บทที่ 2 ทฤษฎีสัมพันธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยเรื่องการออกแบบบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มกล่อง สำหรับผู้พิการทางสายตาผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสารดังต่อไปนี้

2.1 หลักการการออกแบบบรรจุภัณฑ์

2.2 วัสดุพิมพ์ ประเภทเครื่องดื่มกล่อง

2.3 เด็กที่มีความบกพร่องทางสายตา

2.4 ทฤษฎีการรับรู้

2.5 ลักษณะทั่วไปของอักษรเบรลล์

2.6 ลักษณะทั่วไปของการพิมพ์สกรีน

2.7 การทดสอบคุณสมบัติของหมึกพิมพ์สกรีน

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการการออกแบบบรรจุภัณฑ์ [4]

บรรจุภัณฑ์หมายถึง สินค้าทุกชนิดที่ทำจากวัสดุใดๆ ที่นำมาใช้สำหรับห่อหุ้ม ป้องกัน ลำเลียง จัดส่ง และนำเสนอสินค้า ตั้งแต่วัตถุดิบถึงสินค้าที่ผ่านการผลิต ตั้งแต่ผู้ผลิตถึงผู้ใช้หรือผู้บริโภค

บรรจุภัณฑ์ประกอบด้วย บรรจุภัณฑ์สำหรับการขาย (Sales packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ลำดับที่หนึ่ง ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการขายของให้กับผู้ใช้รายสุดท้ายหรือผู้บริโภค ณ จุดซื้อ บรรจุภัณฑ์กลุ่ม (Group packaging) หรือบรรจุภัณฑ์ลำดับที่สองได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ที่จุดซื้อกลุ่มสินค้าที่มีจำนวนขายมากกว่าหนึ่งไม่ว่าสินค้านั้น จะถูกขายให้กับผู้ใช้รายสุดท้ายหรือผู้บริโภคหรือไม่ก็ตาม และไม่ว่าบรรจุภัณฑ์นี้จะถูกใช้เพื่อการดึงสินค้าจากชั้นวางของ ณ จุดขายก็ตาม บรรจุภัณฑ์นี้สามารถถูกดึงออกจากสินค้า โดยไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะตัวของสินค้า บรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่ง หรือบรรจุภัณฑ์ลำดับที่สาม ได้แก่ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับช่วยในการลำเลียงและขนส่งสินค้า ที่ขายจำนวนมากหรือกลุ่มบรรจุภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่งไม่รวมตู้คอนเทนเนอร์สำหรับการขนส่งทาง ถนน รางเลื่อน เรือหรือทางอากาศ

2.1.1 การออกแบบบรรจุภัณฑ์

ขั้นตอนการออกแบบ ก่อนอื่นต้องมีจุดมุ่งหมายก่อน คือ ต้องศึกษาข้อมูลว่าโพสิชั่นตำแหน่งของบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่งในตลาดเป็นอย่างไร ก่อนที่จะออกแบบกราฟฟิคของบรรจุภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง ถ้ามีอยู่ในตลาดอยู่แล้ว ก็จะง่ายขึ้นในการออกแบบจากตำแหน่งของสินค้า ต่อมาก็ต้องหาจุดขายของสินค้า ที่จะโฆษณาบนบรรจุภัณฑ์ สองสิ่งนี้เป็นองค์ประกอบสำคัญในการตั้งจุดมุ่งหมายของการออกแบบกราฟฟิคบนบรรจุภัณฑ์

การวางแผนออกแบบบรรจุภัณฑ์ ปัจจัยต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์รวบรวมข้อมูลขั้นต้นเพื่อเตรียมร่างจุดมุ่งหมายและขอบเขตการออกแบบพัฒนาบรรจุภัณฑ์ ก่อนที่จะปรับปรุงพัฒนาบรรจุภัณฑ์ อาจวางแผนได้ 2 วิธี คือ

1. ปรับปรุงพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งขันโดยตรงได้ด้วยบรรจุภัณฑ์ที่ดีกว่าหรือด้วยงบที่ถูกกว่า การตั้งเป้าหมายและวางแผนการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ดังกล่าว ย่อมต้องศึกษาสถานภาพบรรจุภัณฑ์ของคู่แข่ง และรู้ถึงกลยุทธ์การตลาดที่จะแข่งกับคู่แข่งขัน และนโยบายของบริษัทตัวเอง

2. พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้แหวกแนวสร้างความแตกต่างจากคู่แข่งขันโดยทั่วไปเราสามารถวิเคราะห์การวางแผนพัฒนาบรรจุภัณฑ์ โดยใช้หลัก 5 + 2 ได้ดังนี้

2.1 ทำไม มีปัจจัยอะไรทำให้ต้องออกแบบบรรจุภัณฑ์ใหม่ ทำไมต้องพัฒนากราฟฟิกของบรรจุภัณฑ์

2.2 ใครเป็นผู้รับผิดชอบในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์นี้ แผนกใดเกี่ยวข้อง มีบุคคลใดบ้าง

2.3 อะไร จุดมุ่งหมายการพัฒนาบรรจุภัณฑ์คืออะไร ข้อจำกัดในการออกแบบมีอะไรบ้าง จุดขายของสินค้าคืออะไร การใช้งานของบรรจุภัณฑ์คืออะไร

2.4 ที่ไหน สถานที่ที่จะวางจำหน่ายสินค้าอยู่ที่ไหน ขอบเขตพื้นที่ที่จะวางขายสินค้าบรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบครอบคลุมพื้นที่มากน้อยแค่ไหน ถ้าไม่ศึกษาให้ดีพอนำบรรจุณฑ์ไปวางอาจใหญ่เกินไป วางไม่สวย มองเห็นบรรจุภัณฑ์แล้วไม่เด่นพอ ทำให้จะเปลี่ยนแปลงอะไรตอนนั้นคงเสียต้นทุนสูงมากเพราะต้องเริ่มใหม่หมด

2.5 อย่างไร จะใช้เทคโนโลยีอย่างไหนที่เหมาะสมดี

2.6 งบค่าใช้จ่ายที่จะใช้ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์มีเท่าไร

2.7 เมื่อไร ควรจะเริ่มงานการพัฒนาเมื่อไร เมื่อไรจะพัฒนาเสร็จ วางตลาดเมื่อไรต้องมีการวางแผนจะได้เสร็จทัน

2.1.2 บรรจุภัณฑ์สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

1. บรรจุภัณฑ์สำหรับการขาย (Sales packaging) คือ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการขายของให้กับผู้บริโภค ณ จุดซื้อหรือผู้ใช้รายสุดท้าย

2. บรรจุภัณฑ์กลุ่ม (Group packaging) คือ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ที่จุดซื้อกลุ่มสินค้าที่มีจำนวนขายมากกว่าหนึ่ง ไม่ว่าสินค้านั้นจะถูกขายให้กับผู้ใช้รายสุดท้ายหรือผู้บริโภคหรือไม่ก็ตาม และไม่ว่าบรรจุภัณฑ์นี้จะถูกใช้เพื่อการดึงสินค้าจากชั้นวางของ ณ จุดขายก็ตาม บรรจุภัณฑ์นี้สามารถถูกดึงออกจากสินค้าโดยไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะเฉพาะตัวของสินค้า

3. บรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่ง คือ บรรจุภัณฑ์ที่ใช้สำหรับช่วยในการลำเลียงและขนส่งสินค้า ที่ขายจำนวนมากหรือกลุ่มบรรจุภัณฑ์ เพื่อป้องกันความเสียหายทางกายภาพระหว่างการขนส่ง บรรจุภัณฑ์สำหรับการขนส่งไม่รวมตู้คอนเทนเนอร์สำหรับการขนส่งทาง ถนน รางเลื่อน เรือ หรือทางอากาศ

2.1.3 ประสิทธิภาพของวัสดุบรรจุภัณฑ์

สำหรับการเก็บรักษาในปริมาณน้อย สามารถจะเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ แทนหรือเสริมกับโรงเก็บ ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำ ซึ่งได้แก่

1. ป้องกันความชื้น คือไอของความชื้นจะไม่สามารถผ่านได้เลย เช่น กระป๋องดีบุก อลูมิเนียม ขวดแก้ว พลาสติกแข็ง ถุงพลาสติกความหนา 7มม.ขึ้นไป ซึ่งจะต้องมีการเชื่อมปิดสนิทโดยความร้อนหรือมีปะเก็นปิดเสริมที่ฝา

2. ต้านทานความชื้น คือไอความชื้นสามารถซึมผ่านได้ในระยะยาว เช่น พลาสติกบาง ถุงพลาสติกสานที่มีเยื่อพลาสติกบุซ้อนภายใน รวมทั้งถุงพลาสติกชนิดหนาที่ใช้การเย็บปิดปากถุง ขวดแก้วและกระป๋องกดปิดด้านบน ซึ่งไม่มีปะเก็นเสริมที่ฝา

3. อากาศผ่านได้ เช่น ถุงผ้า ถุงกระดาษ และกระสอบพลาสติกสาน เมล็ดพันธุ์ที่บรรจุในภาชนะปิดผนึกหรือปิดสนิท

2.1.4 การออกแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับคนพิการทางด้านสายตา มีแนวความคิดพื้นฐาน 7 ข้อ [5]

1. ใช้ได้อย่างเท่าเทียมกันไม่ว่าจะเป็นผู้หญิง ผู้ชาย เด็ก แม้กระทั่งคนพิการเป็นต้น (Equally for people)

2. จับถือได้ถนัดมือไม่ลื่นหลุดจากมือได้โดยง่าย (Easy to handle)

3. ใช้งานง่ายไม่ยุ่งยาก เช่น เปิด-ปิดง่าย (Easy to use)

4. เข้าใจง่ายมีคำอธิบายหรือรูปภาพบอกวิธีการใช้ (Easy to understand)

5. ปลอดภัยขณะใช้งาน ไม่ทำให้ผู้ใช้งานบาดเจ็บ (Safe to use)
6. ไม่ทำให้เกิดความเครียดหรือหงุดหงิดขณะใช้งาน (Used with less stress)
7. หยิบใช้สินค้าที่อยู่ด้านในได้อย่างสะดวก (Enough space to access)

2.2 วัสดุพิมพ์ ประเภทเครื่องดื่มกล่อง [6]

2.2.1 กล่องเครื่องดื่ม

กล่องที่ใช้บรรจุเครื่องดื่มหรืออาหารเหลวประเภทนม น้ำผลไม้ ชา กาแฟ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.2.1.1 กล่องยูเอชที

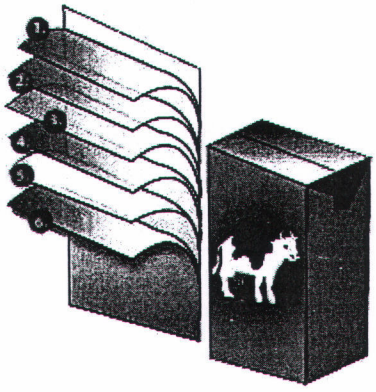
กล่องยูเอชที มีกระดาษ อะลูมิเนียมฟอยล์ และพลาสติก ประเภทโพลีเอททีลีนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ สามารถเก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องแช่เย็น

2.2.1.2 กล่องพาสเจอไรซ์

กล่องพาสเจอไรซ์ มีส่วนประกอบเป็นกระดาษ และพลาสติกเท่านั้น จึงต้องแช่เย็น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่เก็บไว้ได้นาน

2.2.2 ชั้นของกล่องเครื่องดื่ม

1. โพลีเอทีลีน ป้องความชื้นจากภายนอก
2. กระดาษ เพื่อความคงทนแข็งแรงของกล่อง
3. โพลีเอทีลีน ช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
4. อลูมิเนียมฟอยล์ ป้องกันภาวะภายนอก
5. โพลีเอทีลีน ช่วยผนึกกล่องให้แน่นสนิท
6. โพลีเอทีลีน ช่วยป้องกันและการรั่วซึมของของเหลว



รูปที่ 2.1 ชั้นกล่องเครื่องดื่ม

2.2.3 ประโยชน์ของกล่องเครื่องดื่ม

กล่องเครื่องดื่มที่นำมาผลิตแผ่นไม้กระดานจะถูกตัดย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ ก่อนที่จะนำมาโรยบนแผ่นเหล็ก เพื่อขึ้นรูปแผ่นตามความหนาที่ต้องการจากนั้นจำนำเข้าเครื่องอัดร้อนที่อุณภูมิประมาณ 170 องศาเซลเซียส เพื่อหลอมพลาสติกที่มีอยู่ในกล่อง แล้วจึงนำไปเข้าเครื่องอัดเย็น ทั้งนี้พลาสติกจะเป็นตัวยึดกระดาษและอลูมิเนียมให้ติดกันโดยไม่ต้องใช้กาว หรือสารเคมีใดๆในขั้นตอนการผลิต

คุณสมบัติของแผ่นไม้กระดานที่ผลิตจากกล่องเครื่องดื่ม

1. ผลิตจากวัสดุเหลือใช้
2. สามารถกันน้ำได้อย่างดี
3. สามารถดัดโค้งและทำเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ตามความต้องการ
4. ปราศจากสารฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งต่างจากพาร์ทิเคลบอร์ด
5. ความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของลักษณะพื้นผิว
6. เป็นฉนวนกันความร้อนและเสียงได้อย่างดี
7. สามารถกันปลวกได้ 100% และไม่เป็นผุยผง
8. สามารถเลื่อย ตัด ดัด ติดกาวเจาะและยึดด้วยตะปูได้เช่นเดียวกับแผ่นไม้ชนิดอื่นๆ

2.3 เด็กที่มีความบกพร่องทางสายตา [7]

เด็กที่มีความบกพร่องทางสายตา หมายถึง เด็กที่สูญเสียการมองเห็นบางส่วนหรือที่เรียกว่า เด็กที่มีสายตาเลือนราง (Low Vision) กับ เด็กที่สูญเสียการมองเห็นอย่างสิ้นเชิงที่เรียกว่า เด็กตาบอด (Blind) ลักษณะของเด็กแต่ละประเภทมีดังนี้

1. เด็กที่มีสายตาเลือนราง (Low Vision Children) หมายถึง เด็กที่มีสายตาบกพร่องภายหลังจากการแก้ไขแล้วจะมองเห็นบ้างบางส่วนและสามารถใช้สายตาได้ในระยะ 20 / 70 ฟุต หมายความว่าเด็กกลุ่มนี้จะมองเห็นได้ในระยะ 20 ฟุตโดยที่คนปกติจะมองเห็นได้ในระยะ 70 ฟุต เมื่อวัดโดยใช้สเนลเลนชาร์ท (Snellen Chart) เด็กกลุ่มนี้ต้องการเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษ บางอย่างที่ช่วยให้เด็กสามารถใช้สายตาได้ดีขึ้น

2. เด็กตาบอด (Children with Blind) หมายถึงเด็กที่ไม่สามารถใช้สายตามองเห็นได้เลยหรือเด็กที่มีสายตาเหลืออยู่น้อยมากหรือไม่มีเลยซึ่งเป็นการสูญเสียการมองเห็นตั้งแต่ 20 / 200 ฟุต หรือน้อยกว่านั้นหมายความว่าคนปกติจะมองเห็นได้ในระยะ 200 ฟุต แต่เด็กตาบอดสนิทจะไม่สามารถรับรู้ การเคลื่อนไหวต่างๆแม้แต่การมองในระยะ 20 ฟุต

2.3.1 หลักเกณฑ์ดังกล่าวเป็นที่ยอมรับของกระทรวงสาธารณะสุขบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเห็นมีอยู่ 5 ระดับดังตาราง

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้มีการกำหนดความหมายของคนที่มีความบกพร่องทางการเห็นไว้ว่าบุคคลที่ตาบอดตามกฎหมายคือ ผู้ที่สามารถมองเห็นสิ่งของในระยะทางตรงได้เท่ากับหรือน้อยกว่า 6 เมตร (200 ฟุต) หรืออาจกล่าวได้ว่า ถ้าบุคคลใดมองเห็นได้ไม่เกินส่วน 1/10 ของคนปกติ หรือไม่สามารถอ่านหนังสือขนาดตัวมาตรฐานได้จัดว่าบุคคลนั้นมีความบกพร่องทางการเห็นได้แก่ คนที่มีสายตาข้างที่ดี เมื่อใช้แว่นสายตาแล้วจะเห็นน้อยกว่า 6/18 หรือ 20/70 ลงไปจนไม่เห็นแม้แต่แสงสว่าง หรือคนที่มีลานสายตาแคบกว่า 30 องศา

ตารางที่ 2.1 ระดับความบกพร่องทางการเห็นที่แบ่งตามองค์การอนามัยโลก

ระดับของความพิการทางตา	ระดับความชัดเจนของสยตาที่ดีที่สุด เมื่อใช้แว่นตาธรรมดา
การเห็นเลือนราง (low vision) ระดับ 1 ระดับ 2	 6/24 หรือ 20/70 6/60 หรือ 20/200
ตาบอด (Blindnrss) ระดับ 3 ระดับ 4 ระดับ 5	 3-60 หรือ 10/200 1/60 หรือ 3/200 ไม่เห็นแม้แต่แสงสว่าง

2.3.2 สาเหตุของเด็กที่มีความบกพร่องทางสายตา

1. ความผิดปกติของสายตาเกิดจากอุบัติเหตุที่เป็นอันตรายต่อดวงตาเกิดจากโรคบางอย่าง เช่น เนื้องอกที่ดวงตาซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ตาบอด และมีความบกพร่องทางสายตาอย่างรุนแรงได้เกิดจากอาหารหรือยาบางประเภท เช่น การทานมะเกลือเป็นยาถ่ายพยาธิ อาจเป็นสาเหตุทำให้ประสาทตาเสื่อมถึงขั้นตาบอดได้

2. ความผิดปกติของดวงตา เกิดจากความเสื่อมสภาพของกล้ามเนื้อตาเป็นเหตุให้เกิดสายตาสั้น สายตายาว หรือเกิดมีปัญหาจากการปรับภาพที่เลนส์ในดวงตาเกิดจากอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นต่อดวงตาโดยตรงการไม่ถนอมสายตา เช่น การอ่านหนังสือในที่สว่างมากเกินไปหรือมืดเกินไป

2.4 ทฤษฎีการรับรู้ [8]

