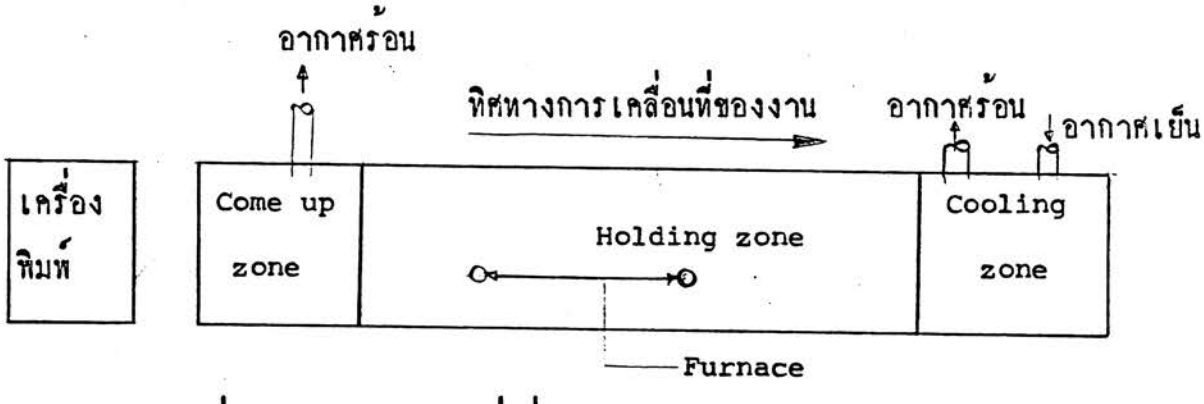
การอาบเคลือบจะทำบนผิวด้านในของผลิตภัณฑ์ ทางโรงงานมีการทำอาบเคลือบผิวโลหะอยู่ 4 แบบด้วยกันคือ อาบขาว, อาบทอง, อาบไซด์และเคลือบเงา วัตถุประสงค์ของการอาบเคลือบผิวโลหะก็เพื่อป้องกันการเกิดสนิมและเพื่อความสวยงาม ส่วน

การอาบเคลือบแบบไหนนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า สำหรับการพิมพ์สีจะเป็นการพิมพ์ด้านนอกของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการพิมพ์ครั้งละสี เมื่อผ่านการอบแห้งแล้วก็จะนำกลับมาพิมพ์สีอื่นต่อไป จนครบตามจำนวนสีที่ใช้

ส่วนอบแห้ง

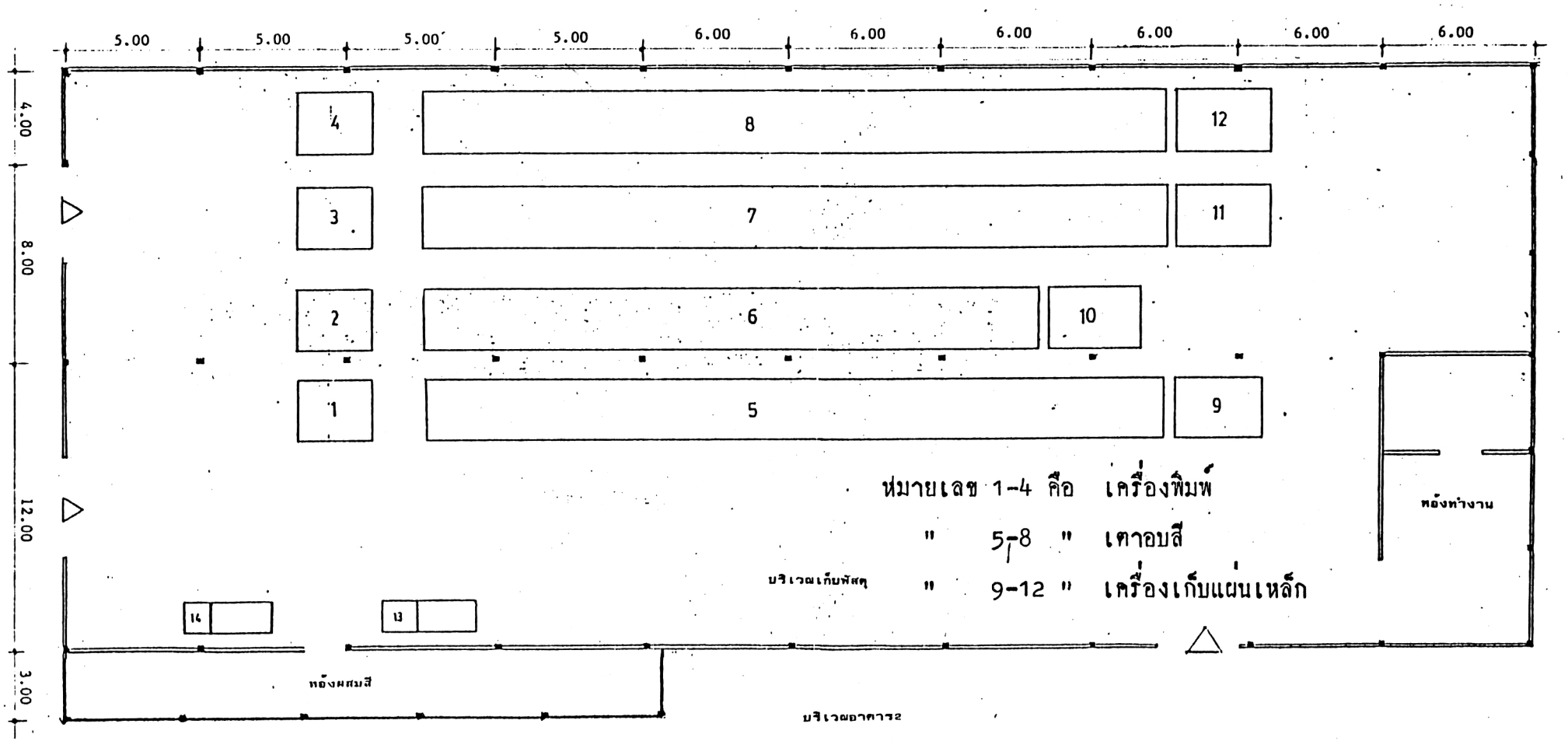
เมื่อแผ่นโลหะถูกอาบเคลือบหรือพิมพ์สีแล้ว จะผ่านเข้ามาอบแห้งในเตาอบ สำหรับการเคลือบผิวจะถูกอบด้วยความร้อนอุณหภูมิประมาณ 200°C เป็นเวลา 18 นาที ส่วนการอบสีจะใช้ความร้อนอุณหภูมิประมาณ 150°C เป็นเวลา 15 นาที เตาอบนี้มีความยาวประมาณ 32 เมตร และใช้ความร้อนจากก๊าซ การทำงานของเตาอบนั้น ภายในเตาอบจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ (ดูรูป 7.1)

