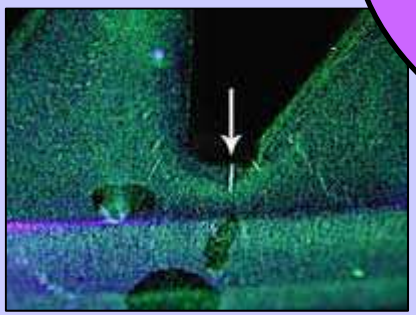
บทที่ 4
การทดสอบโดยวิธีสารแทรกซึม
Penetrant Testing : PT



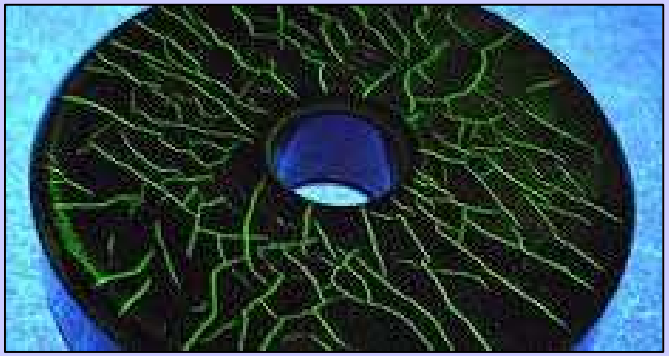
บทนำ

การทดสอบโดยวิธีสารแทรกซึมเป็นการทดสอบที่สะดวกและง่ายเมื่อเทียบกับการทดสอบโดยไม่ทำลายอื่นๆ ใช้ได้กับวัสดุเกือบทุกชนิดที่ไม่มีรูพรุน เช่น แก้ว พลาสติก เซรามิค โลหะ อโลหะ ฯลฯ

ใช้หลักการดูดซึมสารแทรกซึมเป็นของเหลวเข้าไปในรอยความไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นจึงใช้ทดสอบรอยความไม่ต่อเนื่องที่อยู่ที่ผิวหรือเปิดสู่ผิวเท่านั้น รอยความไม่ต่อเนื่องที่อยู่ใต้ผิวเพียงเล็กน้อยจะไม่สามารถทดสอบได้ด้วยวิธีนี้ ต้องทำความสะอาดก่อนการทดสอบเป็นอย่างดีเสมอ

ข้อได้เปรียบของการทดสอบ

1. สามารถทดสอบได้กับวัสดุเกือบทุกชนิดที่ไม่มีรูพรุน
2. รูปร่างของชิ้นงานไม่เป็นข้อจำกัดในการทดสอบ
3. มีขั้นตอนการทดสอบที่เข้าใจได้ง่าย และง่ายต่อการปฏิบัติ
4. ใช้อุปกรณ์น้อยและมีราคาไม่แพง

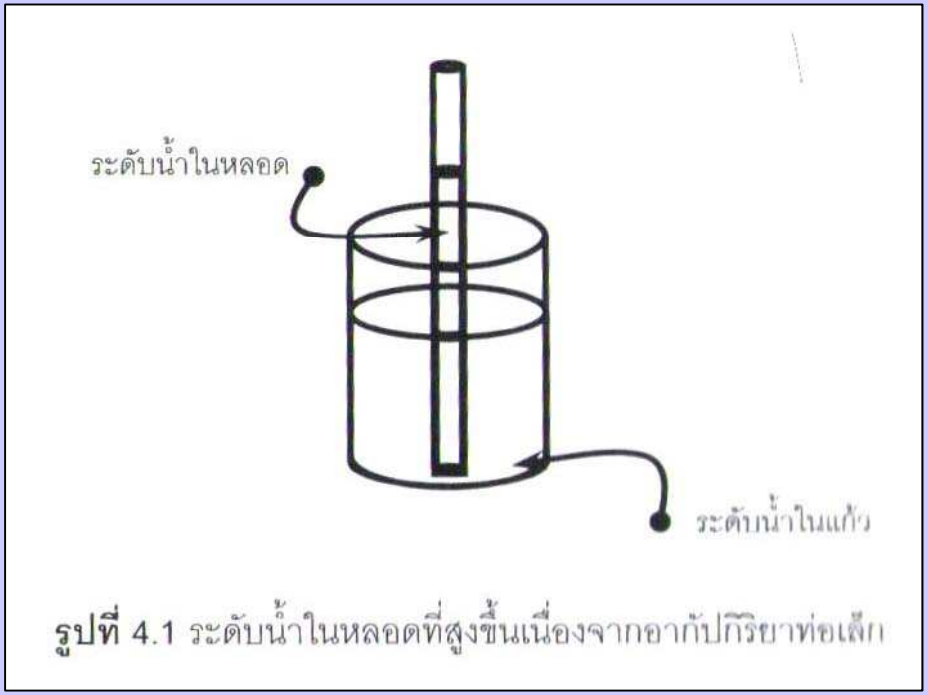


ข้อเสียเปรียบของการทดสอบ

1. รอยความไม่ต่อเนื่องที่ทดสอบพบจะต้องเปิดสู่ผิวเท่านั้น
2. ต้องทำความสะอาดที่ผิวชิ้นงานที่จะทดสอบให้ดีกว่าการทดสอบโดยไม่ทำลายวิธีอื่น
3. ต้องรอระยะเวลาสารแทรกซึม (Dwell time) และระยะเวลาดีเวลอป (Developer time)
4. บริเวณที่ทดสอบจะมีกลิ่นหรือการกระจายของสารแทรกซึม