การรับรู้เป็นผลเนื่องมาจาการที่มนุษย์ใช้อวัยวะรับสัมผัส (Sensory motor) ซึ่งเรียกว่า เครื่องรับ (Sensory) ทั้ง 5 ชนิด คือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง จากการวิจัยมีการค้นพบว่า การรับรู้ของคนเกิดจากการเห็น 75% จากการได้ยิน 13% การสัมผัส 6% กลิ่น 3% และรส 3% การรับรู้จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับสิ่งที่มีอิทธิพลหรือปัจจัยในการรับรู้ ได้แก่ ลักษณะของผู้รับรู้ ลักษณะของสิ่งเร้า เมื่อมีสิ่งเร้าเป็นตัวกำหนดให้เกิดการเรียนรู้ได้นั้น จะต้องมีการรับรู้เกิดขึ้นก่อนเพราะการรับรู้เป็นหนทางที่นำไปสู่การแปลความหมายที่เข้าใจกันได้ซึ่งหมายถึง การรับรู้เป็นพื้นฐานของการเรียนรู้ ถ้าไม่มีการรับรู้เกิดขึ้นการเรียนรู้ย่อมเกิดขึ้นไม่ได้การรับรู้จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดความคิดรวบยอดทัศนคติของมนุษย์ อันเป็นส่วนสำคัญยิ่งในกระบวนการเรียนการสอนและการใช้สื่อการสอนจึงจำเป็นจะต้องให้เกิดการรับรู้ที่ถูกต้องมากที่สุด

2.4.1 ความหมายของการรับรู้

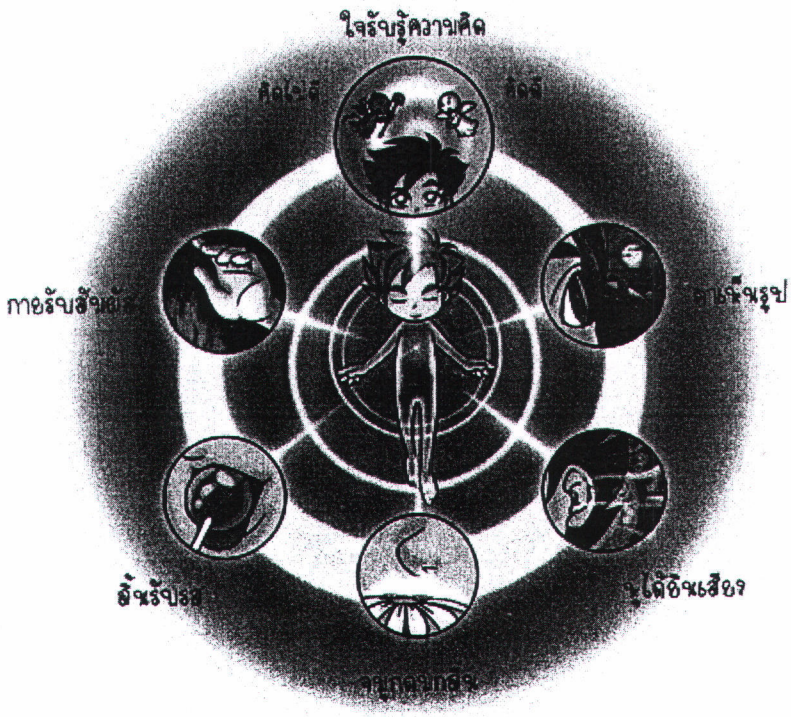
สุรวัฒนบูรณ์ (2528) และ วไลพร ภวภูตานนท์ ณ มหาสารคาม (ม.ป.ป. : 125) ที่กล่าวว่าการที่จะเกิดการเรียนรู้ได้นั้นจะต้องอาศัยการรับรู้ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอันเป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์การรับรู้มีขบวนการที่ทำให้เกิดการรับรู้โดยการนำความรู้เข้าสู่สมองด้วยอวัยวะสัมผัสและเก็บรวบรวมจดจำไว้สำหรับเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดมโนภาพและทัศนคติดังนั้นการมีสิ่งเร้าที่ดีและมีองค์ประกอบของการรับรู้ที่สมบูรณ์ถูกต้องก็จะทำให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีด้วยซึ่งการรับรู้เป็นส่วนสำคัญยิ่งต่อการรับรู้

การรับรู้หมายถึง การรู้สึกสัมผัสที่ได้รับการตีความให้เกิดความหมายแล้ว เช่นในขณะนี้เราอยู่ในภาวะการรู้สึก (Conscious) คือ ลืมตาตื่นอยู่ ในทันใดนั้น เรารู้สึกได้ยินเสียงดังปังมาแต่ไกล (การรู้สึกสัมผัส-Sensation) แต่เราไม่รู้ความหมายคือไม่รู้ว่าเป็นเสียงอะไร เราจึงยังไม่เกิด

การรับรู้ แต่ครู่ต่อมามีคนบอกว่าเป็นเสียงระเบิดของยางรถยนต์ เราจึงเกิดการรู้ความหมายของการรู้สึกสัมผัสนั้น ดังนี้เรียกว่าเราเกิดการรับรู้

ทฤษฎีการรับรู้ (Perception Theory) การรับรู้เป็นพื้นฐานการเรียนรู้ที่สำคัญของบุคคล เพราะว่าการตอบสนองพฤติกรรมใดๆ จะขึ้นอยู่กับการรับรู้จากสภาพแวดล้อมของตนและความสามารถในการแปลความหมายของสภาพนั้นๆ ดังนั้น การเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยการรับรู้ และสิ่งเร้าที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจัยการรับรู้ประกอบด้วยประสาทสัมผัสและปัจจัยทางจิต คือ ความรู้เดิม ความต้องการและเจตคติเป็นต้น การรับรู้จะประกอบด้วยกระบวนการสามด้าน คือ การรับสัมผัสการแปลความหมายและอารมณ์

การรับรู้เป็นผลเนื่องมาจากการที่มนุษย์ใช้อวัยวะรับสัมผัส (Sensory motor) ซึ่งเรียกว่า เครื่องรับ (Sensory) ทั้ง 5 ชนิดคือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง



รูปที่ 2.2 แสดงการรับรู้ของมนุษย์

การรับรู้จะเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสิ่งที่มีอิทธิพลหรือปัจจัยในการรับรู้ ได้แก่ลักษณะของผู้รับรู้ลักษณะของสิ่งเร้าเมื่อมีสิ่งเร้าเป็นตัวกำหนดให้เกิดการเรียนรู้ได้นั้น จะต้องมีการรับรู้เกิดขึ้นก่อน เพราะการรับรู้ เป็นหนทางที่นำไปสู่การแปลความหมายที่เข้าใจกันได้ซึ่งหมายถึง การรับรู้เป็น

พื้นฐานของการเรียนรู้ถ้าไม่มีการรับรู้เกิดขึ้น การเรียนรู้ย่อมเกิดขึ้นไม่ได้ การรับรู้จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญ ที่ทำให้เกิดความคิดรวบยอด ทัศนคติของมนุษย์อันเป็นส่วนสำคัญยิ่งในกระบวนการเรียนการสอน

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.4.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

กระบวนการรับรู้ ซึ่งบุคคลได้รับจากสิ่งรอบตัวแล้วส่งผ่านไปยังสมอง และเกิดการตีความหมายของการรู้สึกสัมผัสที่ได้รับจากสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และแปลความหมายเป็นความเข้าใจในสารที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรู้พื้นฐานและประสบการณ์เดิมของบุคคลนั้นด้วย ตลอดจนสังคมความเชื่อ ความคาดหวังและสภาวะจิตใจของแต่ละบุคคลแตกต่างกันออกไป จึงมีผลทำให้การรับรู้และตีความหมายแตกต่างกันออกไปนอกจากนั้นแสงและสีก็มีอิทธิพลต่อการรับรู้ของมนุษย์ด้วย ในการศึกษาทฤษฎีการรับรู้ในบทนี้ จะช่วยนักออกแบบมีความรู้และความเข้าใจแนวความคิดในการออกแบบให้สื่อความหมายได้อย่างสอดคล้องกับความสามารถในการรับรู้ของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งทฤษฎีการรับรู้ที่นักออกแบบต้องศึกษาสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลักคือ

2.4.2.1 ทฤษฎีการรับรู้ภาพด้วยการรู้สึก (Sensual Theories Of Visual Communication)

การรับรู้ภาพด้วยความรู้สึกเป็นส่วนหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นจากการที่มีสิ่งเร้าต่างๆที่อยู่รอบตัวเราที่ได้เข้ามากระทบตัวเราจนเกิดเป็นการรับรู้ได้ โดยปราศจากการวิเคราะห์ข้อมูลเนื่องจากมนุษย์เราสามารถรับรู้ได้โดยผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือการมองเห็นการได้ยินเสียงการได้กลิ่นการได้สัมผัสและการได้รส ส่งผ่านไปยังสมองและเกิดเป็นการรับรู้ด้วยการรู้สึกถึงสิ่งต่างๆ ซึ่งการรับรู้ด้วยการรู้สึกเช่นนี้ไม่จำเป็นที่จะต้องอาศัยความรู้ และการเข้าใจในการตีความหมายก็สามารถรับรู้และเข้าใจได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ - 9 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247621
เลขเรียกหนังสือ

ทฤษฎีการรับรู้ด้วยการรู้สึกประกอบไปด้วย 3 ทฤษฎีหลักดังต่อไปนี้คือ

1. ทฤษฎีเกสตอลต์ (Gestalt)
2. ทฤษฎีการจัดโครงสร้าง (Constructivism)
3. ทฤษฎีเชื่อมโยงความสัมพันธ์(Ecological)

ทั้งสามทฤษฎีนี้ช่วยอธิบายให้เราเข้าใจในการรับรู้ภาพด้วยการรู้สึกในงานกราฟิกได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

2.4.2.2 ทฤษฎีการรับรู้และการเข้าใจภาพ (Perception Theories of Visual Communication)

การรับรู้ภาพในที่นี้หมายถึง การมองเห็นและรับรู้สิ่งที่เกิดขึ้นอยู่ทุกวันในชีวิตประจำวันของเราด้วยความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งต่าง ๆ การรับรู้และส่วนหนึ่งของการเรียนรู้สิ่งใหม่ ถ้าเราสามารถจดจำสิ่งนั้น ๆ ได้จะช่วยให้การเรียนรู้สิ่งใหม่ ถ้าเราสามารถจดจำสิ่งนั้นๆได้จะช่วยให้

การเรียนรู้ของเราก้าวหน้าเพิ่มมากขึ้น เมื่อเราเข้าใจและสามารถรับรู้ได้ด้วยการรู้สึกได้จะช่วยให้เราสามารถเลือกใช้ถ่ายเพื่อสื่อความหมายได้ดียิ่งขึ้นทฤษฎีการรับรู้ภาพแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักดังนี้คือ

1. ทฤษฎีการศึกษาภาพสัญลักษณ์ (Semiotics)และ
2. ทฤษฎีการเข้าใจภาพ(Cognitive)

2.4.3 กระบวนการรับรู้

กระบวนการของการรับรู้ (Process) เป็นกระบวนการที่คาบเกี่ยวกันระหว่างเรื่องความเข้าใจ การคิด การรู้สึก (Sensing) ความจำ (Memory) การเรียนรู้ (Learning) การตัดสินใจ (Decision making)
ความเข้าใจ การคิด การรู้สึก -----> ความจำ------> การเรียนรู้ -------> การตัดสินใจ

2.4.3.1 กระบวนการของการรับรู้

สิ่งเร้าไม่ว่าจะเป็นคน สัตว์ สิ่งของ หรือสถานการณ์ มาเร้าอินทรีย์ทำให้เกิดการสัมผัส (Sensation) และเมื่อเกิดการสัมผัสบุคคล จะเกิดมีอาการแปลการสัมผัสและมีเจตนา (Conation) ที่จะแปลสัมผัสนั้น การแปลสัมผัส จะเกิดขึ้นในสมองทำให้เกิดพฤติกรรมต่างๆ เช่น การที่เราได้ยินเสียงดัง ปัง ปัง ๆ สมองจะแปลเสียงดังปัง ปัง โดยเปรียบเทียบกับเสียง ที่เคยได้ยินว่าเป็น เสียงของอะไรเสียงปืน เสียงระเบิด เสียงพลุ เสียงประทัด เสียงของท่อไอเสียรถเสียงเครื่องยนต์ระเบิด หรือเสียงอะไร ในขณะเปรียบเทียบ จิตต้องมีเจตนา ปนอยู่ทำให้เกิดแปลความหมาย และ ต่อไปก็รู้ว่าเสียงที่ได้ยินนั่นคือเสียงอะไรอาจเป็นเสียงปืน เพราะบุคคลจะแปลความหมายได้ ถ้าบุคคลเคยมีประสบการณ์ในเสียงปืนมาก่อน และอาจแปลได้ว่า ปืนที่ดังเป็นปืนชนิดใดถ้าเขาเป็นตำรวจ จากตัวอย่างข้างต้นนี้ เราอาจสรุปกระบวนการรับรู้จะเกิดได้จะต้องมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. มีสิ่งเร้า (Stimulus) ที่จะทำให้เกิดการรับรู้ เช่น สถานการณ์ เหตุการณ์ สิ่งแวดล้อมที่มีอยู่รอบกายที่เป็น คน สัตว์ และสิ่งของ
2. ประสาทสัมผัส (Sense Organs) ที่ทำให้เกิดความรู้สึกสัมผัส เช่น ตาดู หูฟัง จมูกได้ กลิ่น ลิ้นรู้รสและผิวหนังรู้ร้อนหนาว
3. ประสบการณ์หรือความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับสิ่งเร้าที่เราสัมผัส
4. การแปลความหมายของสิ่งที่เราสัมผัสสิ่งที่เคยพบเห็นมาแล้วย่อมจะอยู่ในความทรงจำของสมอง เมื่อบุคคลได้รับสิ่งเร้าสมองก็จะทำหน้าที่ทบทวนกับความรู้ที่มีอยู่เดิมว่าสิ่งเร้านั้นคืออะไร เมื่อมนุษย์เราถูกเร้าโดยสิ่งแวดล้อมก็จะเกิดความรู้สึกจากการสัมผัส (Sensation) โดยอาศัยอวัยวะสัมผัสทั้ง 5 คือ ตาทำหน้าที่ดู คือ มองเห็น หูทำหน้าที่ฟังคือ ได้ยิน ลิ้นทำหน้าที่รู้รส จมูกทำหน้าที่ดมคือได้กลิ่น ผิวหนังทำหน้าที่สัมผัสคือรู้สึกได้อย่างถูกต้องกระบวนการรับรู้ ก็สมบูรณ์แต่จริงๆ แล้วยังมีการสัมผัสภายในอีก 3 อย่างด้วยที่จะช่วยให้เรารับสัมผัสสิ่งต่างๆ

2.4.3.2 ลำดับขั้นของกระบวนการรับรู้

การรับรู้จะเกิดขึ้นได้ ต้องเป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการดังนี้

ขั้นที่ 1 สิ่งเร้า (Stimulus) มากระทบอวัยวะสัมผัสของอินทรีย์

ขั้นที่ 2 กระแสประสาทสัมผัสวิ่งไปยังระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งมีศูนย์อยู่ที่สมอง เพื่อสั่งการตรงนี้เกิดการรับรู้ (Perception)

ขั้นที่ 3 สมองแปลความหมายออกมาเป็นความรู้ความเข้าใจโดยอาศัยความรู้เดิม ประสบการณ์เดิมความจำ เจตคติ ความต้องการ ปทัสถาน บุคลิกภาพ เชาวน์ปัญญาทำให้เกิดการตอบสนองอย่างใดอย่างหนึ่ง การรับรู้ (Perception) หรือการตอบสนอง (Reaction หรือ Response) เมื่อประสาทตื่นตัวโดยเครื่องเร้า จะเกิดมีปฏิกิริยา คืออาการตอบสนองต่อสิ่งเร้า

2.4.4 กลไกของการรับรู้

กลไกการรับรู้เกิดขึ้นจากทั้ง สิ่งเร้าภายนอกและภายในอินทรีย์มีอิทธิพลต่อพฤติกรรม อวัยวะรับสัมผัส (Sensory organ) เป็นเครื่องรับสิ่งเร้าของมนุษย์ส่วนที่รับความรู้สึกของอวัยวะรับสัมผัสอาจอยู่ลึกเข้าไปข้างใน มองจากภายนอกไม่เห็นอวัยวะรับสัมผัส แต่ละอย่างมีประสาทรับสัมผัส (Sensory nerve) ช่วยเชื่อมอวัยวะรับสัมผัสกับเขตแดนการรับสัมผัสต่างๆ ที่สมองและส่งผ่านประสาทมอเตอร์ (Motor nerve) ไปสู่อวัยวะมอเตอร์ (Motor organ) ซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อและต่อมต่างๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองของอวัยวะมอเตอร์และจะออกมาในรูปใดขึ้นอยู่กับ การบังคับบัญชาของระบบประสาทส่วนสาเหตุที่มนุษย์เราสามารถไวต่อความรู้สึกก็เพราะเซลประสาทของประสาทรับสัมผัสแบ่งแยกแตกออกเป็นกิ่งก้านแผ่ไปติดต่อกับ อวัยวะรับสัมผัสและที่อวัยวะรับสัมผัสมีเซลรับสัมผัส ที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวจึงสามารถทำให้มนุษย์รับสัมผัสได้

จิตใจติดต่อกับโลกภายนอกได้โดยการสัมผัสคนตาบอดแม้อธิบายให้ฟังว่าสีแดง สีเขียวเป็นอย่างไร เขาก็จะเข้าใจให้ถูกต้องไม่ได้เลย เพราะเรื่องสีจะต้องรู้ด้วยตาเครื่องมือสัมผัสอย่างหนึ่งก็ทำหน้าที่อย่างหนึ่งคนหูหนวกย่อมไม่รู้สึกถึงลีลาความไพเราะของเสียงเพลง ดังนั้นการสอนจึงเน้นว่า “ให้สอนโดยทางสัมผัส ” การรับรู้นับว่าเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้การรับรู้ที่ถูกต้องจึงจะส่งผลให้ได้รับ ความรู้ที่ถูกต้องนักเรียนต้องได้การรับรู้ที่ถูกต้อง มิฉะนั้นความรู้ที่รับไปก็ผิดหมด อวัยวะสัมผัสกับการรับรู้

มนุษย์ย่อมมีพฤติกรรมสนองตอบสิ่งแวดล้อมกระบวนการของการรับรู้เป็นสิ่งแรกที่มนุษย์สนองตอบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบประสาทอวัยวะสัมผัสเป็นปัจจัยสำคัญของกระบวนการรับรู้ต้องมีความสมบูรณ์จึงจะสามารถรับรู้สิ่งเร้าได้ดีเพราะ อวัยวะสัมผัสรับสิ่งเร้าที่มากระทบประสาทรับสัมผัสส่งกระแสประสาทไปยังสมองเ พื่อให้สมองแปลความหมายออกมาเกิดเป็นการรับรู้ และ