1. Come up zone
2. Holding zone
3. Cooling zone



รูปที่ 7.1 แสดงการแบ่งส่วนของเตาอบ

ที่บริเวณ Holding zone จะเป็นบริเวณที่ทำหน้าที่ในการอบแห้งโดยจะมีหัวพ่นไฟให้ความร้อน (Burner) อยู่ 2 ตำแหน่งซึ่งใช้ก๊าซ (LPG) เป็นเชื้อเพลิง มีพัดลมเป็นตัวดูดอากาศร้อนเข้ามาหมุนวนอยู่ในเตาที่บริเวณ Come up zone จะมีท่อให้อากาศร้อนไหลออกเพื่อให้บริเวณหน้าเตามีอุณหภูมิไม่สูงมากนัก เพราะเป็นบริเวณที่มีคนงานปฏิบัติงานอยู่ และแผ่นโลหะที่เข้ามาในเตาอบหากได้รับความร้อนสูงทันที จะทำให้มีผลเสียต่อการอาบเคลือบ และสีที่พิมพ์ได้ ส่วนบริเวณ Cooling zone จะมี



รูปที่ 7.2 แสดงผังโรงงานปัจจุบันของอาคาร 3 มาตราส่วน 1:500

ท่อเพื่อนำเอาอากาศเย็นเข้ามา และไหลออกอีกท่อหนึ่งของส่วนนี้ เพราะแผ่นโลหะเมื่อผ่านบริเวณ Holding zone มาแล้ว แลกเกอร์หรือสีที่พิมพ์ไว้ก็จะแห้งแล้ว แต่แผ่นโลหะจะมีความร้อนอยู่สูง เมื่อผ่าน Cooling zone แผ่นโลหะก็จะคลายความร้อนให้กับอากาศเย็นที่หมุนเวียนอยู่ในบริเวณนี้ เมื่อแผ่นโลหะออกจากเตาอบ ก็จะมีอุณหภูมิต่ำลง ทำให้สามารถนำไปผ่านขบวนการผลิตในขั้นตอนต่อไปได้ทันที

ภายในเตาอบจะมีการใช้ใยแก้วความหนาแน่นสูง (High Density Glass Wool) หนาประมาณ 75 มม. เป็นวัสดุกันความร้อนเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกันความร้อน และที่บริเวณผนังด้านในของเตาจะฉาบด้วยสีทนความร้อน การควบคุมความร้อนภายในเตาอบใช้ระบบสวิทปิด-เปิด โดยใช้อุณหภูมิ (Thermo Stud) เป็นตัวควบคุมการทำงานของพัดลมระบายอากาศ

7.2.2 ข้อเสียของเตาอบระบบปัจจุบัน

1) ค่าใช้จ่ายในการทำงานสูง เนื่องจากต้องใช้เชื้อเพลิง LPG จำนวนมาก

2) ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ เนื่องจากการอบแห้งสีต้องใช้เวลานานถึง 15-18 นาที แผ่นโลหะแต่ละแผ่นต้องมีการพิมพ์สีประมาณ 4 ครั้ง (ระบบออฟเซ็ท 4 สี) ดังนั้นกว่าจะได้แผ่นโลหะที่พิมพ์สีสมบูรณ์จะใช้เวลาในการอบประมาณ 1 ชั่วโมง (Cycle time/unit)

3) ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูง โดยเฉพาะพัดลม (Blower) เมื่อใช้งานไปนาน ๆ เนื่องจากความร้อนทำให้เสียรูปต้องเปลี่ยนใหม่อยู่เสมอ

4) ประสิทธิภาพของเครื่องจักรต่ำ เนื่องจากในบริเวณ Come up zone จะมี Blower ดูดอากาศร้อนออกไปทิ้ง ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดความสูญเปล่า ประมาณว่าความร้อนที่ปล่อยทิ้งไปประมาณ 10% ของพลังงานที่ได้จากเชื้อเพลิง

5) ใช้พื้นที่ในการติดตั้งเตาอบมาก เพราะเตาอบมีความยาวประมาณ 32 เมตร

6) ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษ เนื่องจากอากาศร้อนที่ดูดออกมีส่วนผสมของสารเคมีที่ผสมอยู่ในสีระเหยออกมาด้วย ขณะทำการอบแห้ง

7.3 เทคโนโลยีการพิมพ์และอบแห้งระบบ "ยูวี"

การพิมพ์และอบแห้งระบบ "ยูวี" หมายถึงการนำหมึกยูวีมาใช้ในการพิมพ์

หมึกยูวีนี้เป็นหมึกพิมพ์ที่มีองค์ประกอบของสารเคมีประเภทเรซิน ซึ่งมีความไวต่อแสงอุลตาไวโอเลต เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแห้งตัวโดยทันที และในหมึกยูวีต้องไม่มีส่วนผสมของตัวทำละลายทางเคมีผสมอยู่

ในการพิมพ์และอบระบบยูวีนี้ยังสามารถใช้เครื่องพิมพ์แบบเดิมที่เคยใช้อยู่ได้ เพียงแต่เปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนบางอย่าง เช่น ลูกยาง,ลูกกลิ้ง (Rollers) ฯลฯ อุปกรณ์ที่ต้องเปลี่ยนไปจากระบบเดิมคือ เตาอบ ซึ่งจะได้อธิบายในรายละเอียดต่อไป

7.3.1 หมึก "ยูวี" ส่วนประกอบที่สำคัญของหมึกยูวี มีดังนี้คือ

1. สารไวแสง (Photo initiator) เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติคงตัวเมื่ออยู่ในภาวะปกติ แต่เมื่อถูกกระตุ้นด้วยพลังงานแสงที่มีความยาวคลื่นพอเหมาะ จะเปลี่ยนรูปเป็นหน่วยโมเลกุลเล็ก ๆ ที่มีความไวต่อปฏิกิริยาและรวมตัวกับสารอื่นต่อไป

หน่วยโมเลกุลที่มีความไวปฏิกิริยาสูงนี้ สามารถรวมตัวกับสารโมเลกุลเดียว และเกิดปฏิกิริยาต่อ ๆ กันไปเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่ (Polymerization) ทำให้หมึกแห้งตัวโดยทันที สารไวแสงได้แก่ Benzophenone

2. สารโมเลกุลเดียว (Monomer) เป็นสารที่สามารถรวบตัวกับ Free radical กลายเป็นโมเลกุลเชิงซ้อนขนาดใหญ่ เป็นผลให้หมึกแห้งตัวได้ในเวลา 1/150 วินาที

3. เม็ดสี (Pigments) ตามทฤษฎีแล้วเม็ดสีที่ใช้ไม่ควรจะดูดซึม (Absorb) พลังงานจากรังสียูวี ซึ่งจะไปลดการเกิดปฏิกิริยารวมตัวระหว่างสารโมเลกุลเดียวและสารไวแสง

7.3.2 ปฏิกิริยาเคมีการแห้งตัวของหมึก "ยูวี" ปฏิกิริยาการแห้งตัวของหมึกยูวีเกิดจากการกระตุ้นให้เกิดขบวนการโพลิเมอร์ไรเซชั่น ด้วยสารไวแสงหลังจากถูกฉายแสงด้วยรังสี "ยูวี" การเกิดปฏิกิริยามีขั้นตอนดังนี้

1) ปฏิกิริยาเริ่มต้น (Initiation) แสงคลื่นสั้น (พลังงานสูง) สามารถกระตุ้นให้เกิดขบวนการโพลิเมอร์ไรเซชั่นได้โดยตรงอย่างไรก็ตามจะต้องใช้สารเคมีที่ไวต่อแสงเช่น Benzophenone รังสียูวี (ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 350 เนโนมิเตอร์) จะสลายตัวสารเหล่านี้ เป็นสารโมเลกุลเดียว ที่มีความไวต่อปฏิกิริยา ถ้าใช้

สัญญาลักษณ์ I แทน Photo initiator และสัญญาลักษณ์ $R^{\bullet}$ แทน free radical เราจะเขียนสมการได้ดังต่อไปนี้

$$I \xrightarrow{\text{UV radiation}} 2\,R^{\bullet}$$

Radical จะรวมตัวกับโมโนเมอร์ ทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่มีความไวต่อปฏิกิริยา

$$R^{\bullet} + CH_2 = CHX \longrightarrow RCH_2C^{\bullet}HX$$

Vinyl monomer

2) การเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องแบบลูกโซ่ (Propagation) หลังจากการเกิด free radical ในขั้นตอนการเริ่มต้น (Initiation) ได้โมเลกุลที่มีความไวต่อปฏิกิริยาซึ่งสามารถรวมตัวกับสารโมโนเมอร์อื่นกลายเป็นโมเลกุลต่อเนื่องกันแบบลูกโซ่ขนาดใหญ่ ดังสมการ

$$RCH_2C^{\bullet}HX + CH_2 = CHX \quad RCH_2CHXCH_2C^{\bullet}HX$$

$$\xrightarrow{\text{propagation}} \quad R\text{-}(CH_2CHX)_n - CH_2C^{\bullet}HX$$

3) ปฏิกิริยาขั้นสุดท้าย (Termination) free radical จะเกิดปฏิกิริยารวมตัวกันเองโดยเกิดเป็นแรงยึดระหว่างโมเลกุล (Covalent bond) เป็นโมเลกุลที่อยู่ตัว ปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายนี้เกิดเป็น 2 วิธีคือ

3.1 การรวมตัวกัน (Combination หรือ Coupling)

$$CH_2C^{\bullet}HX + XHC^{\bullet}CH_2 \longrightarrow CH_2CHXCHXCH_2$$

3.2 การแตกตัว (Disproportionation)

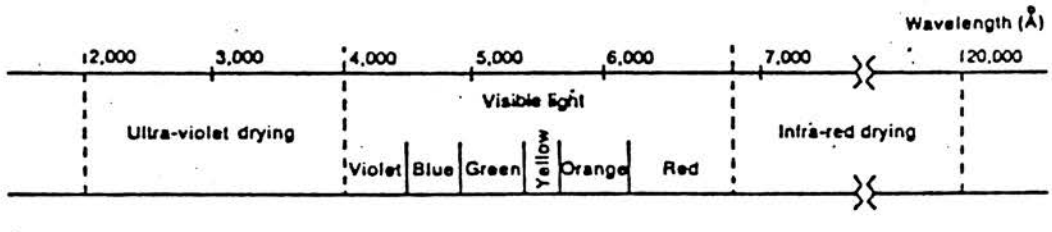
$$CH_2C^{\bullet}HX + XHC^{\bullet}CH_2 \longrightarrow CH_2CH_2X + CH_2 = CHX$$

7.3.3 คุณสมบัติของหมึก "ยูวี" คุณสมบัติของหมึกยูวีจะเปลี่ยนแปลงตามบริษัทผู้ผลิตเนื่องจากการมีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้คุณสมบัติการดูดซึมแถบสีของแสง (Spectrum) ของสารไวแสงแตกต่างกัน และชนิดของสารโมเลกุลเดียวที่ต่างกันทำให้ความเร็วในการแห้งตัวของหมึกแตกต่างกันเล็กน้อย แต่คุณสมบัติทั่ว ๆ ไปของหมึกจะคล้ายคลึงกัน