อวัยวะสัมผัสของมนุษย์ มีขีดความสามารถจำกัด กลิ่นอ่อนเกินไปเสียงเบาเกินไป แสงน้อยเกินไป ย่อมจะรับสัมผัสไม่ได้ ดังนั้นประเภท ขนาดคุณภาพของสิ่งเร้าจึงมีผลต่อการรับรู้และการตอบสนองสิ่งเร้าบางประเภทไม่สามารถกระตุ้นอวัยวะสัมผัสของเราได้ เช่น คลื่นวิทยุ

2.4.5 องค์ประกอบของกระบวนการรับรู้

การรับรู้ข่าวสารของมนุษย์จะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

2.4.5.1 อาการรับสัมผัส

อวัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ ได้รับกระตุ้นจากสิ่งเร้าแล้วจะแปลความหมาย โดยอาศัยประสบการณ์มาช่วย

2.4.5.2 การแปลความหมายของอาการสัมผัส

การแปลความหมายของสิ่งเร้าที่รับเข้ามาจะถูกต้องเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ คือ

1. ปัจจัยทางด้านสรีระ (Physiologial Factor) เป็นขีดจำกัดความสามารถของอวัยวะรับสัมผัสที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น ขนาดของสิ่งเร้า ความสึกหรอของอวัยวะรับสัมผัส เป็นต้น

2. ปัจจัยทางจิตวิทยา (Phycological Factor) เนื่องจากสิ่งเร้าที่มากระทบกับอวัยวะรับสัมผัสมีมาก มนุษย์จะเลือกรับรู้เฉพาะสิ่งเร้าที่มีความหมาย แต่การรับรู้ดังกล่าวจะเกิดขึ้นหรือไม่นั้นย่อมอยู่กับปัจจัยด้านจิตวิทยา เช่น

- ความตั้งใจ โดยมีสาเหตุหลายประการ เช่น ความเปลี่ยนแปลง ความแปลกใหม่ ขนาดและความเข้ม การกระทำซ้ำเคลื่อนไหว เป็นต้น
- สติปัญญา ทำให้บุคคลเข้าใจเหตุการณ์หรือสิ่งต่างๆ ได้ช้า หรือรวดเร็วต่างกัน
- ความระวังระไว เป็นความคล่องแคล่วหรือไวต่อการรับรู้สิ่งเร้าต่างๆ
- คุณภาพของจิตใจ ความเหนื่อยล้า หรือความแจ่มใสของจิตใจย่อมมีผลกระทบต่อความเข้าใจสิ่งเร้าต่าง ๆ ได้
- บุคลิกภาพ ผู้ที่มีบุคลิกภาพเปิดเผยชอบสังคมกับผู้ที่มีบุคลิกภาพเก็บตัวมักจะรับรู้สิ่งในทางตรงข้ามเสมอ

2.4.5.3 ประสบการณ์เดิม

บุคคลจะรับรู้สิ่งต่างๆ ด้วยการคาดคะเน หรือตั้งสมมุติฐานไว้ก่อน เมื่อได้รับสิ่งเร้าที่เกิดขึ้นแล้ว ประสบการณ์เดิมที่เคยมีมาก่อนจะช่วยให้สามารถยืนยันการคาดคะเนได้ หรือทำการแก้ไขการคาดคะเนเสียใหม่ กรณีที่สิ่งที่เกิดขึ้นใหม่เข้มแข็งกว่าและสามารถพิสูจน์ได้ว่าประสบการณ์นั้นผิดพลาดอย่างแน่นอน (ศิริโสภาคย์ บูรพาเดชะ. 2529 : 93-97)

2.4.6 อิทธิพลของสิ่งเร้าที่มีต่อการรับรู้

2.4.6.1 สิ่งเร้าภายนอก

คุณสมบัติของสิ่งเร้าภายนอกจะมีอิทธิพลต่อการรับรู้มากน้อยเพียงใดย่อมขึ้นอยู่กับคุณลักษณะดังนี้

1. ความเปลี่ยนแปลงของสิ่งเร้า การเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอย่อมดึงดูดความสนใจและเอาใจใส่ต่อสิ่งเร้านั้น

2. การเคลื่อนไหวของสิ่งเร้า การเคลื่อนไหวจะช่วยกระตุ้นเรตินาในนัยน์ตา ทำให้เกิดพลังงานประสาทสมอง

3. ขนาดของสิ่งเร้า วัตถุที่มีขนาดผิดปกติ เช่น ใหญ่มาก หรือเล็กมาก ย่อมได้รับความสนใจมากกว่าวัตถุที่มีขนาดปกติ

4. การเกิดซ้ำซากของสิ่งเร้า การเกิดซ้ำซาก หมายถึง การตอกย้ำด้วยความเข้มข้นหรือจังหวะที่แตกต่างกัน มิฉะนั้นแล้วเกิดการซ้ำซากบ่อยครั้งจะทำให้ขาดความเอาใจใส่ต่อสิ่งเร้านั้นได้เหมือนกัน

5. ความเข้มข้นหรือความหนักเบาของสิ่งเร้า สิ่งเร้าที่มีความเข้มข้นสูงกว่าปกติย่อมดึงดูดความสนใจได้ดีกว่าสิ่งเร้าปกติธรรมดา

6. องค์ประกอบอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้ เช่น สี ความถี่ของเสียง ความแปลกใหม่

2.4.6.2 สิ่งเร้าภายใน

1. ความต้องการ เมื่อมนุษย์เกิดความต้องการอะไรมักจะเอาใจใส่ในสิ่งนั้นๆ อยู่เสมอและกลายเป็นจุดเน้นของการรับรู้

2. คุณค่าและความสนใจ บุคคลจะสนใจกับสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์ที่มีคุณค่าและมีความหมายต่อตนเอง บางครั้งก่อให้เกิดความต้องการและความหวังที่จะรับรู้ในสิ่งนั้นๆ ด้วยความตั้งใจและสนใจ

2.4.6.3 คุณลักษณะของสิ่งเร้า สิ่งเร้าที่มีอิทธิพลต่อการรับรู้มีคุณลักษณะ 2 อย่าง คือ

1. สิ่งเร้าที่มีโครงสร้างหรือแบบแผน ได้แก่ สิ่งเร้าที่ชัดเจนเป็นรูปธรรม
2. สิ่งเร้าที่ไม่มีโครงสร้างหรือแบบแผน ได้แก่ สิ่งเร้าที่มีลักษณะกำกวม ไม่ชัดเจน

2.4.7 การจัดระบบการรับรู้

มนุษย์เมื่อพบสิ่งเร้าไม่ได้รับรู้ตามที่สิ่งเร้าปรากฏแต่จะนำมาจัดระบบตามหลักดังนี้

1. หลักแห่งความคล้ายคลึง (Principle of similarity) สิ่งเร้าใดที่มีความคล้ายกันจะรับรู้ว่าเป็นพวกเดียวกัน

2. หลักแห่งความใกล้ชิด (Principle of proximity) สิ่งเร้าที่มีความใกล้กันจะรับรู้ว่าเป็นพวกเดียวกัน

3. หลักแห่งความสมบูรณ์ (Principle of closure) เป็นการรับรู้สิ่งที่ไม่สมบูรณ์ให้สมบูรณ์ขึ้น ความคงที่ของการรับรู้ (Perceptual constancy) ความคงที่ในการรับรู้มี 3 ประการ ได้แก่ การคงที่ของขนาด, การคงที่ของรูปแบบ รูปทรง, การคงที่ของสีและแสงสว่าง

การรับรู้ที่ผิดพลาด แม้ว่ามนุษย์มีอวัยวะรับสัมผัสถึง 5 ประเภท แต่มนุษย์ก็ยังรับรู้ผิดพลาดได้ เช่น ภาพลวงตา การรับฟังความบอกเล่าทำให้เรื่องบิดเบือนไป การมีประสบการณ์และค่านิยมที่แตกต่างกันดังนั้นการรับรู้ถ้าจะให้ถูกต้อง จะต้องรับรู้โดยผ่าน ประสาทสัมผัสหลายทางผ่านกระบวนการคิดไตร่ตรองให้มากขึ้น

2.4.8 หลักการรับรู้สำหรับการศึกษา

1. การรับรู้จะพัฒนาตามวัย และความสามารถที่จะรับรู้สิ่งภายนอกอย่างถูกต้องและเหมาะสม

2. การรับรู้โดยการเห็นจะก่อให้เกิดความเข้าใจดีกว่า แบบการได้ยินและประสาทสัมผัสอื่นๆ ดังนั้นการเรียนรู้โดยผ่านประสาทสัมผัสได้มากจะก่อนให้เกิดความเข้าใจที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. ลักษณะและวิธีการรับรู้ของแต่ละคนจะแตกต่างกันตามพื้นฐานของบุคลิกภาพและจะแสดงออกตามที่ได้รับรู้และทรรศนะของเขา

4. การเข้าใจผู้เรียนทั้งในด้านคุณลักษณะ และมีสภาพแวดล้อมจะเป็นผลดีต่อการจัดการเรียนการสอน

2.5 ลักษณะทั่วไปของอักษรเบรลล์ [9]

หลุยส์ เบรลล์ (Louis Braille) เกิดที่เมือง Coupvrayใกล้กับปารีส ในประเทศฝรั่งเศส แต่เติบโตที่เมือง Lisle บิดาคือ ไซมอน เรเน่เบรลล์ (Simon-René Braille) มีอาชีพทำอานม้า เมื่ออายุได้ 3 ปี เบรลล์ประสบอุบัติเหตุจากเข็มของบิดา ทำให้ตาข้างซ้ายบอด เมื่ออายุได้ 4 ปี โรคตาอักเสบอย่างรุนแรงทำให้เบรลล์ตาบอดทั้ง 2 ข้าง แต่เบรลล์ก็ยังได้เข้าเรียน ด้วยการสนับสนุนจากพ่อ ในปี 1821 กัปตัน ชาร์ล บาบิแอร์ นายทหารแห่งกองทัพบกฝรั่งเศสได้มาเยี่ยมโรงเรียน และนำวิธีการส่งข่าวสารของทหารในเวลากลางคืน เรียกว่า night-writing มาลองใช้ ซึ่งจะเป็นรหัสที่ใช้จุด 12 จุด และ

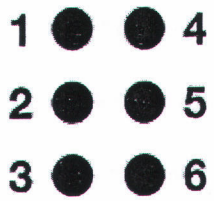
ใช้ค่อนข้างยาก ในปีนั้นเอง เบรลล์ได้เริ่มประดิษฐ์อักษรที่ใช้ระบบจุดเช่นกัน เบรลล์ใช้จุดเพียง 6 จุด และใช้เพียงนิ้วเดียววางบนจุดทั้งหมด

อักษรเบรลล์ไม่เป็นที่รู้จักมากนัก จนกระทั่งปีค.ศ. 1868 เมื่อ Dr. Thomas Armitage กับเพื่อนอีก 5 คน ผู้ก่อตั้ง British and Foreign Society for Improving the Embossed Literature of the Blind (ตอนหลังเปลี่ยนชื่อเป็น Royal National Institute of the Blind) ได้ตีพิมพ์หนังสือ Braille's system ปัจจุบันอักษรเบรลล์ได้ถูกนำไปใช้ทั่วโลก

รูปที่ 2.3 หลุยส์ เบรลล์ นักเรียนชาวฝรั่งเศส

2.5.1 ส่วนประกอบอักษรเบรลล์

จุดทั้ง 6 ใช้สร้างอักษรเบรลล์ตัวอักษรเบรลล์จะมีจุดทั้งหมด 6 จุด เรียงกันเป็น 2 แถวในแนวตั้ง นับจากด้านซ้าย จากบนลงล่าง เป็น 1-3 และด้านขวา จากบนลงล่าง เป็น 4-6 โดยใช้การมีจุดและไม่มีจุดเป็นรหัส กล่าวคือวงกลมทึบ ●หมายถึงจุดนูน และวงกลมโปร่ง ○หมายถึงจุดที่ไม่ใช้ วิธีนี้สามารถทำได้ถึง 63 ตัวอักษร (มาจาก (2^6) -1) การกำหนดรหัสตัวอักษร 10 ตัวแรก A-J จะใช้จุด 1 2 4 และ 5 สลับกันไป 10 ตัวต่อมา K-T จะเติมจุดที่ 3 ลงไปในอักษร 10 ตัวแรก และ 5 ตัวสุดท้าย (ไม่นับ W เพราะ ณ เวลานั้นภาษาฝรั่งเศสไม่ใช้ W) เติมจุดที่ 3 และ 6 ลงไปในอักษร 5 ตัวแรกจุดนูนความนูนสูงของตัวอักษรเบรลล์มาตรฐานทั่วไปคือ 30 ไมครอน ในแนวนอนแล้วแนวตั้งระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางภายในเซลล์ประมาณ 0.1 นิ้ว (2.5 มิลลิเมตร) พื้นที่ระหว่างจุดในเซลล์ที่ติดกันคือประมาณ 0.15 นิ้ว (3.75 มิลลิเมตร)และแนวนอน 0.2 นิ้ว (5.0 มิลลิเมตร) มาตรฐานกระดาษเบรลล์อยู่ที่ 11 นิ้วและ11.5 นิ้ว และโดยปกติจะมีได้สูงสุด 40-43 เบรลล์ต่อบรรทัด ในหนึ่งหน้ากระดาษมีได้ประมา 25 บรรทัด [8]



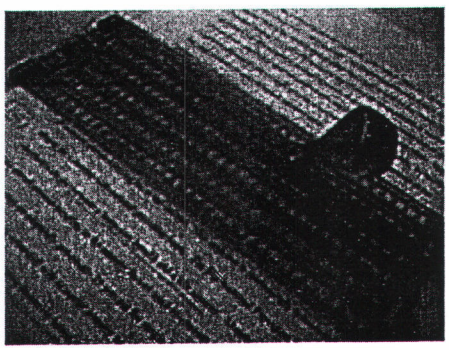
รูปที่ 2.4 ตำแหน่งตัวอักษรเบรลล์

อักษรเบรลล์ เป็นสื่อในการเรียนการสอนสำหรับผู้ที่มีความพิการทางสายตา มีลักษณะเป็นจุดนูนๆ ในแต่ละช่อง (cell) ทั้งหมดมี 6 จุด โดยที่ทั้ง 6 จุดจะแบ่งเป็นรหัสต่างๆ เช่น

ตัว ก ไก่ รหัสคือ 1 2 4 5
ตัว ข ไข่ มีรหัส คือ 1 3
ตัว ค ควาย มีรหัสเป็น 1 3 6 เป็นต้น

2.5.2 วิธีเขียนอักษรเบรลล์นั้น มีวิธีเขียนคือ

จะมีอุปกรณ์ในการเขียน 2 อย่าง คือ แผ่นรองในการจิ้มอักษรเบรลล์ลงไปในกระดาษ มีลักษณะเป็นตาราง โดยเซลล์แต่ละเซลล์จะมีทั้งหมด 6 จุด แผ่นรองที่เป็นตารางนั้นเรียกว่า สเลท (Slate) ส่วนที่มีลักษณะเป็นหัวกลมๆ หรือสามเหลี่ยม จะเรียกว่า ดินสอ (Stylus)



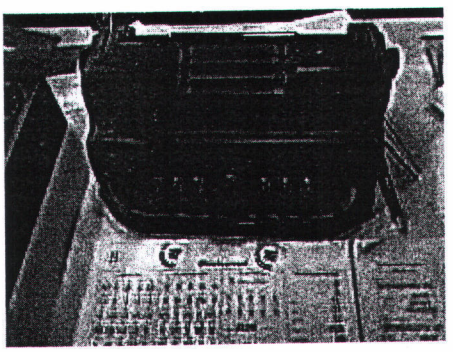
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 2.5 สเลทและดินสอ

สเลทมีหลายแบบ มีทั้งเหล็ก พลาสติกสี่แถว และพลาสติกหลายแถวเรียงมาเป็นชั้นๆ มีทั้งหมด 400 กว่าช่อง

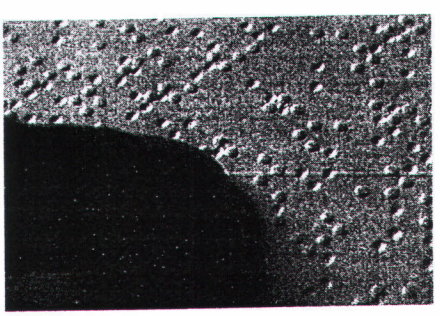
ผู้ที่มีสายตาปกติก็สามารถเรียนรู้อักษรเบรลล์ได้ เพียงแต่ต้องพยายามจำรหัสต่างๆ ของตัวอักษรแต่ละตัวให้ได้เท่านั้นเอง มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเขียนอักษรเบรลล์อีกอย่างหนึ่ง คือ เบรลล์เลอร์ ซึ่งเป็นเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ มีลักษณะเป็นปุ่มเรียงกัน 4 ปุ่ม ปุ่มที่ใช้ 1 2 3 จะอยู่ด้านซ้าย ส่วนปุ่มตรงกลางจะเป็นปุ่มเว้นวรรค ปุ่มที่มีตัวเลข 4 5 6 จะอยู่ด้านขวาถัดจากปุ่มตรงกลาง ส่วนปุ่มลงบรรทัดใหม่จะอยู่ซ้ายมือเหนือปุ่มทั้งหมด มีลักษณะกลม การพิมพ์นั้นมีวิธีพิมพ์ดังนี้

สมมุติว่าเราจะกดตัว อ ซึ่งมีรหัส 1 3 5 ก็เอานิ้วจับที่ปุ่ม 1 ปุ่ม 3และปุ่ม 5 แล้วจึงกดลงไปพร้อมๆ กัน เมื่อจะลงบรรทัดใหม่ให้กดปุ่มเหนือปุ่มทั้ง 7 ที่อยู่ด้านซ้ายมือ 2 ครั้ง แล้วจึงเลื่อนสปริงที่อยู่ตรงกลางเครื่องเบรลล์เลอร์ไปทางซ้ายจนสุด แล้วจึงพิมพ์ใหม่ เมื่อเราอยากจะรู้ว่าหมดบรรทัดหรือ ยังให้พิมพ์ไปเรื่อย ๆ จนได้ยินเสียงดัง กิ๊ง แล้วจึงกดปุ่มลงบรรทัดใหม่ทันที แล้วอย่าลืมเลื่อนสปริงด้วย