คุณสมบัติประการหนึ่งที่น่าสนใจสำหรับช่างพิมพ์คือ ความเร็วของเครื่องขณะพิมพ์ที่ทำให้หมึกแห้งตัวได้ โดยทั่วไปในเครื่องป้อนที่ละแผ่นความเร็วที่หมึกสามารถแห้งตัวได้ประมาณ 400 ฟุตต่อนาที ในระบบสารโมเลกุลเดียว ซึ่งสามารถใช้หลอดไฟเพียง 1 หรือ 2 ดวง เท่านั้น การแห้งตัวของหมึกจะขึ้นอยู่กับสีของหมึกด้วย ถ้าเป็นหมึกสีดำ ความเร็วในการแห้งตัวขณะพิมพ์จะช้าที่สุด ในขณะที่หมึกสีเหลืองจะแห้งตัวได้เร็วกว่าถึง 1 เท่าของสีดำ ฉะนั้นในการพิมพ์ 4 สี ควรจัดลำดับการพิมพ์เป็นสีดำ, ฟ้า แดง และเหลืองตามลำดับ ซึ่งจะทำให้สีดำผ่านไปถึง 4 ครั้ง ทำให้การแห้งตัวได้ดีขึ้น

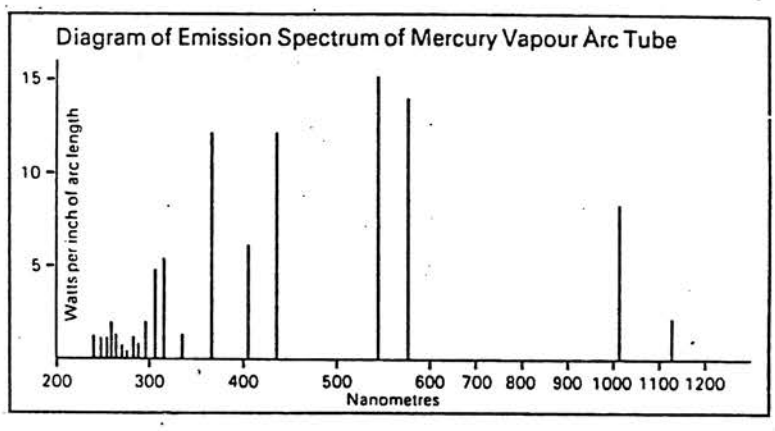
7.3.4 รังสี "ยูวี"

ถ้าเรามองดูแสงอาทิตย์ผ่านปริซึม (Prism) เราจะเห็นสายรุ้งสีต่าง ๆ 7 สี ตามลำดับคือ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียน เหลือง แสดและแดง ซึ่งรวมกันเป็นแสงแดดที่เรามองเห็น (Visible light) สีเหล่านี้คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวอยู่ระหว่าง 4000°A - 7000°A นอกจากนี้ยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรามองไม่เห็น (Invisible light) อยู่อีกที่เราเรียกว่ารังสีอุลตราไวโอเลต มีความยาวของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2000°A - 4000° A นอกจากนี้ยังมีรังสีอื่น ๆ อีกดูรูป 7.3 ประกอบ



รูป 7.3 แสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงคลื่นต่าง ๆ

<u>แหล่งกำเนิดแสงยูวี</u> การแห้งตัวของหมึกยูวี ต้องอาศัยแสงยูวี ซึ่งต้องมีแหล่งกำเนิดที่เหมาะสมและที่ใช้ได้ผลดีคือหลอดอาร์ค (Arc tube) ซึ่งประกอบด้วยแท่งควอทซ์ (Quart evelop) ภายในบรรจุด้วยไอปรอท ความดันปานกลาง ลำแสงยูวี เกิดจากการเหนี่ยวนำไฟเข้าระหว่างขั้วหลอด ด้วยไฟฟ้าแรงดันสูง อีเลคตรอนจะวิ่งผ่านไอปรอท เปล่งแสงออกมาอยู่ในช่วงคลื่นแสง ยูวี (2000°A - 4000°A)ประมาณ 25% นอกนั้นจะเป็นแสงของรังสีอื่น ๆ ดูรูป 7.4 ประกอบ 8% ของช่วงคลื่นที่ต้องการ (1800°A - 2000°A) จะไปเร่งตัว Photo initiator (แสงที่เหลืออีก 17% จะไม่มีผลต่อ Photo - initiator) ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีต่อไป



รูปที่ 7.4 แสดงแสงคลื่นต่าง ๆ ที่ได้จากหลอดอาร์คบรรจุไอปรอท

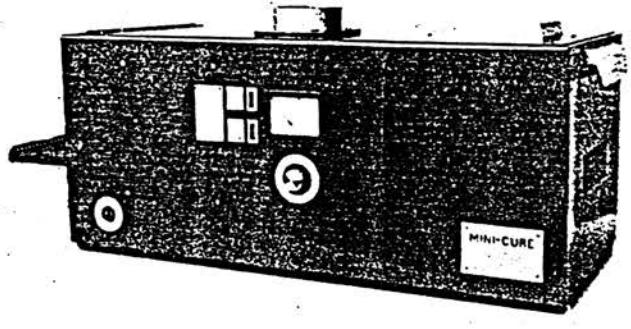
พลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับความยาวของหลอด คือประมาณ 200 วัตต์ต่อความยาวหลอด 1 นิ้ว นอกจากนี้ความยาวไอปรอทที่บรรจุในแท่งควอทซ์จะอยู่ในระดับความเข้มที่เหมาะสม เพื่อควบคุมช่วงคลื่นของแสงให้เปล่งออกมาอยู่ระหว่าง 180 - 200 เนโนมิเตอร์ ความร้อนของหลอดยูวีจะสูงประมาณ 800°C เพื่อให้ทำงานได้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นจึงต้องมีระบบระบายความร้อนในตู้อบแสงยูวี โดยใช้ลมเย็นเป่าผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โคมสะท้อนแสง คอนแทค (Contacts) อายุของหลอดที่ผลิตในปัจจุบันจะมีอายุการใช้งานประมาณ 1,000 ช.ม.

<u>ตู้อบ</u> (Ovens)

ภายในตู้อบ ยูวี ประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญคือ หลอดยูวี โคมสะท้อนแสง เครื่องระบายความร้อน และอุปกรณ์อื่น ๆ

โครงสร้างของตู้อบโดยทั่ว ๆ ไป จะเป็นลักษณะกล่อง 2 ชั้น ชั้นในจะบรรจุหลอดยูวี และโคมสะท้อนแสง ส่วนชั้นนอกจะใช้เป็นส่วนป้องกันไม่ให้รังสี ยูวีกระจายตัวออกมาภายนอก มีท่ออากาศเป่าผ่านขั้วหลอด ผ่านโคมสะท้อนแสง เพื่อระบายความร้อน และจะมีท่อระบายออกสู่อากาศภายนอก

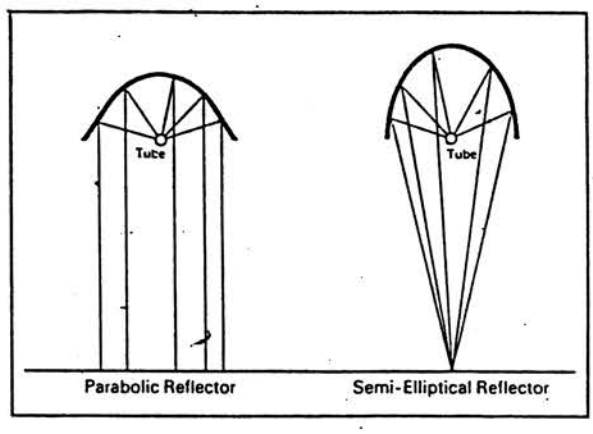
ขนาดของตู้อบจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ทั้งนี้จะต้องออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับชิ้นงานที่จะต้องผ่านตู้อบนั้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีขนาดประมาณ 2 x 3 ม. และสูง 1.5 เมตร ลักษณะของตัวตู้ภายนอกจะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมดังรูป 7.5



รูปที่ 7.5 แสดงลักษณะของตู้อบยูวี

<u>โคมสะท้อนแสง</u> (Reflector) รังสียูวีเป็นลำแสงตรงสามารถจัดให้ตรงและตกลงบนวัตถุที่ต้องการได้ง่าย โดยใช้โคมสะท้อนแสงที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ เป็นรูปกันระฆัง (Para bolic shape) รังสีที่สะท้อนจะออกมาเป็นลำแสงขนาน และโคมสะท้อนแสงรูปไข่ (Semi Eliptical shape) รังสีที่สะท้อนจะเป็นรังสีตีบ (ดังรูปที่ 7.6) ซึ่งโคมแบบนี้จะได้ความเข้มของรังสีตกบนวัตถุสูงกว่าแบบแรก และนิยมใช้กันทั่วไป

วัสดุที่ใช้ทำโคม ถ้าเป็นโคมอลูมิเนียม จะให้การสะท้อนแสงได้ดีกว่า ขณะที่โคมสแตนเลสมีคุณสมบัติด้อยกว่าเล็กน้อย



รูปที่ 7.6 โคมสะท้อนแสง 2 แบบที่นิยมใช้ในการสะท้อนแสงอุลต้าไวโอเลต

7.3.5 ระบบการแห้งตัวของหมึก โดยทั่วไปที่ได้พัฒนามีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีคือ

1) ระบบการแห้งตัวด้วยการกระตุ้นจากรังสี "ยูวี" (U.V. Setting System) หมึกพิมพ์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบของน้ำมันชักแห้ง และเรซิน ที่เหมาะสม สารไวแสงจะไปกระตุ้นเรซิน ให้เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชั่น ทำให้หมึกแห้งตัวบางส่วน หลังจากนั้นจะเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนจากอากาศ (OXIDATION) ทำให้หมึกแห้งตัว การแห้งตัววิธีนี้ สิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ออกมาจะยังไม่แห้งสนิทโดยทันที เมื่อนำออกจากเครื่องพิมพ์

ระบบการแห้งตัววิธีนี้ จะต้องใช้แสง "ยูวี" จำนวนมากประมาณ 6 ดวงที่ความเร็วเครื่อง 400 ฟุตต่อนาที จึงไม่ค่อยนิยมใช้กันในทางปฏิบัติ เนื่องจากใช้เวลาในการฉายแสงนานกว่าอีก 2 ระบบที่จะกล่าวต่อไป แต่ข้อดีก็คือเวลาหลอดไฟเสียหรือไม่ทำงานหมึกที่พิมพ์แล้วยังสามารถแห้งได้

2) ระบบใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (CATALYTIC SYSTEM) เมื่อถูกฉายแสงด้วยรังสี "ยูวี" สารไวแสงจะแตกตัวเป็นหน่วยโมเลกุลที่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีอื่นได้ง่าย (FREE RADICAL) ด้วยการกระตุ้นของตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นกรด เกิดปฏิกิริยาโพลิเมอร์ไรเซชั่น เป็นผลให้หมึกแห้งตัวติดกับวัสดุโดยทันที หลังถูกฉายแสง แต่ต้องใช้แสง "ยูวี" จำนวนมากกว่าระบบสารโมเลกุลเดียว (MONOMER SYSTEM) คือประมาณ 3 หลอด ที่ความเร็วเครื่อง 400 ฟุตต่อนาที

3) ระบบใช้สารโมเลกุลเดียว (MONOMER SYSTEM) เป็นระบบที่ใช้กัน

มากสำหรับผู้ผลิตหมึกในอังกฤษ และอเมริกา เพราะมีข้อดีมากที่สุด ใช้ปริมาณแสง"ยูวี" น้อยคือ ประมาณ 1 หรือ 2 ดวง ที่ความเร็วเครื่อง 400 ฟุต ต่อนาที ก็สามารถทำให้หมึกแห้งตัวได้แต่ใช้เวลานานกว่าระบบที่ 2

ในการติดตั้งเตาอบยูวี ในระบบการพิมพ์และอบแบบ "ยูวี" นี้จะติดตั้งต่อจากเครื่องพิมพ์ เพื่อให้แผ่นโลหะที่พิมพ์เสร็จแล้ว เข้าอบในตู้อบได้ทันที ซึ่งขนาดของตู้อบยูวีนี้ก็มีขนาดเล็กกว่าเตาอบในระบบเดิมมาก ทำให้ประหยัดเนื้อที่ในการพิมพ์ของโรงงานตัวอย่างได้มาก จากรายละเอียดของการพิมพ์ระบบ "ยูวี" ดังที่ได้กล่าวมานี้ พอจะสรุปให้เห็นถึงข้อดี ข้อเสียได้ดังต่อไปนี้