รูปที่ 2.6 เบรลล์เลอร์

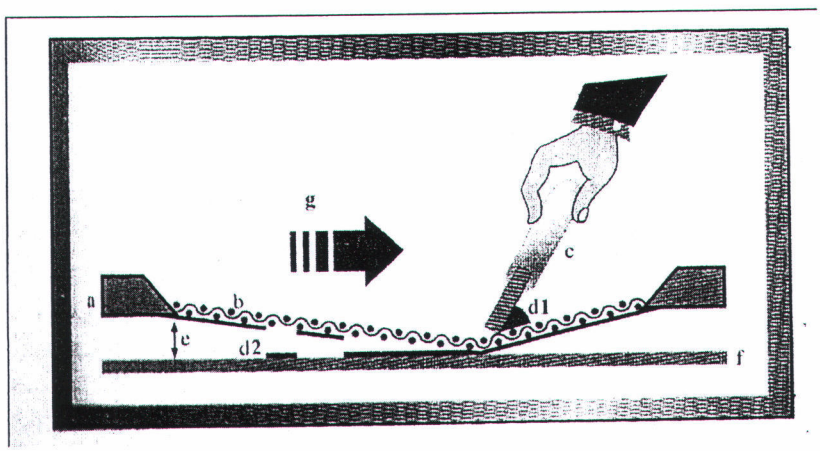
การอ่านอักษรเบรลล์ ที่ได้พิมพ์มาแล้ว คนตาบอดจะใช้นิ้วชี้ของทั้ง 2 มือ ลูบผ่านๆ ไปบนจุดนูนเหล่านั้น และจะต้องแยกให้ได้ว่า จุดนูนเหล่านั้นแต่ละจุด เป็นรหัสใดใน เซลล์ขนาดเล็กนั้น เช่น เป็นจุดลำดับที่ 1 2 3 4 5 หรือ 6 แล้วจึงแปรในสมองว่า หลายจุดเหล่านั้น รวมกันแล้ว เป็นอักษรตัวใด



รูปที่ 2.7 การอ่านอักษรเบรลล์

2.6 ลักษณะทั่วไปของการพิมพ์สกรีน [10]

การพิมพ์เป็นระบบการพิมพ์ที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว คือ เป็นแม่พิมพ์โดยการกดปาดหมึกพิมพ์ที่มีความหนืดที่พอเหมาะด้วยยางปาดผ้านรูเปิดของผ้าสกรีน (screen fabric) บนแม่พิมพ์สกรีน เพื่อให้หมึกไหลลงบนวัสดุรองรับ แล้วเกิดเป็นลวดลายต่างๆ ตามแม่แบบ (Artwork) ที่อยู่บนแม่พิมพ์สกรีน ทั้งนี้ การพิมพ์สกรีนจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ พร้อมทั้งกรรมวิธีและเทคนิคการพิมพ์ เพื่อให้สามารถพิมพ์ลงวัสดุที่ต้องการโดยต้องพิจารณาถึงรูปร่าง ขนาด พื้นผิว ฯลฯ ที่นำมาใช้พิมพ์ ในขณะเดียวกัน อุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์สกรีนเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ผู้พิมพ์ต้องคัดเลือกและนำมาใช้ให้ได้ตรงตามความต้องการของชิ้นงาน ที่พิมพ์ กรอบสกรีน ผ้าสกรีน ยางปาด เครื่องพิมพ์สกรีน เป็นต้น



รูปที่ 2.8 หลักการพิมพ์สกรีน

a) กรอบสกรีน (ซึ่งมีผ้าสกรีนขึงอยู่)
b) แม่พิมพ์สกรีน(ทำมาจากผ้าสกรีน โดยใช้กาวอัดหรือฟิล์มเพื่อทำให้เกิดลวดลาย)
c) ยางปาด
d) หมึกพิมพ์สกรีน - d1 หมึกพิมพ์ที่อยู่ในแม่พิมพ์สกรีน
   - d2 ลวดลายซึ่งเกิดจากหมึกพิมพ์ที่เกิดขึ้นจากแม่พิมพ์สกรีน
e) ระยะห่างระหว่างผ้าสกรีนบนแม่พิมพ์สกรีนกับชิ้นงานที่พิมพ์ (off-contact)
f) ชิ้นงาน หรือวัสดุใช้พิมพ์
g) ทิศทางที่กดลากยางปาด

เนื่องจากการพิมพ์สกรีนสามารถพิมพ์ลงบนวัสดุหลายประเภท เช่นไม้ ผ้า กระดาษ โลหะ พลาสติก และวัสดุ สังเคราะห์อื่นๆ เป็นจำนวนมาก และมีรูปร่างที่แตกต่าง เช่น แผ่นราบ ทรงกลม ทรงกระบอก รวมทั้งสามารถพิมพ์ให้เกิดลวดลายพิเศษ เช่น นูนขึ้นจากพื้นวัสดุ เทคนิคที่ใช้เพื่อให้การพิมพ์ลงบนวัสดุเหล่านี้อย่างเหมาะสมนี้ได้อย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาเครื่องมือเครื่องใช้ วัสดุอุปกณ์ หมึกพิมพ์ชนิดต่างๆที่นำมาใช้พิมพ์บนวัสดุประเภท และวิธีการทำแม่พิมพ์สกรีน มิฉะนั้น การพิมพ์ที่ปราศจากการเข้าใจที่ถูกต้องจะทำให้ผลงานพิมพ์ที่ได้ไม่ตรงกับความต้องการ

2.6.1 กาวเลือกกาวอัดและประเภทสารไวแสงให้เหมาะกับงาน

1. ประเภทของสารไวแสง (type) สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ มีการใช้งานในการทำแม่พิมพ์สกรีนน้อยเพียงใด รวมทั้งอุปกรณ์ในการถ่ายไฟ

2. สี (colour) สีไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงคุณสมบัติพิเศษใด ๆ เพียงแต่เป็นสารแต่งเติมเพื่อให้สามารถแยกชนิดให้รู้ว่าเป็นกาวอัดประเภทใดของผู้ผลิต

3. ความหนืด (viscosity) มีความสำคัญในขั้นตอนการปาดกาวอัด กาวอัดมีความหนืดสูงผู้ปาดจะต้องใช้แรงในการปาดมากกว่ากาวอัดที่มีความหนืดต่ำกว่า

4. เนื้อกาวอัด (solid content) หมายถึงปริมาณของเรซินและสารอื่นๆที่เป็นของแข็งโดยสามารถคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ต่อกาวอัดทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ที่ไม่ได้ระบุไว้จะเป็นของเหลว เช่น เนื้อกาวอัด 48 % ส่วนที่เป็นของเหลว 52%

5. ความสามารถในการเก็บรายละเอียด (resolution) หมายถึง เม็ดสกรีนและลายเส้นที่ปรากฏบนฟิล์มแม่แบบ (diapositive film) ที่เล็กที่สุดที่กาวอัดแต่ละชนิดสามารถเคลือบบนแม่พิมพ์และสามารถนำไปพิมพ์ให้เกิดภาพได้

6. ความคมชัด (definition) หมายถึง ความสามารถในการทำแม่พิมพ์สกรีนที่มีเม็ดสกรีนหรือลายเส้นให้มีขนาดเท่ากับแม่แบบ เมื่อนำแม่พิมพ์สกรีนนั้นไปพิมพ์ ลวดลายที่พิมพ์ได้ก็จะมีขนาดเท่ากับแม่แบบเช่นกัน

7. ความทนต่อหมึกฐานน้ำมัน (solvent resistance) หมายถึง ความทนทานต่อหมึกพิมพ์ที่มีส่วนประกอบของน้ำมัน

8. ความทนต่อหมึกฐานน้ำ (water resistance) หมายถึง ความทนทานต่อหมึกพิมพ์ที่มีส่วนประกอบของน้ำ

9. ความทนทานต่อแรงกระแทกและแรงเสียดสี(mechanical resistance)หมายถึง ความทนทานต่อการกระแทกจากเครื่องพิมพ์ และทนการเสียดสีจากยางปาดในการพิมพ์

10.การถ่ายไฟเพิ่มเติม (post-exposure) หมายถึง การถ่ายไฟซ้ำหลังจากถ่ายไฟและล้างลายได้ตามแม่แบบแล้วอบแห้ง และนำมาถ่ายไฟซ้ำ เพื่อให้กาวอัดแข็งตัวมากขึ้น ทนต่อการพิมพ์จำนวนมาก

และล้างออกได้ง่าย

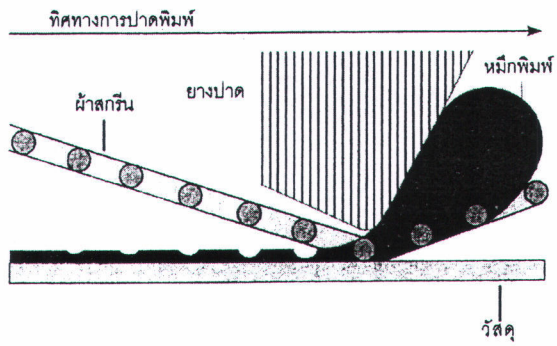
11. การล้าง (removal) หมายถึง การล้างลายที่เกิดจากกาวอัดออกจากผ้าสกรีน

12. การใช้ฮาร์เดนเนอร์ (chemical hardening) หมายถึง ความทนทานต่อหมึกพิมพ์มากกว่าปกติ เมื่อทาฮาร์เดนเนอร์แล้วกาวอัดจะแข็งตัวไม่สามารถล้างออกด้วยน้ำยาล้างกาวอัด หรือคลอรีนได้อีก

13. หมึกพิมพ์ที่ควรใช้ (ink recommended) หมายถึง กาวอัดประเภทนั้นๆ เหมาะสำหรับใช้กับหมึกพิมพ์ประเภท เช่น พลาสติซอล หมึกพิมพ์ หรือหมึกฐานน้ำมัน

2.6.2 ยางปาด (squeegee)

ยางปาดหรือที่รู้จักกันในชื่อของแปรงปาดหมึกหรือลูกกลิ้ง สำหรับงานด้านการพิมพ์สกรีจน หมายถึง อุปกรณ์พื้นผิวเรียบที่จะพาหมึกพิมพ์ในแม่พิมพ์สกรีนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง โดยที่หมึกจะได้รับแรงกดจากยางปาดให้ผ่านผ้าสกรีนลงไปบนวัสดุที่พิมพ์ยางปาดเป็นอุปกรณ์ที่มีผลต่อปริมาณหมึกที่จะไหลผ่านผ้าสกรีน รวมทั้งความหนาและความเรียบของบนชิ้นงาน ซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ผลิตยางปาด รูปทรง แรงกด ความแข็ง ขนาด โครงสร้าง ความคม และความเรียบของยางปาด มุมสัมผัสกับผ้าสกรีน (effective squeegee angle) ทั้งนี้ ลักษณะดังกล่าวข้างต้น จะมีผลต่อการกำหนดความงอ หรือโค้ง และแรงที่ถูกบีบของยางปาดที่จะมีผลต่องานพิมพ์



รูปที่ 2.9 หน้าที่ของยางปาดในระบบการพิมพ์สกรีน

2.6.2.1 วัสดุที่ใช้ผลิตยางปาด

โดยทั่วไปยางปาดจะต้องมีคุณสมบัติในการอ่อนตัว ยืดหยุ่น และสมารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ ในขณะเดียวกันจะต้องทนต่อสภาพการใช้งานต่างๆ เช่นแรงเสียดสี ความร้อน และสารเคมี ฯลฯ คุณสมบัติที่สำคัญมากคือ ความทนทานต่อสารโซลเวนท์ (solvent) เนื่องจากหมึกฐานน้ำมันแต่ละชนิดจะใช้น้ำมัน แต่ละชนิดจะใช้น้ำมันที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปยางปาดจึงจำเป็นต้องสามารถทนต่อน้ำมันผสมชนิดต่างๆ ได้ โดยยางปาดที่ใช้งานกับหมึกฐานน้ำมันมันนิยมทำมาจาก

ยางพอลียูเรเธน (polyurethane elastomer) ซึ่งหากผลิตจากวัสดุอื่นๆ เมื่อยางปาดถูกสารโซเวนท์จะบวมจนมีลักษณะเป็นคลื่นหรือเป็นลอน สำหรับหมึกฐานน้ำ (water based) เช่น หมึกพิมพ์ผ้า สามารถนำยางธรรมชาติ หรือยางสังเคราะห์ชนิดใดชนิดหนึ่งมาหล่อเป็นเส้นแล้วใช้เป็นยางปาดก็ได้

2.6.2.2 รูปทรงของยางปาด (squeegee profile)

รูปทรงของยางปาดสามารถสังเกตได้จากรูปตัดขวางของยางปาด (cross section shape) โดยจะปรากฏความแตกต่างที่ขอบยางปาดที่ใช้สำหรับพิมพ์ ลักาณะของขอบยางปาดจะขึ้นอยู่กับความโค้งของยางปาด โดยหลักการในขณะปาดหมึก ขอบของยางปาดควรสัมผัสกับเส้นด้ายที่อยู่ในแนวเดียวกันของผ้าสกรีนอย่างน้อย 2-3 เส้น ในแต่ละจุดที่ลากยางปาดหมึกจะทะลุผ่านผ้าสกรีนโดยมีชั้นหมึกที่เรียบ งานพิมพ์จะออกมาคมสวยงาม รูปทรงยางปาดที่โค้งนูนจะทำให้พื้นที่ของยางปาดที่สัมผัสกับแม่พิมพ์สกรีนมากกว่ายางปาดที่เป็นแนวตรง จะสามารถปาดหมึกทะลุแม่พิมพ์สกรีนไปยังวัสดุที่พิมพ์มากขึ้น ลักษณะรูปทรงยางปาด ที่เหมาะสมกับงานมีดังนี้

1. ยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยม (squeegee-edge) ยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยมเป็นยางปาดที่ใช้งานง่ายและนิยมใช้กันมากที่สุด เหมาะสำหรับงานพิมพ์ทั่วไปหรืองานพิมพ์บนวัสดุผิวเรียบที่ต้องการให้หมึกน้อยลง

2. ยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยมขอบมน (squeegee-edgewith round corners) ยางปาดรูปทรงสี่เหลี่ยมขอบมน เหมาะสมงานพิมพ์วัสดุผิวเรียบ แต่จะดันให้หมึกลงบนวัสดุได้มากกว่าแบบสี่เหลี่ยม

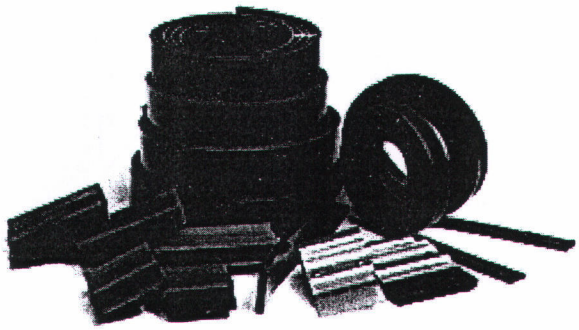
3. ยางปาดรูปเฉียงหนึ่งข้าง (single-sided bevel edge) ยางปาดรูปทรงเฉียงหนึ่งข้าง เหมาะสมงานพิมพ์บนวัสดุมีพื้นผิวแข็ง เช่น งานพิมพ์กระจก

4. ยางปาดรูปตัววี หรือเฉียง 2 ข้าง (double-sided bevel edge) ยางปาดรูปตัววี หรือเฉียง2 ข้าง เหมาะสมสำหรับงานพิมพ์บนวัสดุที่มีรูปทรงโค้งเว้า เช่น ทรงกระบอก ขวดแก้ว

5. ยางปาดรูปตัวยู (round edge) ยางปาดรูปตัวยู เหมาะสมสำหรับงานพิมพ์ที่ต้องการให้หมึกลงมาก เช่น งานพิมพ์ผ้า

6. ยางปาดรูปเฉียง 2 ข้างปลายมน (double -sided bevel edge with round tip) ยางปาดรูปเฉียง 2 ข้างปลายมน เหมาะสมงานพิมพ์เซรามิค หรืองานพิมพ์ผ้าที่ต้องการหมึกออกมาก

7. ยางปาดรูปข้าวหลามตัด (diamond-shape) ยางปาดรูปข้าวหลามตัด เหมาะสมงานพิมพ์วงจร ยางปาดจะแอ่นตัวเล็กน้อยเมื่อมีแรงกด



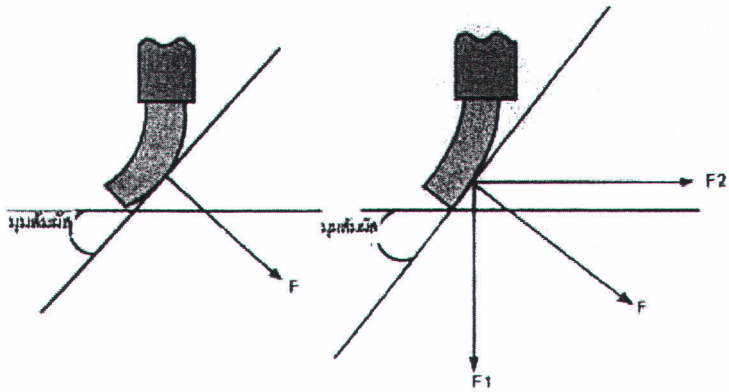
รูปที่ 2.10 ยางปาด

2.6.2.3 องศาของยางปาด

ก่อนการพิมพ์งานควรจะมีการกำหนดองศาของยางปาด ซึ่งเป็นมุมองศาของยางปาดที่ตั้งไว้ที่เครื่องพิมพ์หรือที่ด้ามจับยางปาดในทิศทางการพิมพ์ แต่ในขณะพิมพ์แรงกดอาจทำให้ยางปาดแอ่นและมุมสัมผัสของยางปาดและผ้าสกรีนน้อยลง

ถ้ามุมองศายิ่งสูง ยางปาดจะงอไม่ได้และทำให้มีแรงเสียดสีระหว่างยางปาดและผ้าสกรีนมากขึ้น ซึ่งทำให้หมึกลงน้อย การกดและลากปาดบนผ้าสกรีนจะทำให้ผ้าสกรีนยืด และงานที่พิมพ์ออกมาไม่เที่ยงตรง ถ้ามุมองศาน้อยลงยางปาดจะงอตัวได้ และปาดหมึกลงได้มากขึ้น แต่ถ้าลงต่ำเกินไปหมึกจะออกมามากเกินเช่นกัน