<u>ข้อดี</u> ของการพิมพ์ระบบยูวี

1. ใช้เวลาในการอบน้อยลง ทำให้อัตราการผลิตสูงขึ้นกว่าอัตราการผลิตของระบบเดิม และประหยัดเชื้อเพลิง
2. ขนาดของตู้อบ (ประมาณ 3-4 เมตร) เปรียบเทียบแล้วเล็กกว่าระบบเดิม 8-10 เท่า
3. สีที่พิมพ์มีคุณสมบัติติดแน่นกับผิววัสดุได้ดี
4. ภาพพิมพ์ที่ได้จะมีความทนต่อสารเคมีต่าง ๆ
5. คุณภาพของสีที่พิมพ์มีความทนต่อการซัดสี
6. เฉิดมลภาวะจากการใช้งานน้อยลง
7. การซ่อมบำรุง (Maintenance) ทำได้ง่าย เนื่องจากการทำงานของอุปกรณ์ภายในตู้อบไม่ซับซ้อนและมีจำนวนน้อย
8. ความเข้มของหมึกยูวี สูงกว่าหมึกธรรมดา 25-30 %
9. ชิ้นงานไม่มีกลิ่นหลังจากพิมพ์แล้ว

<u>ข้อเสีย</u>

1. ราคาหมึกยูวีในปัจจุบันแพงกว่าหมึกพิมพ์ที่ใช้อยู่เดิม อย่างไรก็ดี ในอนาคตหากมีการใช้หมึกยูวีนี้ แพร่หลายมากขึ้นหมึกยูวี ก็คงมีราคาถูกลง
2. แม่พิมพ์ที่ใช้จะต้องเป็นโลหะ 2 ชั้น (bimetal) หรือผ่านขบวนการอบ (Bake) ซึ่งขบวนการนี้ยังไม่ประสบผลสำเร็จในเมืองไทย

7.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการทดแทนทรัพย์สิน

7.4.1 การเปรียบเทียบปัจจัยทางเทคนิค

1. การปฏิบัติงาน (Operating) การทดแทนเครื่องจักรในขั้นตอนอาบเคลือบ-พิมพ์และอบสี เครื่องจักรจะมีลักษณะการทำงานไม่ต่างกับระบบเดิม ดังนั้นคนงานจะสามารถเรียนรู้และเข้าใจการทำงานของเครื่องที่มาทดแทนได้อย่างไม่ลำบากนัก แม้ว่าจะต้องปฏิบัติงานในการควบคุมและการใช้งาน เครื่องที่ต้องใช้เทคโนโลยีสูงกว่า ดังนั้นจึงสามารถจัดเตรียมกำลังคนและอุปกรณ์ให้มีความพร้อมที่จะทำงานได้ไม่ยากนัก

2. วัตถุดิบ (Raw material) ในการทดแทนเครื่องจักรเป็นระบบยูวีนี้ จะทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีกว่าระบบเก่า โดยสามารถใช้วัตถุดิบ (แผ่นโลหะ) ชนิดเดิม ส่วนหมึกพิมพ์ระบบยูวีก็หาซื้อได้ไม่ยากเพราะมีแพร่หลายในต่างประเทศ ถึงแม้ราคาจะแพงกว่าระบบเดิมอยู่ประมาณเท่าตัวแต่ความเข้มของหมึก (Colour strength) สูงกว่า หมึกธรรมดา 25-30% ซึ่งทำให้สามารถพิมพ์พื้นที่พิมพ์ได้มากกว่าเมื่อใช้หมึกเท่า ๆ กัน และข้อดีของหมึกยูวีคือ พิมพ์ออกมาแล้วแห้งเลย ของเสียไม่มี ถูไม่ลอก คือมี Rub resistance สูงมาก ดังนั้นจึงจะสามารถลดปริมาณของเสียลงได้ โดยเฉพาะเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

3. ข้อจำกัดในการใช้งาน (Capacity Limitation of operating) นับได้ว่าระบบการพิมพ์ยูวีนั้น จะมีอัตราการพิมพ์อบแห้งได้มากกว่าระบบเดิม และคุณภาพของงานที่ได้จะดีกว่ามาก ในขณะที่ลักษณะของการทำงานคล้ายกัน กล่าวคือสามารถใช้เครื่องพิมพ์แบบเดิมได้เพียงแต่เปลี่ยนชิ้นส่วนบางอย่างเท่านั้น คนงานสามารถเรียนรู้เทคโนโลยีที่สูงนี้ได้ไม่ยาก

4. การบำรุงรักษา (Maintenance) เนื่องจากเตาอบในระบบเก่านั้นมีอายุการใช้งานมาแล้วประมาณ 6 ปี การบำรุงรักษาจึงมีมาก และมีแนวโน้มว่าจะมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งปัจจุบันจะเห็นได้ว่า เครื่องจักรจะเสียอยู่บ่อย ๆ อันทำให้การทำงานต้องหยุดรอเพื่อซ่อมแซม และในขณะที่ตรวจซ่อมเพื่อบำรุงรักษา ส่วนในระบบใหม่นี้จะดูแลบำรุงรักษาไม่ยาก เนื่องจากมีชิ้นส่วนที่สำคัญเพียงไม่กี่อย่าง ซึ่งจะทำให้ดูแลได้อย่างทั่วถึงและใช้เวลาไม่มาก

5. การติดตั้ง เนื่องจากว่าตู้อบยูวีนี้มีขนาดที่เล็กกว่าถึง 8-10 เท่า ของระบบเดิม จึงไม่มีปัญหาในเรื่องของพื้นที่ที่จะติดตั้ง และการติดตั้งนั้นก็เพียงแต่นำตู้ระบบยูวีมาตั้งต่อจากเครื่องเดิม เพียงแต่ปรับปรุงอุปกรณ์ในการป้อนชิ้นงานเข้าตู้อบใหม่เท่านั้น