F1 เป็นแรงที่ดันให้หมึกพิมพ์ไหลผ่านผ้าสกรีนลงไปยังวัสดุที่จะพิมพ์ แรงนี้จะเป็นตัวกำหนดให้หมึกพิมพ์ไหลออกมาหรือน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมสัมผัสของยางปาดและผ้าสกรีนด้วย คือ ถ้ามุมสัมผัสน้อยจะมีผลให้เกิดแรง F1 มาก ทำให้หมึกไหลลงมากขึ้น ในทางตรงข้าม ถ้ามุมสัมผัสมาก F1 ก็จะน้อยลง หมึกไหลน้อยเช่นกัน F2 เป็นแรงกดที่ดันให้หมึกพิมพ์ไหลไปข้างหน้ายางปาดจนถึงขอบของแม่พิมพ์



รูปที่ 2.11 มุมสัมผัส

2.6.3 หมึกพิมพ์สกรีน (screen printing ink)

หมึกพิมพ์สกรีนจำแนกได้ 4 ประเภทใหญ่ คือ หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน (solvent - basedscreenink) หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ (water-basedscreen ink) ,หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล (plastisol screen ink) และหมึกพิมพ์สกรีนยูวี (uv screen ink) โดยหมึกพิมพ์สกรีน 3 ประเภทแรก ซึ่งจะมีองค์ประกอบหลัก 4 อย่างคือ สารให้สี ตัวทำละลาย เรซิน และสารเติมแต่ง สำหรับหมึกพิมพ์ยูวีประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 5 อย่าง คือ สารให้สี มอนอเมอร์พรีพอลิเมอร์ สารเติมแต่งและสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสง (photoinitiator)

2.6.3.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน(solvent-basedscreen ink)

มีองค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมันดังนี้

สารให้สี หมายถึง สาที่เกิดทำให้เกิดสีของหมึกพิมพ์ทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภท

1. ผงสี (pigment) และสีย้อม (dye-stuff) สารสีทั้งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตหมึกพิมพ์ เนื่องจากหมึกพิมพ์ต่างนั้นมีสีสันที่แตกต่างกัน การมองเห็นและการรับรู้สีของผงสีและสีย้อมในหมึกพิมพ์อาศัยคุณสมบัติในการดูดกลืนและสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน เมื่อแสงส่องมากระทบกับโมเลกุลของผงสีและสีย้อมแล้ว คลื่นแสงบางส่วนจะถูกกลืนไว้ และช่วงคลื่นแสงเฉพาะสีนั้นๆ จะสะท้อนเข้ามายังตาของคนเรา ทำให้มองเห็นหมึกพิมพ์เป็นสีต่างๆ

1.1 ผงสี ที่ใช้ในหมึกพิมพ์มี 2 ประเภท คือประเภทที่เป็นผงสีอินทรีย์ (organic pigment) ที่ได้มาจากธรรมชาติ เช่นแร่ธาตุหรือพืชต่างๆและผงสีอนินทรีย์ (inorganicpigment) ถูกจากการสังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม สำหรับหมึกพิมพ์ฐานน้ำมันทั่วไปควรเป็นผงสีที่มีความทึบแสงพอควร เพื่อที่จะสามารถกลบสีของพื้นวัสดุที่ได้สนิท ในขณะที่หมึกพิมพ์สอดสี ควรใช้ผงสีที่มีความโปร่งแสง เพื่อให้เกิดสีที่ 3 ขึ้น เมื่อพิมพ์ซ้อนทับกัน

หมึกพิมพ์เซรามิค ผงสีจะเป็นส่วนสำคัญทั้งในการเกาะติดให้สีสัน และความทนทานต่างๆ ของหมึกพิมพ์

1.2 สีย้อม โดยทั่วไปสามารถละลายเข้ากับส่วนประกอบที่นำมาทำเป็นหมึกพิมพ์ได้ต่างจากผงสีที่ไม่ละลายเมื่อนำไปผสมเป็นหมึกพิมพ์ สีย้อมจึงมีข้อจำกัดน้อยกว่าในด้านการเลือกใช้ให้เหมาะสมกับระบบการพิมพ์ คุณสมบัติที่ดีคือสามารถละลายในตัวทำละลายต่างๆ ได้ ทำให้ง่ายต่อการเลือกใช้และการผลิต เช่น หมึกพิมพ์เฟล็กโซกราฟี และหมึกกราวัวร์

2. ตัวทำละลาย (solvent) หมายถึง สารที่มีความสารถในการละลายหลายประเภท โดยทั่วไปตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ได้มาจากการกลั่นน้ำมันดิบ ซึ่งมีหลายประเภทขึ้นกับว่าได้มาจากการกลั่นที่ขั้นตอนใดและอุณหภูมิเท่าใด เรียกว่า การกลั่นลำดับส่วน ทำให้คุณสมบัติของตัวทำละลายแตกต่างกันไป คุณสมบัติที่สำคัญ คือ ความสามารถในการทำละลายและอัตราการระเหย ตัวทำลายในหมึกพิมพ์ทำหน้าที่ในการละลายเรซินที่เป็บของแข็งให้เป็นของเหลว เพื่อให้ผสมกันเข้ากับผงสีได้ง่าย เมื่อพิมพ์หมึกหมึกพิมพ์ลงวัสดุใช้พิมพ์ประเภทต่างๆ ตัวทำละลายจะรเหยออกไปจากวัสดุใช้พิมพ์อย่างรวดเร็ว คงเหลือไว้แต่เรซินและผงสีที่เกาะติดบนลงวัสดุใช้พิมพ์

3. เรซิน หมายถึง สารที่อยู่ในรูปของของแข็งที่เป็นผลึกหรือของเหลวที่มีน้ำโมเลกุลสูง เรซินจะมีจุดหลอมเหลวที่ไม่แน่นอน ก่อนนำไปใช้ต้องนำไปละลายในตัวทำละลายก่อน หากใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมจะละลายเป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่า ตัวพาหมึก (ink vehicle) เรซินในหมึกพิมพ์ทำหน้าที่กำหนดคุณสมบัติต่างๆ ของหมึกไม่ว่าเป็น ความแข็ง ความมันเงา ความเกาะติด และความยืดหยุ่น

ในการจำแนกประเภทของเรซิน สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทดังนี้

3.1 เรซินธรรมชาติ (natural resin) มีการนำมาใช้อยู่บ้าง ส่วนใหญ่มาจากยางของต้นไม้และบางส่วนมาจากสัตว์ เช่น โรซิน (rosin) แป้งสะสมในพืช (starch) เป็นต้น ไม่ค่อยนิยมมาใช้ในหมึกพิพม์สกรีน เพราะคุณสมบัติไม่คงที่ ถ้านำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีให้เหมาะสมเสียก่อน

3.2 เรซินสังเคราะห์ (synthetic resin) เป็นเรซินที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ (polymerizetion) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้โมเลกุลเล็กหลายโมเลกุลมารวมตัวกันเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเรซินสังเคราะห์ ขึ้นอยู่กับโครงกสร้างและส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตเรซินนั้นๆ ส่วนใหญ่เป็นโครงสร้างที่แน่นอนทำให้ผลิตหรือทำซ้ำขึ้นใหม่ได้หลายครั้ง ยังคงคุณสมบัติเหมือนเดิมต่างจากเรซินธรรมชาติที่ไม่คงที่ เรซินสังเคราะห์ที่ใช้ในหมึกสกรีนได้แก่ อีพอกซี (epoxy) ไวนิล (vinyl) อัลคิด (alkyd)และอะคริลิก (acrylic) เป็นต้น

4. สารเติมแต่ง (additves) คือ สารที่เติมลงไปในหมึกพิมพ์เพื่อทำให้หมึกพิมพ์มีคุณสมบัติต่างๆ เช่น เพิ่มคุณสมบัติการเกาะติด,เพิ่มคุณสมบัติการยืดหยุ่น,เพิ่มคุณสมบัติทนต่อสารเคมี, เพิ่มคุณสมบัติต่อการขีดข่วนและการเสียดสี เป็นต้น

รูปที่ 2.12 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำมัน

2.6.3.2 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำเป็นหมึกพิมพ์ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบในการทำละลายให้หมึกอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลว หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำจะเหมาะสมสำหรับการพิมพ์บนวัสดุบางประเภทเท่านั้น เช่น กระดาษ ผ้า และพลาสติกประเภทพอไวนิวคลอไรด์ หรือพีวีซี

หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำยังสามารถบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามประเภทของสารสีได้แก่

1. หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นผงสี
2. หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นสีย้อม

ตารางที่ 2.2 ส่วนประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสีและสีย้อม

ส่วนประกอบ	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ประเภทผงสี	หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำ ประเภทสีย้อม
สารให้สี	ผงสี	สีย้อม
ตัวทำละลาย	น้ำ	น้ำ
สารยึดผงสี (binder) สารปรับความหนืด (thickener)	น้ำมันก๊าด มอนอเมอร์ไวนิลอะซิเตด บิวทิลอะคริเลต	โซเดียมแอลจิเนต
สารเติมแต่ง	สารทำให้นุ่ม วารต้านการเกิดฟอง	สารทำให้เปียก ตัวออกซิไดซ์ ตัวรีดิวซ์ สารเพิ่มความชื้น กรดและด่าง สารเพิ่มการละลาย สารกันบูด
สารผนึกสี	เมลามีนฟอร์มาดีไซด์	ไทโอยูเรียฟีนอล

1.1 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทผงสี คือ หมึกที่มีสารให้สีเป็นผงสีมีองค์ประกอบพื้นฐาน 4 อย่างคือ ผงสี เรซิน สารเติมแต่งและน้ำซึ่งน้ำเป็นตัวทำละลายหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำยังแบ่งได้หลายประเภทดังนี้

- หมึกพิมพ์ผ้าสีจมหรือหมึกพิมพ์ผ้าธรรมดา หมึกพิมพ์เหมาะสมสำหรับผ้าฝ้าย หมึกพิมพ์ผ้าสีจมจะประกอบด้วยเม็ดผงสีค่อนข้างหยาบ จึงควรเลือกใช้กับผ้าสกรีนที่มีความหยามประมาณ 135 เส้นต่อนิ้ว หรือขนาด 54 เส้นต่อเซนติเมตร ซึ่งผ้าสกรีนดังกล่าวเป็นที่นิยมใช้กันมาก
- หมึกพิมพ์ผ้าสีลอย คือ หมึกพิมพ์ผ้าสีจมที่ปรับปรุงให้มีเนื้อผงเข้มข้นมากขึ้น ทั้งมีเรซินที่ช่วยทำให้แม่สีลอยตัวเกาะติดแน่นบนผ้า เมื่อนำไปพิมพ์บนผ้าที่มีพื้นสีเข้ม สีของหมึกพิมพ์ก็จะลอยเด่นชัดอยู่บนเนื้อผ้า ทำให้ลวดลายที่พิมพ์ยังคงความสวยงามไว้ได้
- หมึกผ้าสีนูนหรือหมึกพิมพ์ผ้าสีฟูซึ่งมีสารทำฟอง (foaming agent) ในวงการสกรีนเรียกว่า เชื้อฟู ผสมอยู่ คุณสมบัติมีความใกล้เคียงกับหมึกพิมพ์ผ้าสีลอย หลังจากพิมพ์เสร็จแล้วต้องนำไปผึ่งแดดแห้งและเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ100-120องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3นาที หมึกพิมพ์จะลอยนูนขึ้นข้อจำกัดของหมึกสีนูนคือ หมึกไม่สามารถรักษาความเข้มของสีได้ดีเท่ากับหมึกพิมพ์สีลอย

1.2 หมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำประเภทสีย้อม คือ หมึกพิมพ์ที่มีสารให้สีเป็นสีย้อม ซึ่งมีตัวทำละลายและตัวพาหมึกคือน้ำ ซึ่งสามารถละลายสีย้อมได้ การพิมพ์ผ้าใช้หมึกพิมพ์สกรีนประเภทสีย้อมนั้น เป็นการพิมพ์ที่มีการลงทุนค่อนข้างสูงต่างจากการพิมพ์ผ้า โดยใช้หมึกพิมพ์สกรีนประเภทอื่นๆ และส่วนใหญ่จะทำเป็นอุตสาหกรรม โดยต้องมีการตรวจสอบขั้นตอนการดำเนินงานอย่างรอบคอบทุกขั้นตอน ตั้งแต่การจัดหาสถานที่ที่พิมพ์จนถึงขั้นตอนการพิมพ์ผ้าให้มีประสิทธิภาพเพียงพอ เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาภายหลัง ต้องศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ในหมึกพิมพ์อย่างละเอียดเพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของหมึกพิมพ์องค์ประกอบต่างๆ ของหมึกพิมพ์ประเภทนี้ดังนี้คือ

1.2.1 สีย้อม เป็นสีที่มีความเข้มของสีมาก เมื่อใช้พิมพ์บนผ้าขาวจะให้สีที่มีความสดใสดีมากสีย้อมที่นำมาใช้อาจจะอยู่ในสภาพต่างๆ ได้แก่ ผง เกล็ด หรือของเหลว เมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นผงและเกล็ดนั้นก่อนนำไปใช้งานต้องน้ำไปละลายน้ำก่อนที่อุณหภูมิปกติหรือใช้สารเคมีที่มีความสามารถในการทำละลาย ซึ่งช่วยลดความยุ่งยากในการทำงาน สีย้อมที่นำมาใช้งานด้านการพิมพ์ผ้ามีมาก แต่นิยมใช้งานมีดังนี้

- สีย้อมรีแอคทีฟ นิยมนำมาใช้ในการพิมพ์บนเส้นใยเซลลูโลสในกลุ่มผ้าฝ้าย ลินิน เรยอน รวมทั้งผ้าไหม สาวนใหญ่ผ้าผ้ายนิยมใช้สีย้อมรีแอคทีฟในการพิมพ์มากว่าสีอื่นๆ เนื่องจากสีละลายได้ง่าย โมเลกุลขนาดเล็ก

- สีย้อมดิสเพิร์ส เหมาะสมสำหรับใช้กับเส้นใยสังเคราะห์ เช่น ผ้าอะคริลิค ผ้าไนลอน สีย้อมดิสเพิร์ส ส่วนใหญ่จะใช้กับผ้าพอลีเอสเตอร์ ลักษณะการยึดติดของสีจะอาศัยวิธีการระเหิด (sublimation) ซึ่งสีย้อมจะเปลี่ยนจากสถานะของแข็งกลายเป็นก๊าซ โดยอาศัยความร้อนทำให้สีย้อมกลายเป็นก๊าซแทรกซึมเข้าไปและยึดติดในเส้นใยผ้า

- สีย้อมแวต เหมาะสมสำหรับผ้าที่เป็นเส้นใยเซลลูโรส เช่น ผ้าฝ้าย ลินิน วิสโคสเรยอน มีคุณสมบัติในด้านความคงทนต่อการซักที่ดีมาก

- สีย้อมเบซิก เหมาะสมสำหรับพิมพ์ผ้า อะคริลิค ซึ่งมีคุณสมบัติเด่นในด้านความคงทนต่อการซักและความสดใสของสี เนื่องจากจากยึดติดกับผ้าจะมีความคงทนสูง

- สีย้อมแอซิต เหมาะสมกลุ่มผ้าของเส้นใยธรรมชาติประเภทเส้นใยโปรตีน เช่น ผ้าขนสัตว์ ผ้าไหม มีคุณสมบัติด้านความคงทนต่อการซักและความทนแดดที่ดี

1.2.2 สารเพิ่มความหนืด (stock thickening หรือ thickener) มี 2 ประเภท

- สารเพิ่มความหนืดได้จากธรรมชาติ ได้แก่ กัมอาระบิก, กัมทราแคนท์, กัมจากถั่วโลคัส

- สารเพิ่มความหนืดได้จากสังเคราะห์และกึ่งสังเคราะห์ ได้แก่ คาร์บอกซีลเมธิลเซลลูโลส, แป้งคาร์บอกซีลเมธิล, กัมบริทิช, พอลิไวนิลแอลกฮอล์, พอนิไวนิลอะซิเตด เป็นต้น

1.3 สารเติมแต่ง เพื่อมาปรับแต่งหมึกพิมพ์ให้มีคุณสมบัติดีขึ้นในระหว่างการพิมพ์ แต่ละประเภทมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันได้แก่

- สารเติมแต่งช่วยให้สีละลายดีขึ้น เช่น เอธิลีนไกลคอล, ไดเอธิลีนไกลคอล, กรดอะซิติก
- สารเติมแต่งที่ลดกระด้างของน้ำ เช่น โซเดียมเอธิลีนไดอามีน
- สารกันฟอง เช่น น้ำมันซิลิโคน

หมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอลเป็นหมึกพิมพ์ที่ใช้สารพลาสติไซเซอร์ (plasticizer) เป็นตัวทำละลายเรซินให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนที่จะนำไปผสมกับผงสี และไม่มีส่วนประกอบที่เป็นตัวทำละลายที่ใช้ในหมึกพิมพ์ทั่วไป ทำให้หมึกพิมพ์มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางน้ำและอากาศน้อยมาก หมึกพิมพ์พลาสติซอลทำจากพวกไวนิลผสมกับพลาสติไซเซอร์ เหมาะสำหรับงานพิมพ์ผ้าฝ้ายหรือผ้าฝ้ายผสมพอลีเอสเตอร์

คุณสมบัติทั่วไปของหมึกพิมพ์สกรีนพลาสติซอล

1. หมึกพิมพ์พลาสติซอลผลิตจากเรซินประเภทไวนิลเรซิน (vinyl resin) และนำมาละลายด้วยสารพลาสติไซเซอร์ผสมกับผงสีและนำมาบดให้เข้ากันจนละเอียด ทำให้สามารถผลิตหมึกให้มีเนื้อสีสูงได้และทำให้มีความหนืดสูงเช่นกัน

2. หมึกพิมพ์พลาสติซอลจะมีการแห้งตัวช้า ไม่เกิดก่ชารอุดตัน เมื่อต้องการพิมพ์ใหม่ก็สามารถนำมาพิมพ์ได้ทันที

3. ความละเอียดของหมึกพิมพ์ ซึ่งมีอนุภาคของหมึกพิมพ์ที่มีความละเอียดมาก และต่ำกว่า 10 ไมครอน ทำให้สามารถพิมพ์ด้วยผ้าสกรีนที่มีความละเอียดสูง เช่น เบอร์ 165 ต่อเซนติเมตร หรือผ้าญี่ปุ่น เบอร์ 355 ต่อนิ้วได้ ทำให้สามารถพิมพ์งานละเอียดได้

4. หมึกพิมพ์ลาสติซอลจะมีการแปรและคืนสภาพหมึกแบบธิกโซโทรปี (thixotrophy) เมื่อเก็บหมึกไว้ในภาชนะบรรจุจะอยู่ในสภาพเกาะกันแน่น ไม่มีการไหลตัว หมึกพิมพ์ลาสติซอลเหมาะสมสำหรับงานพิมพ์ประเภทเม็ดสกรีนของภาพ 4 สี ที่ไม่ต้องการเกิดเม็ดบวม

5. หมึกพิมพ์พลาสติซอลจะต้องผ่านอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 155 -156 องศาเซลเซียส ทำให้หมึกแห้งสมบูรณ์

6. หมึกพิมพ์ลาสติซอลช่วยลดมลภาวะในอากาศ หมึกจะมีพลาสติกไซเซอร์เป็นตัวทำละลายแทนโซเวนท์ จึงไม่ทำให้กลิ่นไปทำลายสุขภาพผู้ใช้ และมลภาวะในอากาศ

7. หมึกพิมพ์ลาสติซอลช่วยลดมลภาวะในน้ำ เนื่องจากทำความสะอาดหมึกชนิดนี้จะเช็ดด้วยน้ำมันก๊าดหรือไวท์สปิริต เมื่อเสร็จแล้วและไม่จำเป็นต้องเก็บหมึกบ่อย จึงไม่ต้องเช็ดถูเป็นประจำ

2.6.3.3 หมึกพิมพ์พลาสติซอล

1. หมึกพิมพ์พลาสติซอลประเภทเจเนซิส (Genesis ,GNS) เป็นหมึกพิมพ์ที่สามารถพิมพ์ตรงบนพื้นที่พิมพ์ที่ยังไม่แห้งสนิท (wet on wet) เป็นหมึกพิมพ์ที่มีเนื้อสีมากทำให้สามารถพิมพ์บนผ้าพื้นสีเข้มได้สดสวย และสารถพิพม์รูปลอก (transfer printing)ได้

2. หมึกพิมพ์พลาสติซอลประเภทเอสเอสวี - เอฟเอฟ (SSV - FF) เป็นหมึกพิมพ์ได้ปรับปรุงพิเศษให้มีการแห้งตัวขั้นสมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่าหมึกพิมพ์พลาติซอลชนิดอื่นจะปรับมีความทนทานและยืดหยุ่นดี เหมาะที่จะใช้กับผ้าที่ม่าสามารถทนความร้อน (หดตัวหรือย่น เมื่อได้รับความร้อน) และสามารถใช้ปรับหมึกสำหรับพิมพ์บนกระดาษรูปลอก

3. หมึกพิมพ์พลาสติซอลประเภทนูทัฟ (Nupuff) เป็นหมึกพิมพ์พลาสติซอลสีนูนคล้ายหมึกพิมพ์ผ้าสีนูนธรรดา แต่ไม่พองนูนจนเกินไปเมื่อรับอุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับใช้ทั้งเป็นสีรองพื้นพิมพ์ลายเพื่อเน้นข้อความ

4. หมึกพิมพ์รูปลอกพลาสติซอล (plastisol transfer -transflex) เป็นหมึกพิมพ์สำหรับพิมพ์บนกระดาษรูปลอก

5. หมึกพิมพ์พลาสติซอลประเภทลวดลายพิเศษ (special-effect plastisol) เป็นหมึกพิมพ์พลาสติซอลที่สามารถผสมกับ Glitter , Shimmer, Phoshorescent , Sparkle, High Density Clear , Nutural Suede, Rock Base, Ice Base สำหรับพิมพ์บนชิ้นงานให้มีลวดลายพิเศษ เช่น ประกายแวววาว สีเงินสีทอง สีนูน การพิมพ์ 3 มิติ เป็นต้น

6. หมึกพิมพ์พลาสติซอลไร้สารฟะทาเลท (phthalate-free or EPIC plastisol) เป็นหมึกพิมพ์พลาสติซอลสำหรับพิมพ์ผลิตภัณฑ์ที่มีข้อกำจัดเกี่ยวกับสารฟะทาเลท มีสีสันให้เลือกตามเฉดสีแพนโทน (Pantone)โดยไม่ต้องผสมเฉดสีขึ้นใหม่

2.6.3.4 หมึกพิมพ์ยูวี

หมึกพิมพ์ยูวีเป็นหมึกพิมพ์ที่จะต้องได้รับรังสียูวี (UV) ฉายลงบนชั้นฟิล์มของหมึกหลังจากที่พิมพ์ลงบนวัสดุใช้พิมพ์แล้ว เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ที่เรียกโดยย่อว่า การเคียวร์ (curing) ซึ่งเปลี่ยนสภาวะจากของเหลวเป็นของแข็งทันที

ข้อดีสำหรับหมึกพิมพ์ยูวีเมื่อเปรียบเทียบกับหมึกพิมพ์ฐานน้ำมันทั่วไป

- น้ำมันผสมที่ใช้เป็นตัวทำละลายในหมึกพิมพ์มักมีกลิ่นฉุน อาจเป็นสาเหตุก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ (air pollution) และอาจเป็นอัตรายต่อสุขภาพของผู้ใช้ด้วย

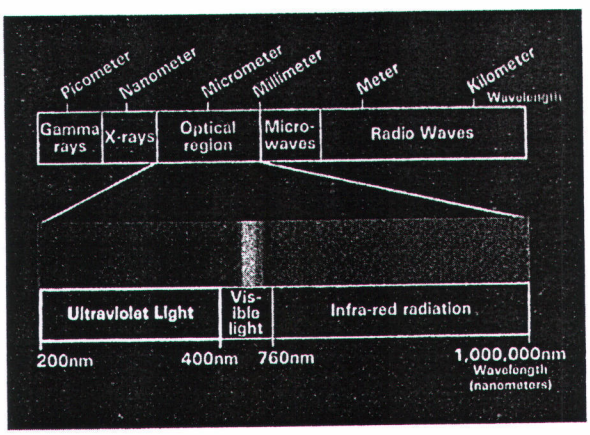
- หมึกพิมพ์ธรรมดาทุกประเภทต้องใช้เวลานานในการแห้งตัว ใช้เวลาตากให้แห้งนานถึง 30 นาที หรืออาจนำไปอบด้วยความร้อนในเวลา 5-10 นาที หมึกจะแห้งตัว หมึกพิมพ์ยูวีสามารถแห้งตัวได้เร็วภายในเสี้ยววินาที

- เนื่องจากหมึกพิมพ์ยูวีไม่มีสารสะลายที่ระเหยได้ และไม่แห้งแม่พิมพ์สกรีน ดังนั้นจึงสามารถพิมพ์ต่อเนื่องได้โดยง่าย และสามารถพิมพ์งานที่มีรายละเอียดสูงได้

- หมึกพิมพ์ยูวีจะมีคุณสมบัติทั่วๆ ไป ดีกว่าหมึกพิมพ์แบบธรรดาเป็นอย่างมาก เนื่องจากหมึกพิมพ์ยูวีเกิดการแห้งตัวโดยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน ชั้นฟิล์มของหมึกจะมีการเชื่อมกันเป็นโครงร่างตาข่าย (crosslink) ทำให้หมึกทนทานต่อการขูดขีดหรือสารเคมีมากกว่าหมึกพิมพ์ชนิดอื่น

2.6.4 รังสี หรือ อัตราไวโอเลต

อัลตราไวโอเลต (ultraviolet) หรือยูวี คือแสงในช่วงคลื่นความถี่หนึ่งของสเปคตรัม (spectrum) ของคลื่นแสงทั้งหมด ซึ่งมีช่วงความถี่ระหว่าง 200-400 นาโนมิเตอร์ (nanometer, nm.)



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดบานวิจัย

รูปที่ 2.13 ช่วงความถี่คลื่นแสงต่างๆ

ในช่วงคลื่นแสงยูวียังสามารถแบ่งออกได้เป็นช่วงคลื่นUV A ,B,C และ Vซึ่งม่ช่วงคลื่นความถี่ดังนี้

ยูวีวี (UV V) อยู่ในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 395-445 นาโนมิเตอร์

ยูวีเอ (UV A) อยู่ในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 320-390 นาโนมิเตอร์

ยูวีบี (UV B) อยู่ในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 280-320 นาโนมิเตอร์

ยูวีซี (UV C) อยู่ในช่วงคลื่นความถี่ระหว่าง 250-280 นาโนมิเตอร์

ในแต่ละช่วงคลื่นความถี่จะมีการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน

1. ช่วงคลื่นยูวีซีใช้ฆ่าเชื้อโรคเพื่อผลิตน้ำดื่ม และใช้ด้านเภสัชกรรม และเหมาะสมในการใช้เดียวยูวีวาร์นิช
2. ช่วงคลื่นยูวีวีใช้สำหรับการถ่ายแม่พิมพ์ในการถ่ายบล๊อกสกรีนและใช้กับหมึกยูวีสีขาว

3. ช่วงคลื่นยูวีเอจะใช้กับแสงยูวีในช่วงคลื่นต่างๆ ซึ่งในอุตสาหกรรมการพิมพ์ยูวี และในอุตสาหกรรมการพิมพ์จะใช้รังสียูวีที่มีความเข้มแสงมาก (high-powered หรือ high-intensity UV) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แสงยูวีในอุตสาหกรรมอื่นๆ คือ มีความเข้มข้นตั้งแต่ 5 มิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตรเป็นต้นไป ดังนั้นผู้ที่ทำงานอยู่กับเครื่องพิมพ์ที่มีอุปกรณ์ยูวีติดตั้งอยู่ ควรสวมแว่นตาป้องกันแสงยูวี และอย่ามองแสงยูวีด้วยตาเปล่าโดยเด็ดขาด

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบของหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดาและหมึกพิมพ์สกรีนยูวี

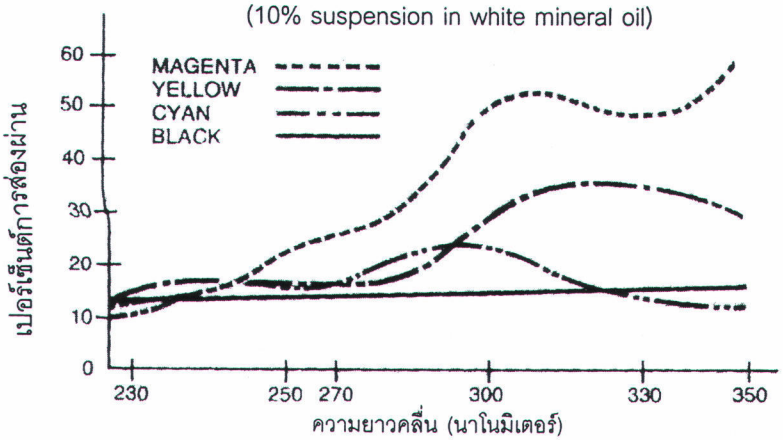
หมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดา	หมึกพิมพ์สกรีนยูวี
1. เรซิน(resin)	1. พรีพอลิเมอร์ (prepolymer) หรือโอลิโกเมอร์
2. สารละลาย(solvent)	2. มอนอเมอร์ (monomer)
3. สารให้สี(colourat)	3. สารให้สี (colourant)
4. สารเติมแต่ง(additive)	4. สารเติมแต่ง (additive)
5. แคตตาลีสต์(catalyst) **หรือฮาร์ดเดนเนอร์(hardener)**	5. สารเริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ เมื่อได้รับรังสี หรือสารไวแสง (photoinitiator)

1. พรีพอลิเมอร์ เป็นสารที่ทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวและแกะติดวัสดุใช้พิมพ์ ตัวหมึกพิมพ์ยูวีประกอบด้วยพรีพอลิเมอร์หรือโอลิโกเมอร์ที่จะทำปฏิกิริยารวมกับมอนอเมอร์กลายเป็นพอลิเมอร์ต่อไป โดยมีรังสียูวีเป็นตัวกระตุ้นให้สารเริ่มปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันพรีพอลีเมอร์ที่นำมาใช้ส่วนมากเป็นสารประกอบจำพวกอะคริเลตของอีพอกซี ยูรีเทน และพอลีเอสเตอร์ ซึ่งแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป อาทิ ความยืดหยุ่น ความแข็ง และความทนต่อสารเคมี เป็นต้น

2. มอนอเมอร์ ทำหน้าที่เป็นสารความหนืดในตัวหมึกพิมพ์สกรีนยูวี คล้ายโซเวนท์ในหมึกฐานน้ำมัน

3. ผงสี ผงสีที่ใช้เป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์สกรีนยูวีจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับผงสีในตัวหมึกพิมพ์สกรีนแบบธรรมดา แต่จะต่างกันตรงที่ผงสีในหมึกพิมพ์ยูวีจะเป็นผงสีที่ยอมให้รังสีส่องผ่านได้ดี

ในกรณีที่พิมพ์สอดสี ควรพิมพ์หมึกสีที่ยอมให้รังสียูวีส่องผ่านน้อยก่อน เช่น สีดำ และพิมพ์หมึกสีที่ยอมให้รังสียูวีส่องผ่านมากที่สุดเป็นสีสุดท้าย ทั้งนี้เพื่อให้รังสียูวียังคงสามารถส่องผ่านไปถึงหมึกชั้นล่างที่พิมพ์ไปก่อน เป็นผลให้หมึกที่พิมพ์ทั้งหมดแห้งสนิท



รูปที่ 2.14 เปอร์เซ็นต์การส่องผ่านรังสีของผงสี 4 สีในหมึกสกรีนยูวี

ช่วงคลื่นระหว่าง 245-320 นาโนเมตร สามารถจัดอันดับการแห้งตัวที่เกิดการเลือกใช้ผงสีในหมึกพิมพ์ยูวีต่าง ๆ จากสีที่แห้งตัวเร็วไปหาแห้งช้า ดังนี้ สีม่วงแดง สีเหลือง สีน้ำเงินเขียว สีดำ ถ้ามีการใช้หมึกพิมพ์สกรีนสีขาว มักจะแห้งช้าที่สุด

4. สารเติมแต่ง ที่นำใช้ในตัวหมึกพิมพ์ยูวีส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติเป็นตัวเสริมและปรับคุณสมบัติของหมึกพิมพ์ เพื่อให้เกิดการไหล การลื่นตัวที่ดี และทนต่อการเสียดสี

5. สารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงและสารไวแสง คือ สารที่เริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เมื่อได้รับรังสี หมึกพิมพ์ยูวีแห้งตัวด้วยการเคียวโดยปฏิกิริยาจะเริ่มต้นจากสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงแล้วไปทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของมอนอเมอร์และพรีพอลิเมอร์ในหมึกพิมพ์ นอกจากนี้อาจเติมสารไวแสง (photosensitizer) ในหมึกพิมพ์ เพื่อช่วยเร่งการแห้งตัวของหมึก โดยอาจใช้สารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารไวแสง เพื่อเร่งอัตราการแห้งตัวควบคู่ไปด้วยก็ได้ ในการเลือกใช้สารทั้งสองประเภทนี้จะต้องเลือกให้มีช่วงคลื่นในดูดกลืนรังสียูวี (UV absorption wavelength) ที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกับช่วงคลื่นที่เกิดการแผ่รังสีของหลอดไฟยูวีที่ทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัว

2.6.4.1 ตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการเกิดปฏิกิริยาของหมึกพิมพ์ยูวีมีดังต่อไปนี้

1. ความยาวคลื่น ช่วงคลื่นแสงยูวีนั้นเริ่มตั้งแต่ 200 นาโนเมตร จนถึง 400 นาโนเมตร หลอดยูวีแต่ละชนิดจะให้กำเนิดรังสียูวีที่ความเข้มข้นของแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับส่วนผสมและชนิดของแก๊สที่บรรจุในหลอด เช่น หลอดยูวีชนิดไอปรอทแรงดันปานกลาง (medium pressure Mercury vapour, MPHg) ที่ใช้อยู่ทั่วไป จะกำเนิดแสงในช่วง 250-320 นาโนมิเตอร์ช่วงหนึ่ง และขณะเดียวกันจะกำเนิดแสงในช่วง 365 นาโมนิเตอร์อีกจุดหนึ่ง เช่นเดียวกับหลอดยูวีอื่นๆ

ที่มีการเปลี่ยนส่วนผสมของแก๊สภายในหลอด ซึ่งทำให้ได้หลอดยูวีที่กำเนิดแสงในคลื่นที่ต่างออกไป ดังนั้น ผู้ผลิตหลอดยูวีที่ดีจะสามารถบอกผู้ซื้อได้ว่าหลอดยูวีแต่ละชนิดจะให้ลักษณะความยาวคลื่น (wavelength pattern) ออกมาในรูปแบบใด

สารเร่งปฏิกิริยาด้วยแสงสารไวแสงที่ผสมอยู่ในหมึกพิมพ์มีอยู่หลายชนิด จะทำปฏิกิริยาได้ดีมากน้อยไม่เท่ากันในแต่ละช่วงคลื่นแสง ปัญหาของผู้ผลิตหมึกพิมพ์คือ จะต้องใช้การคาดเดาและทดลองจนเห็นผลชัดเจนในการจับคู่ระหว่างความยาวคลื่นของรังสียูวีที่มีอยู่หลากหลายและความยาวคลื่นไวแสงจะทำงานได้ดี

2. ความเข้มแสง (intensity or peak irradiance) ซึ่งเป็นการวัดค่าความเข้มแสงของรังสียูวีในช่วงคลื่นหนึ่งมีความเข้มเพียงใดในหนึ่งหน่วยพื้นที่ โดยทั่วไปจะแบ่งวัดเป็นช่วงคลื่นต่างๆ ของคลื่นรังสียูวี เช่น ยูวีเอ , ยูวีบี , ยูวีบี , ยูวีซี และยูวีวี ค่าที่วัดได้เป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มแสงของรังสียูวีในช่วงคลื่นยูวีที่วัดนั้น ๆ เครื่องมือที่ใช้วัดเรียกว่า เครื่องวัดรังสี (radiometer) หน่วยที่ใช้วัดคือ วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (W/cm^2) ค่าความเข้มแสงไม่แปรผันตามความเร็วของสายพาน หรือระยะเวลาที่รังสียูวีฉายลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่