สรุปจากการเปรียบเทียบทางด้านเทคนิคแล้วจะเห็นได้ว่าการอาบเคลือบพิมพ์และอบระบบยูวีที่จะนำมาทดแทนนี้มีข้อได้เปรียบกว่าระบบเดิมอยู่มาก ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความเหมาะสมที่จะเปลี่ยนทดแทนจากระบบเดิม อย่างไรก็ดีเพื่อให้เกิดความถูกต้องของความเป็นไปได้มากที่สุดแล้ว ก็จะต้องพิจารณาเปรียบเทียบทางด้านอื่น ๆ อีก

7.4.2 การเปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

ข้อพิจารณานี้จะได้นำเสนอเฉพาะค่าใช้จ่ายของส่วนที่เกี่ยวข้องกับเตาอบเท่านั้น โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ทั้งนี้จะเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาเปลี่ยนทั้งหมด

7.4.2.1 ค่าใช้จ่ายเริ่มแรก

เตาอบแบบปัจจุบันของโรงงานตัวอย่างมี 4 เครื่องยี่ห้อ FUJI จัดซื้อมาทั้งหมดในราคา 6,000,000 บาท ใช้งานแล้วประมาณ 6 ปี อายุการใช้งานประมาณ 10 ปี ซึ่งราคาเศษซากจะเท่ากับ 0 และคิดราคาแบบเส้นตรง ฉะนั้นค่าเสื่อมราคาจะตกปีละ 600,000 บาท และมูลค่าตามบัญชีในขณะนี้จะเท่ากับ 6,000,000 - (600,000 x 6) = 2,400,000 บาท

แต่ราคาที่ซื้อขายกันเท่าที่สอบถามดูจะประมาณ 35% ของมูลค่าตามบัญชี (Book Value) ที่มีอยู่เท่านั้น นั่นก็คือจะขายได้ราคาประมาณ

2,400,000x0.35 = 840,000 บาท

ส่วนเตาอบยูวีที่จะนำมาทดแทนนั้น จำนวน 4 เครื่อง โดยราคาในประเทศอังกฤษ (จากข้อมูลที่สอบถามทางโรงพิมพ์นิยมช่างบรรจุภัณฑ์) จะมีราคาประมาณ 3,500 - 5,000 ปอนด์ แต่ละเครื่องคิดภาษีในการนำเข้า 15% ของราคาเครื่อง (FOB) ค่าจัดส่ง (Shiping) และค่าขนส่งอีกประมาณ 80,000 บาท (อัตราการแลกเปลี่ยนเงิน 37.00 บาท ต่อ 1 ปอนด์ เพราะฉะนั้นราคาเตาอบยูวี จำนวน 4

เครื่อง ประมาณ

(5,000x37.00x1.15x4)+80,000 = 931,000 บาท

7.4.2.2 ค่าใช้จ่ายดำเนินงาน

ค่าแรงงาน

เนื่องจากระบบทั้งสองจะต้องใช้จำนวนคนงานเท่ากับ ดังนั้นการเปลี่ยนทดแทนไม่ได้ทำให้ค่าจ้างแรงงานเปลี่ยนแปลง คือ จำนวนคนงาน 8 คน ค่าจ้างประมาณปีละ 300,000 บาท

ค่าพลังงาน

ค่าเชื้อเพลิงและไฟฟ้าทางโรงงานให้ข้อมูลในราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในโรงงานทั้งสิ้นเป็นเงิน 3,390,819.54 บาท ซึ่งบอกว่าเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาอบ ประมาณ 80% ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่เตาอบเป็นเงิน

= 3,390,819.54x08 = 2,712,655 บาท

ประมาณ 2,700,000 บาท

ส่วนค่าพลังงานของเตาอบยูวีนั้นคือค่าไฟฟ้า หาได้ดังนี้

หลอดไฟฟ้าขนาดยาว 48 นิ้ว จำนวน 8 หลอด ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง และพลังงานที่หลอดไฟฟ้าให้ประมาณ 200 วัตต์/ความยาวหลอด 1 นิ้ว (จากข้อมูลโรงพิมพ์นิยมช่างธรรจุภัณฑ์)

ในที่นี้คิดว่า 1 ปี มีชั่วโมงทำงาน 2,400 ชั่วโมง

ดังนั้นหลอดไฟฟ้าของเตาอบยูวีใช้พลังงาน

$$= \frac{200x48x8x2400}{1,000}$$

= 184,320 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้อุปกรณ์ประกอบอีก 30%

= 184,320x0.3

= 55,296 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

รวมจำนวนไฟฟ้าที่ประมาณว่าต้องใช้

= 184,320 + 55,296

= 239,616 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าไฟฟ้าสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลาง 2 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

∴ ค่าไฟฟ้าทั้งหมดคิดเป็นเงิน = 239,616x2

= 479,232

ประมาณ 480,000 บาท

ค่าสีและค่าน้ำยาเคมี

ในเตาอบระบบเดิมเสียค่าสีปีละประมาณ 4,026,766 บาท (ข้อมูลปี 2526) และค่าน้ำยาเคมีรวมทั้งอุปกรณ์ช่วยในการพิมพ์อีก 1,010,711 บาท

∴ รวมค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ทั้งหมด = 4,026,766+1,010,711

= 5,637,477 บาท

ราคาหมึกพิมพ์ในระบบยูวีจากการสอบถามบริษัทแองโกล-ไทย (กรุงเทพฯ) จำกัด ซึ่งเป็นตัวแทนจำหน่ายอุปกรณ์ระบบนี้ว่าราคาหมึกพิมพ์ยูวีสูงกว่าหมึกพิมพ์ระบบออฟเซท (OFFSET) อยู่ประมาณ 100% แต่เนื่องจากหมึกพิมพ์ยูวีสามารถพิมพ์พื้นที่งานได้มากกว่าประมาณ 30% เพราะฉะนั้นค่าใช้จ่ายของหมึกพิมพ์จึงประมาณว่าสูงกว่าระบบเดิมอยู่ 75% ดังนั้นค่าหมึกพิมพ์ยูวีคิดเป็นเงิน = 1.75x4,026,766