ความเข้มแสง อาจเรียกได้ว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญที่สุดในการเคียวหมึกพิมพ์ยูวี เนื่องจากรังสียูวีที่มีความเข้มสูงจะสามารถแทรกลงไปในชั้นหมึกพิมพ์ได้ดี ข้อสำคัญประการหนึ่งคือ หากเครื่องอบยูวีสามารถให้รังสียูวีที่มีความเข้มแสงสูงและความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงย่อมจะทำให้ความเร็วในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ปริมาณของพลังงานรังสียูวี (dose) หมายถึง ปริมาณของรังสียูวีที่ฉายลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ การวัดจะใช้เครื่องมือเช่นเดียวกับการวัดความเข้มแสง คือ เครื่องวัดสี แต่หน่วยที่ใช้วัดคือ มิลลิจูลส์ต่อตารางเซนติเมตร (milliJoules/cm^2, mj/cm^2) และค่าที่วัดได้จะแปรผันตามความเร็วตามความเร็วของสายพานหรือระยะเวลาที่รังสียูวีฉายลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่

ปริมาณของรังสียูวีที่ฉายลงบนหมึกพิมพ์เป็นอีกตัวแปรหนึ่ง เมื่อการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ยูวีหากหลอดยูวีที่ใช้งานอยู่ไม่สามารถให้แสงที่มีความเข้มแสงสูงเวลาการเคียวของหมึกก็จะมากขึ้น และเช่นเดียวกันโอกาสที่จะมีการเคียวหมึกมากเกินไปก็จะมีมากขึ้นด้วย ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นและเห็นได้ชัดเจน คือ การสะสมความร้อนในตัวชิ้นงานภายใต้รังสียูวี เมื่อการทำงานของสายพานช้าลง คือ หมึกจะแตกและหลุดออกได้ง่าย

4. กำลังไฟของหลอด เป็นค่าที่ได้จาการคำนวณโดยพิจารณาจากปริมาณ หรือกำลังไฟฟ้าที่จะต้องใช้ในการทำให้หลอดยูวีทำงานหรือให้กำเนิดแสงได้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่า แรงเทียนของหลอด

เช่นเดียวกับ หลอดไฟบ้าน หน่วยที่ใช้วัดคือ วัตต์ต่อนิ้ว (W/in) หรือวัตต์ต่อเซนติเมตร (W/cm) โดยทั่วไป ผู้ผลิตอาจไม่ได้ให้ค่าในส่วนนี้แต่สามารถหาค่าได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\frac{\text{กำลังไฟที่ใช้ในการทำงาน (Kw) x 1000}}{\text{ความยาวของหลอดยูวี (นิ้ว)}} = \text{กำลังไฟฟ้าของหลอด (W/in)}$$

เช่น หลอดยูวีหลอดหนึ่งใช้กำลังไฟ 3.0 Kw หน้ากว้างสายพาน 8 นิ้ว ขนาดหลอดยาว 10 นิ้ว

$$\frac{\text{3.0 Kwx 1000}}{\text{10 นิ้ว}} = \text{300 W/in หรือ120 W/cm}$$

ดังนั้น 300 วัตต์ต่อนิ้ว คือ กำลังไฟของหลอดทั้งของหลอด ทั้งนี้ กำลังไฟฟ้าของหลอดไม่ใช่ความเข้มแสงของหลอด แต่เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการทำงานของหลอดยูวีนั้น ซึ่งหากเปรียบเทียบระหว่างหลอดยูวี 2 แบบ ที่ใช้กำลังไฟฟ้าในการทำงานเท่ากันและในลักษณะความยาวคลื่นเหมือนกัน หลอดยูวีที่ให้ความเข้มแสงสูงกว่าย่อมทำให้หมึกพิมพ์แห้งตัวเร็วกว่าสมบูรณ์กว่า เช่น การใช้หลอดที่มีความเข้มแสง 400 วัตต์ต่อนิ้ว หลอดจะเดียวได้ดีกว่าหลอดที่ให้ความเข้มแสง 200 วัตต์ต่อนิ้ว 2 หลอดถึงแม้กำลังไฟเท่ากัน

5. แผนสะท้อนแสง (reflector) ซึ่งอยู่ด้านหลังและด้านข้างของหลอดยูวี มีลักษณะแบบรูปร่างหลายแบบ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต วัตถุประสงค์ของแผงสะท้อนแสง คือ การรวมรังสีที่ฉายออกมาหลอดยูวีทุกทิศทุกทางให้รวมทีจุดรวมแสง (focus) หรือให้แสงพุ่งตรงมายังมาหมึกพิมพ์ หรือชิ้นงานที่ต้องการให้แห้ง ถ้ามีการเปรียบว่าแสงจากหลอดยูวีทั้งหมด 100% จะมีรังสียูวีประมาณ 25% ที่ส่องไปที่หมึกโดยตรง และประมาณ 75% ที่สะท้อนจากแผงสะท้อน แผงสะท้อนที่ดีทำให้ความเข้มแสงมาก ซึ่งควรจะมีตวามมันเงาเหมือนกระจกเงา และรวบรวมแสงไปที่จุดโพกัส การดูแลรักษาแผงสะท้อนแสงทั่วไป คือหมั่นทำความสะอาดด้วยผ้านุ่มและแอลกฮอล์เพื่อเช็ดฝุ่นละอองออกและระวังไม่ให้เกิดรอยขีดข่วนหรือรอยนิ้วมือ

รูปทรงของแผนสะท้อนแสงมี 3 แบบดังนี้

5.1 รูปทรงโค้ง (parabolic) จะกระจายคลื่นแสงยูวีได้เนื้อที่กว้าง ฉะนั้นรังสียูวีที่โดนตัวหมึกพิมพ์จะได้รับก็อาจน้อยลง ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับการพิมพ์ที่ต้องความหนาของหมึกพิมพ์

5.2 รูปทรงโค้งรูปไข่ (eliiptic) จะมีมุมกระจายที่แคบกว่าชนิดแรก ฉะนั้นจะเหมาะสมสำหรับการพิมพ์ที่ต้องการความหนาของชั้นหมึก แต่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ค่อนข้างใหญ่หรือกว้าง

5.3 รูปทรงเหลี่ยม (facet) จะมีกระจายมากที่สุด ซึ่งไม่อาจจะเหมาะสมงานพิมพ์หลายชนิด เนื่องจากความเข้มแสงรังสียูวี อาจไม่เพียงพอให้หมึกแห้งได้

6. แม่สี (pigment) แม่สีมีส่วนเกี่ยวข้องในการแห้งตัวของหมึกพิมพ์ เนื่องจากแม่สีต่างๆ ให้สีสันที่มองเห็นโดยการดูดซับและการสะท้อนคลื่นแสง เมื่ออยู่ในช่วงคลื่นรังสียูวี แม่สีจะเป็นตัวกีดขวางการเกิดโครงร่างตาข่าย โดยดูดซับรังสียูวีบางส่วนไว้ในตัว ซึ่งสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงไม่สามารถดูดซับรังสียูวีที่สะท้อนมาได้เต็มที่ ในขณะเดียวกัน แม่สีบางชนิดจะมีความทึบที่แตกต่างกัน ทำให้รังสียูวีไม่สามารถแทรกตัวลงไปถึงชั้นด้านล่างได้สะดวก ยกตัวอย่างเช่น สีน้ำเงินหรือสีเขียว ซึ่งสามารถดูดซึมคลื่นรังสียูวีได้ดีในช่วงคลื่นที่สารเริ่มปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์เมื่อได้รับรังสี สามารถรับคลื่นรังสียูวีได้ สีขาวและสีดำก็อาจทำให้เกิดปัญหาเดียวกันได้ เนื่องจากทั้ง 2 สีสามารถดูดซึมคลื่นรังสีได้แทบทุกช่วงของคลื่นรังสียูวี และเป็นสีที่ความทึบสูง จึงต้องใส่ปริมาณแม่สีมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้แม่สีดูดซับคลื่นรังสียูวี และทำให้สารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงไม่สามารถได้รับรังสียูวีเต็มที่

2.6.4.2 เครื่องอบยูวี (UV dryer, UV curing unit)

เป็นเครื่องที่ประกอบด้วยหลอดไฟยูวีที่ให้คลื่นแสงอยู่ระหว่าง 200-400 นาโมมิเตอร์ คลื่นแสงนี้สามารถนำมาฉายให้ผ่านหมึกพิมพ์หรือวานิช ซึ่งองค์ประกอบของสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงเพื่อมา ทำให้มอนอเมอร์ และพรีพอลิเมอร์เกิดปฏิกิริยาเกาะตัวกันแน่น จะมีอุปกรณ์เพิ่มเติมประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อที่จะทำงานได้สมบูรณ์ คือ โคมไฟ (reflector) ม่านเปิด (shutter) หลอดไฟ ระบบระบายความร้อน (cooling system)ส่วนประกอบแต่ละชิ้นมีลักษณะและคุณสมบัติดังนี้คือ

หลอดไฟยูวี (UV LAMP) แบ่งออกเป็น 2ชนิด ตามลักษณะทางโครงสร้างคือ

หลอดมีขั้ว (electrode bulb)

หลอดไร้ขั้ว (electrodeless bulb)

หลอดทั้ง 2 ชนิดนี้ สามารถให้แสงยูวีในช่วงคลื่นที่คล้ายคลึงกัน แต่แตกต่างในกระบวนการจุดหลอดหรือกำเนิดแสง กล่าวคือ หลอดยูวีชนิดมีขั้วจะอาศัยการเผาขั้วหลอด หรือ ARC ในการให้กำเนิดแสง แต่หลอดยูวีชนิดไร้ขั้ว จะไม่มีการเผาขั้วหลอด แต่จะใช้วิธีการยิงอิเล็กตรอนเข้าไปในหลอดเพื่อให้กำเนิดแสง ระบบหนึ่งที่ใช้อยู่ปัจจุบันที่ใช้การยิงอิเล็กตรอน เช่น การส่งคลื่นไมโครเวฟเข้าไปเพื่อทำให้เกิดแสงยูวี

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดของหลอดมีขั้วและไม่มีขั้วหลอด

รายละเอียด	หลอดมีขั้ว	หลอดไร้ขั้ว
คลื่นแสง (Spectrum)	จำกัด	หลากหลาย
อายุการใช้งาน (ชม.)	800-1000	10,000+
ความสม่ำเสมอ	ความสม่ำเสมอลดลงหลังจาก 1000 ชม.	มีความสม่ำเสมอตลอดอายุการใช้งาน
เวลาในการจุดหลอด	2-3 นาที	15-20 นาที
อุณหภูมิของชิ้นงานหลังผ่านไฟ	สูงกว่า	ต่ำกว่า
ความยาวหลอด	ตามหน้ากว้างเครื่อง	ความยาวสูงสุด 10 นิ้ว (สามารถต่อกันได้)
เส้นผ่านศูนย์กลาง	มาตรฐาน 1 นิ้ว	9,11และ13 ม.ม.

การเลือดหลอดไฟยูวีมาใช้งานต้องเลือกให้คลื่นแสงตรงกันหรือใกล้เคียงกับคลื่นแสงของสารเริ่มปฏิกิริยาด้วยแสงจะรับได้ นักเคมีพยายามที่จะสร้างสารนี้มีคลื่นแสงที่กว้าง เพื่อที่จะรับแสงได้หลายชนิด สารที่ใช้กันมาก ได้แก่ BENZOPHENONE รับคลื่นแสงที่ 240-340 นาโนมิเตอร์ และยังมีสารอื่นๆ ที่สามารถรับคลื่นแสงที่ 200-325 , 200-400 สารแต่ละตัวตัวก็มีจุดสูงสุดที่รับคลื่นแสงที่ได้มากที่สุด ดังนั้น ก่อนที่จะซื้อเครื่องอบยูวี ควรจะศึกษาเรื่องของหลอดไฟให้ละเอียดเพียงพอว่ามีข้อจำกัดมากน้อยเพียงไร ประเภทของหลอดไฟต่างๆที่นำใช้ในวงการอบแห้งด้วยรังสียูวี มีดังนี้

หลอดไอปรอทแรงดันต่ำ (Low Pressure MercryVapour Lamps)

หลอดไอปรอทแรงดันปานกลางแบบอาร์ท (Medium Pressure Mercury Are Lamps)

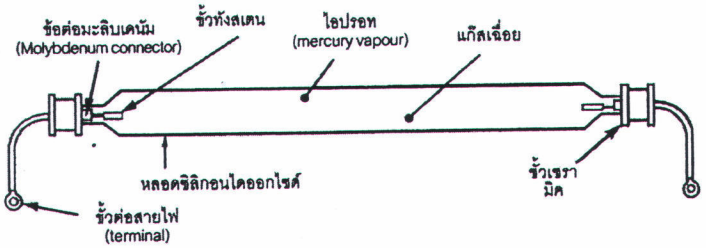
หลอดแรงดันสูง (High Pressure Lamps)

หลอดซีนอน (Xenon Lamps)

หลอดเมเทิลฮาไลด์ (Metal Halide Lamps)

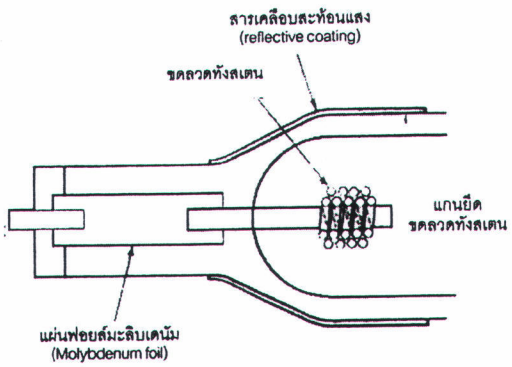
หลอดไร้ขั้ว (Electrodeless Lamps)

หลอดไฟดังกล่าวข้างต้นที่นิยมใช้กันเป็นจำนวนมากในปัจจุบัน ได้แก่ แบบมีขั้วประเภทไอปรอทแรงดันปานกลางและแบบไร้ขั้ว สาเหตุ ที่ไม่นิยมนำแบบอื่นๆ มาใช้เนื่องจากหลอดบางชนิดให้ช่วงคลื่นแสงที่จำกัด คือ ให้คลื่นแสงที่ต่ำเกินไป อันก่อให้เกิดอันตรายมาก และหลอดบางชนิดให้ช่วงคลื่นแสงสูงเกินไป รวมถึงราคาของหลอดไฟบางชนิดก็แพงมาก ซึ่งก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ไม่นิยมเลือกใช้ ฉะนั้นจึงขอยกตัวอย่างหลอดไฟยูวีที่เป็นประโยชน์และนิยมใช้มาแนะนำดังนี้



รูปที่ 2.15 หลอดปรอทแรงดันปานกลางแบบอาร์ต

หลอดแบบมีขั้วประเภทไอปรอทแรงดันปานกลาง เป็นหลอดที่ให้คลื่นแสงอยู่ระหว่าง 200-400 นาโนมิเตอร์ เป็นจำนวนถึง 29 % ซึ่งนับเป็นปริมาณแสงมากกว่าแบบอื่นๆ อยู่มาก หลอดประเภทนี้ยังสามารถผลิตกำลังส่องแสงสว่างตั้งแต่ 100 วัตต์นิ้ว จนถึงมากว่า 500 วัตต์/นิ้ว ความยาวของหลอดตั้งแต่ 15 เซนติเมตรจนถึง 250 เซนติเมตร หลอดไฟชนิดนี้เป็นหลอดไฟที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากความสะดวกในการใช้งานและราคาของหลอดชนิดนี้ไม่แพงจนเกินไป

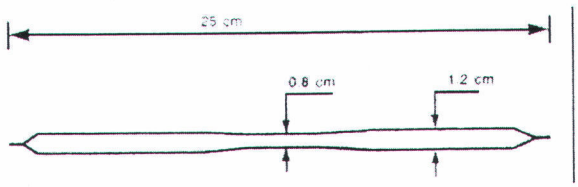


รูปที่ 2.16 ขั้วหลอดไอปรอทแรงดันปานกลาง

ตัวหลอดแก้ว (Quartz body) ทำจากแก้วชนิดใส เรียกว่า Clean vitreous silica หนา 1-2 ม.ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 18-30 ม.ม.ซึ่งสามารถทนความร้อนจนถึง 900 องศาเซลเซียส ที่ปลายทั้งสองข้างของหลอดแก้วบริเวณไหล่ของหลอดติดกับปลายสุดฉาบด้วยวัสดุที่ทนความร้อนได้สูง และสะท้อนแสงกลับได้อย่างดี วัสดุนี้ ได้แก่ ทอง แพลตตินัมหรืออ๊อกไซด์ของเซอคอเนียม ซึ่งจะทำให้บริเวณปลายมีความอบอุ่นเพียงพอที่จะไม่ทำให้สารปรอทที่อยู่ในหลอดแก้วเกิดความควบแน่น

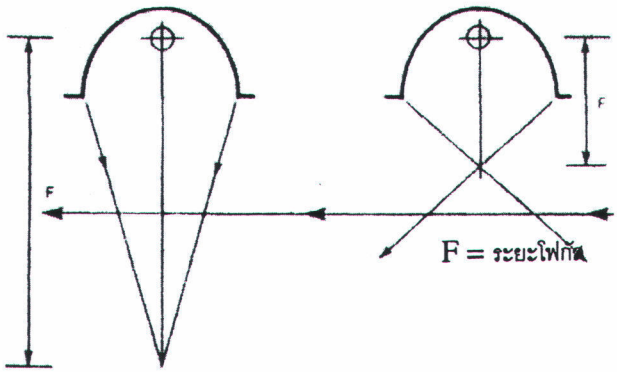
(condensation) ด้านปลายภายในหลอดไฟของทั้งสองข้างมีแผ่นมะลิบเดมัน (molybdenum) ด้านหนึ่งต่อกับขั้วแท่งทังสเตนภายในหลอดจะมีปรอทบรรจุอยู่ และมีก๊าซเฉื่อย เช่น อาร์กอนเป็นจุดกำเนิดก่อน โดยที่ปรอทจะค่อยๆ กลายเป็นไอและความร้อนจะขึ้นสูงจนถึงจุดอิ่มตัวและให้แสงยูวีตามคลื่นแสงที่กำหนด

พลังงานที่ออกมาสำหรับหลอดชนิดนี้จะเป็นแสงยูวีประมาณ 25-30 % แสงสีขาว (visible light) ประมาณ 25% และรังสีอินฟราเรดอีกประมาณ 45-50 % โดยทั่วไปหลอดจะมีอายุการใช้งานระหว่างประมาณ 1,000–2,000 ชั่วโมง ก่อนที่จะมีการเสื่อมที่หลอด คราบภายในหลอด จะทำให้ประสิทธิภาพด้อยลงไปเรื่อยๆ ในการใช้งานหลอดชนิดนี้ต้องมีการเปิดให้เครื่องทำงานก่อน หรือการอุ่นหลอดประมาณ 2 นาที ก่อนที่จะหลอดทำงานได้และต้องรอให้หลอดเย็นลงก่อนจะเริ่มทำงานอีกครั้ง



รูปที่ 2.17 หลอดไร้ขั้ว

ส่วนประกอบอื่นๆ ของเครื่องอบยูวี โคมไฟ ทำจากอะลูมิเนียมคุภาพสูงที่หน้าที่เป็นตัวสะท้อนแสงที่เกิดจากหลอดไฟ ส่องมากระทบและส่องกลับวัสดุที่ให้อบแห้ง ผู้ผลิตเครื่องอบยูวีบางบริษัทได้คิดค้นสารเคมีมาเคลือบตัวโคมไฟเพื่อประสิทธิภาพดีขึ้น โดยสามารถให้แสงที่คลื่นแสงค่อนไปทางอินฟราเรดผ่านไปด้านหลังโคมไฟ แต่จะสะท้อนกลับเฉพาะคลื่นแสงที่เป็นยูวี ทำให้เกิดประโยชน์เต็มที่ นอกจากนี้รูปร่างโคมไฟก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้แสงสะท้อนกลับมายังวัสดุที่จะอบแห้งให้อยู่ตรงจุดเดียวกันมากเท่าที่จะเป็นไปได้ โคมที่สร้างขึ้นอาจเป็นรูปกลม รูปไข่ หรือรูปพาราโบร่า ไม่ว่าจะเป็นรูปใดจำเป็นต้องหามุมสะท้อนกลับให้มาเป็นจุดเดียวกัน หรือจุดโพกัสให้ได้ โคมไฟที่มีการเคลือบด้วยไดคลอไรด์ (Dichloride) ซึ่งจะดูดซับพลังงานจากรังสีอินฟราเรด วิธีนี้จะทำให้ลดความร้อนที่เกิดจากผิวของหลอดยูวี



สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

รูปที่ 2.18 โคมไฟ

ม่านปิด คือ ม่านที่สร้างขึ้นจากวัสดุที่สามารถทนความร้อนได้ โดยไม่ทำให้ม่านนี้เปลี่ยนรูปร่าง เนื่องจากใช้เป็นฉากกั้นแสงโคมไฟ ซึ่งให้ความร้อนและแสงสว่างมาก การเดินทางของแสงจากโคมไฟไปกระทบกับม่านนี้ต้องต้องกำหนดให้อยู่ในวงกว้าง ไม่ให้ตกอยู่ในจุดๆ เดียว เพราะจะให้แสงสว่างมากเกินไป โดยปกติการใช้เครื่องอบต้องอุ่นเครื่องประมาณ 2-5 นาที ก่อนที่เครื่องจะให้พลังงานแสงออกมา และในบางครั้งเมื่อไฟให้กำลังสูง อาจจะลดพลังงานลงเหลือ 30-40% ของกำลังไฟปกติ แต่เครื่องอบยูวียังคงให้แสงสว่างตามปกติ จึงจำเป็นที่จะต้องมีม่านปิดบังแสงนี้ไว้

ระบบระบายความร้อน เนื่องจากแสงที่เกิดจากแสงยูวีส่วนมากจะทำให้คลื่นแสงอินฟราเรดมากถึง 55% และคลื่นแสงอินฟราเรดนี้จะให้ความร้อนถึง 800 องศาเซลเซียส ความร้อนจะกระจายไปทั่วทุกแห่ง โดยเฉพาะไปกระทบวัสดุใช้พิมพ์ทำให้เสียรูปทรง เช่น พลาสติกยุบ หรือกระดาษย่น จึงจำเป็นต้องหาวิธีต่างๆ มาลดความร้อน โดยเริ่มตั้งแต่หลอดไฟ โดยใช้หลอดที่ใช้แสงอินฟราเรดน้อยที่สุด ตัวโคมไฟฟ้าใช้เคมีที่ทำเป็นฟิล์มมาเคลือบ เพื่อให้แสงอินฟราเรดผ่านไปหลังโคมไฟดังที่ได้กล่าวมาแล้ว หรืออาจจะออกแบบฐานของเครื่องอบแห้ง โดยใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อนทำให้ฐานเย็นลง สิ่งสำคัญที่สุด คือ การติดระบบระบายความร้อนด้วยลมหรือน้ำ บางบริษัทได้มีการผลิตแบบที่ใช้น้ำเป็นตัวระบายความร้อน โดยการผ่านน้ำเข้าไปยังหลอดควอตซ์ (quartz) และระหว่างหลอดไฟและวัสดุพิมพ์ ตัวหลอดบรรจุน้ำจะดูดซับแสงอินฟราเรดไว้ส่วนมากเครื่องอบแห้งที่ใช้กันจะเป็นพวกระบายความร้อนด้วยลม ซึ่งสมารถออกแบบให้สาสมารถดูดลมร้อนออกไปมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และผลพลอยได้ที่ได้รับคือ สามารถดูดเอาโอโซนที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาออกไปพร้อมกับลมร้อนได้ด้วย

2.6.4.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการแห้งตัวของเครื่องอบยูวี

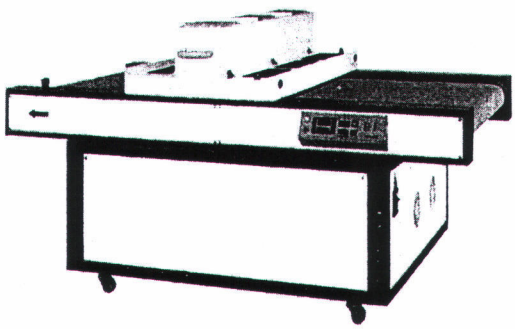
1. ความส่องสว่าง (intensity) ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น เมื่อใช้ดวงไฟที่มีกำลังส่องสว่าง 200 วัตต์/นิ้ว แล้วเปลี่ยนกำลังส่องสว่างขึ้นเป็น 300 วัตต์/นิ้ว ความเร็วในการแห้งตัวจะเปลี่ยนแปลงไป จะได้อัตราการแห้งตัวเพิ่มเร็วขึ้นประมาณ 20-25%

2. การกระจายของปริมาณแสงและคลื่นแสงที่ได้รับ ถ้าคลื่นแสงอยู่ช่วงระหว่าง 200-400 นาโนมิเตอร์ จะให้ผลการแห้งตัวเร็ว ถ้าให้คลื่นแสงที่มีกำลังอ่อนจะเกิดการแห้งตัวเฉพาะบริเวณผิวเท่านั้นจำนวนหลอดไฟและความเร็วของสายพาน

3. ปริมาณและชนิดของสารให้สีที่ใช้ในหมึกพิมพ์ รวมถึง ความหนาของหมึกพิมพ์ที่พิมพ์ การดูดซึมของหมึกพิมพ์และวัสดุใช้พิมพ์ หมายถึง เมื่อแสงส่องมาหมึกพิมพ์ แสงจะส่องเข้าไปในหมึกพิมพ์แต่ก็มีบางส่วนที่แสงสะท้อนกลับไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่ที่ตัวหมึกพิมพ์ ในส่วนของวัสดุใช้พิมพ์เช่นกัน เมื่อแสงกระทบบนผิววัสดุใช้พิมพ์ บางส่วนจะถูกดูดซึมเข้าไปในวัสดุใช้พิมพ์ แต่บางส่วนที่จะสะท้อนกลับมาเข้าหมึกพิมพ์อีกครั้ง

4. ระยะจุดโพกัส (Focal point) คือระยะจากหลอดไฟมายังสิ่งพิมพ์ ต้องหมั่นตรวจดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ หากเปลี่ยนแปลงความเร็วในการแห้งตัวก็จะเปลี่ยนแปลงเช่นกัน

5. อุณหภูมิที่สะสมในเครื่องอบยูวี ความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องอบยูวีนี้เป็นส่วนที่มาจะช่วยทำให้หมึกแห้งตัวด้วย แต่ในบางขณะที่มีความร้อนสูงมากเกินไป การใช้ระบบน้ำเย็นเข้ามาช่วยลดอุณหภูมิในแท่นพิมพ์ให้ต่ำลงกลับจะทำให้หมึกแห้งตัวช้าลงด้วย



รูปที่ 2.19 เครื่องอบยูวี

2.7 การทดสอบคุณสมบัติของหมึกพิมพ์สกรีน [11]

2.7.1 ความทนทานต่อการขัดถู (Rub resistance)

มาตรฐาน ASTM D5264-98 (Abrasion Resistance of Printed Materials by the Sutherland Rub Tester) ความทนทานต่อการขัดถูของหมึกพิมพ์ หมายถึง ความทนทานของหมึกพิมพ์ เมื่อสิ่งพิมพ์ไปใช้งานรวมทั้งการทนทานต่อกระบวนการหลังพิมพ์และกระบวนขึ้นเป็นบรรจุภัณฑ์ด้วย ซึ่งหากจำแนกแล้วจะมีหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งพิมพ์บรรจุภัณฑ์ที่สภาพใช้งานแตกต่างกันอย่างมากมาย ตังอย่างเช่น หมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์สบู่ก็ต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือละลายเมื่อถูกกับสบู่ หรือหมึกพิมพ์ที่พิมพ์บนบรรจุภัณฑ์แช่แข็ง ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ก็ต้องเป็นหมึกพิมพ์ที่ทนความเย็นได้ดีไม่เกิดการเปราะแตกและหลุดออกจากบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น

ความทนทานต่อการขัดถูของหมึกพิมพ์ เป็นสมบัติของหมึกพิมพ์ที่ต้องการสำหรับสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์เป็นฉลากและบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากบรรจุภัณฑ์จะได้รับแรงกระทำที่ผิวหน้า ในระหว่างการขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ การขนส่ง และการใช้งาน หมึกพิมพ์ที่มีความทนทานต่อการขัดถูต่ำ จะหลุดออกจากสิ่งพิมพ์ได้ง่ายเมื่อได้รับแรงขัดถู ความทนทานต่อการขัดถูของหมึกพิมพ์จะขึ้นกับชนิดของเรซินที่มีหมึกพิมพ์เป็นสำคัญ นอกจากนี้สารเติมแต่งพวก Wax ที่เติมในหมึกพิมพ์ก็มีส่วนช่วยเพิ่มความทนทานต่อการขัดถู

2.7.2 ความทนทานต่อยึดติด

การยึดติดแน่นของหมึกพิมพ์บนวัสดุพิมพ์เป็นสิ่งสำคัญมากที่ผู้ผลิตต้องคำนึกถึง การยึดติดแน่นของหมึกพิมพ์บางอย่างจะค่อยๆดีขึ้นเรื่อยๆ หลังจากการพิมพ์ผ่านไปหลายวัน แต่ก็มีบางวัสดุพิมพ์ที่มีการยึดติดของหมึกพิมพ์ที่ดีมากเพื่อพิมพ์ไปตอนต้น แต่เมื่อทิ้งไว้หลายวันจะพบว่า การยึดติดของหมึกพิมพ์บนวัสดุลดลง ซึ่งสาเหตุหลายประการ เช่น อาจเกิดจากตัวหมึกพิมพ์มีการกระจายตัวไม่ดี การไหลไม่ดี สารสีมีความสามารถในการเปียกผิวไม่ดี หรือการเคลื่อนย้ายที่ของสารเสริมสภาพพลาสติกที่ทำทำลายแรงยึดติดระหว่างชั้นหมึกพิมพ์และวัสดุพิมพ์นั้นๆ นอกจากนี้อาจเกิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลกระทบต่อสิ่งพิมพ์เช่น ลม ความชื้น เป็นต้น

วิธีการทดสอบการยึดติดต้องนำงานพิมพ์ที่เคลือบและไม่ได้เคลือบมาทดสอบการยึดติดตามมาตรฐาน ASTM D 3359-90 (Standard Test Measuring Adhesion) โดยการตัดเทปใสยี่ห้อ 3M เบอร์ 600 หน้ากว้าง 1 นิ้ว ความยาว 2 นิ้วมาติดลงบนตัวอย่างแล้วดึงออกทันที จากนั้นประเมินร้อยละของ

พื้นที่ที่มีสิ่งหลุดติดเทปใสออกมา โดยใช้ตารางจำนวน 100 ช่องวางทับบนเทปใส แล้วนับจำนวนช่องที่มีสิ่งที่หลุดติดเทปใสออกมา จากนั้นนำร้อยละที่ได้ไปประเมินคะแนนจาก 0-5

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วันทนา เอี่ยมเจริญ (2551) [7] กล่าวว่า การศึกษาการออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ยาเพื่อการสื่อสารสำหรับผู้ที่มีสายตาเลือนรางมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ยาเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการออกแบบฉลากบรรจุภัณฑ์ยาที่สามารถสื่อความหมายที่ชัดเจนแก่ผู้บกพร่องทางสายตาที่มีสายตาเลือนรางเครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่4 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่มีสายตาเลือนรางจำนวน 20 คนของโรงเรียนสอนคนบอดภาคเหนือในพระบรมราชินูปถัมภ์จังหวัดเชียงใหม่ปีการศึกษาพ.ศ. 2550-2551 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าร้อยละและสรุปผลเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้บกพร่องทางสายตาส่วนใหญ่เป็นชายอายุ15 ปีมี การศึกษาชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 บกพร่องทางสายตาตั้งแต่กำเนิดมีพฤติกรรมการเป็นผู้ซื้อยามาใช้บริโภคเองโดยซื้อจากร้านขายยาและการสัมผัสดูสีดมกลิ่นอ่านฉลากเวลาใช้ผู้บกพร่องทางสายตาสามารถอ่านรับรู้และเข้าใจในฉลากยาที่ออกแบบได้ร้อยละ 90 และสามารถหยิบใช้ยาได้อย่างถูกต้องแบบฉลากตัวอย่างที่ 4 มีความชัดเจนสามารถอ่านได้ดีที่สุดแนวทางการออกแบบควรมีฉลากตัวอักษรมีขนาดใหญ่ขึ้นแบบฉลากตัวอย่างที่ 5 ให้ความรู้สึกถึงการใช้และจดจำยาได้ดีที่สุดแนวทางการออกแบบควรมีสีและสัญลักษณ์ให้ชัดเจน

ยุทธนา สงค์ศักดิ์สกุล และคณะผู้จัดทำ (2550) [12] การใช้หมึกพิมพ์ และเทคนิคการพิมพ์สกรีนเพื่อสร้างสื่อสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์ สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นมีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองใช้หมึกพิมพ์ยูวีและเทคนิคการพิมพ์สกรีนที่สามารถทำสื่อสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์ให้มีความหนาไม่ต่ำกว่า 250 ไมครอน เพื่อประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของสื่องานสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ผลิตได้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านอักษรเบรลล์และกลุ่มตัวอย่างตามลำดับ ในการทดลองได้ใช้หมึกพิมพ์ 4 ชนิด คือ หมึกยูวี GQ622 หมึกพิมพ์ยูวี PE049หมึดพิมพ์ PVCและหมึกพิมพ์ผ้านูน วัดความหนืดของหมึกพิมพ์ จากนั้นพิมพ์ลงกระดาษการ์ขาว 240 แกรม ขนาด A4 ตรวจสอบความทนทานต่อการขัดถู และความคมชัดของจุดอักษรเบรลล์ แล้วนำไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอักษรเบรลล์ 3 ท่าน และประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น ระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย 30 คนซึ่งแบบประเมินระดับ 5 คะแนน ผลการศึกษาพบว่า หมึกยูวี GQ 622 ซึ่งความหนืดประมาณ 16,760 mPas มีคุณสมบัติการพิมพ์สกรีนที่ดี คือ ทำแม่พิมพ์โดยใช้ผ้าสกรีนโพลีเอสเตอร์ ขนาดรูผ้าสกรีน 36 เส้นต่อเซนติเมตร (Pw36t) และใช้ความหนาของฟิล์มแคพพิลลารี 4oo ไมครอน พิมพ์ใช้ยางปาดตัววีความแข็ง 70 ชอร์

ระยะห่างแม่พิมพ์สกรีนกับกระดาษประมาณ 2 มิลลิเมตร มุมการปาดหมึกพิมพ์ 45 องศา ความแรงในการพิมพ์ประมาณ 0.7 เมตรต่อวินาทีและแรงกดปานกลาง ทำแห้งโดยใช้ระยะเวลาในการฉายแสงยูวี (300 วัตต์) ประมาณ 3 วินาที ได้ความหนาของจุดอักษรเบรลล์ประมาณ 270ไมครอน จุดอักษรเบรลล์ที่รูปร่างกลมมนดี และความทนทานต่อการขัดถูดีมาก การประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอักษรเบรลล์ได้คะแนนเฉลี่ย 3.69 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี และในการประเมินความพึงพอใจของผู้บกพร่องทางการมองเห็น ได้คะแนนเฉลี่ย 4.06 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าหมึกพิมพ์ยูวี และเทคนิคการพิมพ์สกรีนที่เหมาะสมสามารถสร้างความสื่อสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์ สำหรับผู้บกพร่องทางการมองเห็นได้

นุชจรี ชัยมงคล และคณะผู้จัดทำ (2549) [13] การสร้างสื่อสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์ ที่ผลิตด้วยระบบสกรีน สำหรับผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็น เรื่องกฎนิวตัน วิธีการสร้างสื่อด้วยข้อความอักษรเบรลล์ font Braille 3D ขนาด 22 point จากโปรแกรม DBT การอัดบล๊อกสกรีนได้ใช้ฟิล์มหนาขนาด 250 ไมครอน พิมพ์ด้วยระบบสกรีนใช้หมึกพิมพ์สรีนยูวี โดยมีการเติมสารแต่งเติมลงไปเพื่อคุณสมบัติด้านการยึดติดของหมึกพิมพ์ พิมพ์ลงกระดาษการ์ดขาว 230 แกรม ขนาด A3 เมื่อพิมพ์เสร็จแล้วนำประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอักษรเบรลล์ จำนวน 3 ท่าน และนำประเมินหาความพึงพอใจกับผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็น ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 15 คน ผลการศึกษาพบว่า สื่อสิ่งพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ผลิตด้วยระบบการพิมพ์สกรีน นักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็น สามารถอ่านและเรียนรู้ได้อย่างดี เนื่องจากความนูนมีระดับที่สามารถสัมผัสได้ง่ายจึงทำให้นักเรียนผู้ที่มีความบกพร่องมีความพึงพอใจต่ออักษรเป็นอย่างดี ทำให้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนให้กับผู้ที่มีความบกพร่องทางการเห็นได้