= 7,046,840 บาท

ค่าน้ำยาเคมีและอุปกรณ์ช่วยในการพิมพ์ ค่าใช้จ่ายส่วนนี้ประมาณว่ามีจำนวนเท่ากันกับระบบเดิม (ค่าใช้จ่ายส่วนนี้ประกอบด้วยหลายอย่าง เช่น ค่าแลกเกอร์,น้ำยา,ล้างสี และน้ำยา

เคลือบเป็นต้น)

ดังนั้นค่าสีและค่าอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ รวมเป็น

=7,046,840+1,010,711

= 8,057,551 บาท

ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา

ค่าบำรุงรักษาของโรงงานในปัจจุบันมีค่า 578,840 บาท (ข้อมูลปี 2526) ซึ่งคิดเป็นค่าบำรุงรักษาเตาอบ 20% ของค่าบำรุงรักษาทั้งหมด

ดังนั้นค่าบำรุงรักษาเตาอบแบบเดิมนี้ = 578,840x.20

= 115,768 บาท

สำหรับเตาอบยูวีค่าบำรุงรักษาส่วนใหญ่คือการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเมื่อหมดอายุการใช้งาน ซึ่งหลอดไฟแต่ละหลอดมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 1,000 ชั่วโมง โดยมีราคาหลอดละประมาณ 9,500 บาท (ราคาจากโรงพิมพ์นิยมช่างบรรจุภัณฑ์) ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดใน 1 ปี โดยมีการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าทั้งหมด 1 ครั้ง เพราะฉะนั้นใน 1 ปีใช้หลอดไฟ 2 ชุด รวมทั้งหมด 8x2=16 หลอด (ใช้หลอดไฟฟ้าเตาละ 2 หลอด)

∴ คิดเป็นเงิน = 16x9,500=152,000 บาท

ค่าเสื่อมราคา

ค่าเสื่อมราคาของเตาอบแบบเดิม จากหัวข้อ 7.4.2.1 ราคาที่จะขายได้ในปัจจุบัน = 840,000 บาท ยังคงเหลืออายุการใช้งานอีก 4 ปี คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรงเท่ากันทุกปีตามราคาเครื่องจักร

∴ ค่าเสื่อมราคาต่อปี = $840,000/4$

= 210,000 บาท

ส่วนค่าเสื่อมราคาของเตาอบยูวีมีดังนี้

ราคาซื้อเตาอบทั้งหมด = 931,000 (จากหัวข้อ 7.4.2.1)

เมื่อรวมค่าติดตั้งเรียบร้อยจะประมาณ = 1,000,000 บาท

อายุการใช้งาน 10 ปี คิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง

∴ ค่าเสื่อมราคาต่อปี = 1,000,000/10

= 100,000 บาท

เพื่อความสะดวกในการพิจารณาเปรียบเทียบความเหมาะสมของการเปลี่ยนทดแทนเครื่องจักร จึงได้เปรียบเทียบเป็นจำนวนเงินของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของเตาอบแบบเดิมกับเตาอบระบบยูวี

ระบบเดิม (ปัจจุบัน)		ระบบยูวี	
ราคาซื้อเครื่องจักร			
ขายเครื่องจักรเก่าได้	840,000 บาท	ซื้อเครื่องจักรและติดตั้ง	1,000,000 บาท
ค่าใช้จ่าย			
แรงงาน	300,000 บาท		300,000 บาท
ค่าเสื่อมราคา	210,000 บาท		100,000 บาท
พลังงานและเชื้อเพลิง	2,700,000 บาท		480,000 บาท
ค่าสี + น้ำยาเคมี	5,037,477 บาท		8,057,551 บาท
ค่าซ่อมแซม + บำรุงรักษา	115,768 บาท		152,000 บาท
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	8,363,245 บาท		9,089,551 บาท

จากที่กล่าวมาทั้งหมดพอสรุปการทดแทนเตาอบระบบปัจจุบันด้วยเตาอบระบบยูวี ได้ดังนี้

1. การทดแทนเตาอบยูวีในระยะนี้ยังไม่เหมาะสมถึงแม้จะมีเทคนิคที่ดีกว่าหลายอย่างก็ตาม เนื่องมาจาก

1) หมึกพิมพ์ยังมีราคาสูงอยู่ เนื่องจากเป็นวิทยาการใหม่ ซึ่งคาดว่าในภายหน้า คงจะมีราคาถูกลง

2) ความต้องการผลิตภัณฑ์ยังไม่สูงพอ ซึ่งอัตราการผลิตในปัจจุบันยังเพียงพอ

2. ค่าเชื้อเพลิงของก๊าซ (LPG) มีแนวโน้มว่าราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเมื่อถึงจุดหนึ่งจะทำให้การทำเคาอบยูวีเข้ามาใช้แทนเป็นที่ยอมรับ

ข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่า การทดแทนเคาอบในขณะนี้นั้น ยังไม่มีความเหมาะสม ดังนั้นเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในส่วนของเคาอบในขณะนี้ ทางโรงงานตัวอย่างจึงควรหาแนวทางที่จะปรับปรุงเคาอบแบบปัจจุบันนี้ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนี้

1. หาแนวทางลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง โดยเฉพาะในส่วนของพัดลมที่ใช้สำหรับการหมุนเวียนอากาศร้อนภายในเคาอบนั้น ควรจะเลือกพัดลมที่ทำจากโลหะชนิดทนความร้อนได้ดี เพื่อป้องกันไม่ให้พัดลมเปลี่ยนรูปได้ง่ายเมื่อถูกความร้อนสูง

2. ปรับปรุงประสิทธิภาพในส่วนของบริเวณ Molding zone โดยการนำเอาอากาศร้อนที่ถูกดูดทิ้งจากบริเวณ Come up zone และจากบริเวณ Cooling zone นั้น กลับเข้ามาใช้ใหม่ในบริเวณ Molding zone นี้ เพื่อลดปริมาณของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาให้ได้ความร้อนตามต้องการ ซึ่งเป็นการลดค่าใช้จ่ายได้ส่วนหนึ่งและเพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะเป็นพิษจากอากาศร้อนที่ปล่อยทิ้งไปนี้