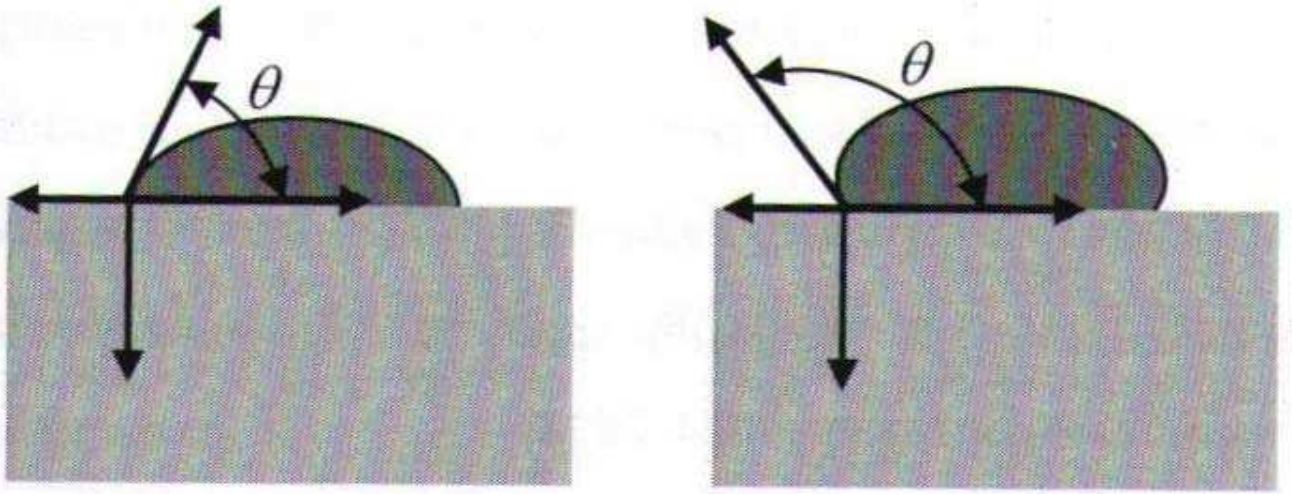
ทฤษฎีการทดสอบโดยวิธีสารแทรกซึม

ใช้หลักการดูดซึมสารแทรกซึมลงไปในรอยความไม่ต่อเนื่องที่เรียกว่าอากัปกิริยาท่อเล็ก (Capillary action) ดังแสดงในรูป แรงดึงดูดจากอากัปกิริยาท่อเล็ก จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรอยความไม่ต่อเนื่อง (หรือในที่นี้คือขนาดของหลอดพลาสติก) และคุณสมบัติของสารแทรกซึมซึ่งได้แก่ ความตึงผิว (Surface tension) และความสามารถในการเปียก (Wetting ability)



รูปที่ 4.1 ระดับน้ำในหลอดที่สูงขึ้นเนื่องจากอากัปกิริยาท่อเล็ก

ความสามารถในการเปียก เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากประการหนึ่ง ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมที่ของเหลวสัมผัสกับผิวงาน (θ) ถ้าเป็นมุมที่เล็ก (Small contact angle) ค่าความสามารถในการเปียกจะสูง และถ้าเป็นมุมที่ใหญ่ (Large contact angle) จะมีความสามารถในการเปียกที่ต่ำ ดังแสดงในรูป ค่าความสามารถของการเปียกสามารถคำนวณได้จากค่า (cosθ)

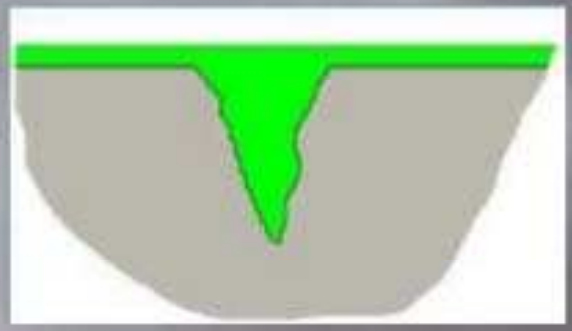


รูปที่ 4.2 มุมสัมผัสระหว่างของเหลวกับชิ้นงาน

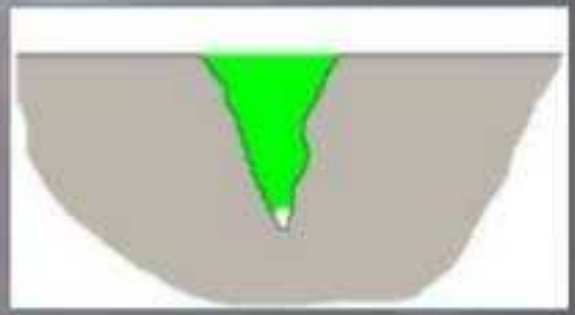
Basic Process of PT

1) Clean & Dry Component

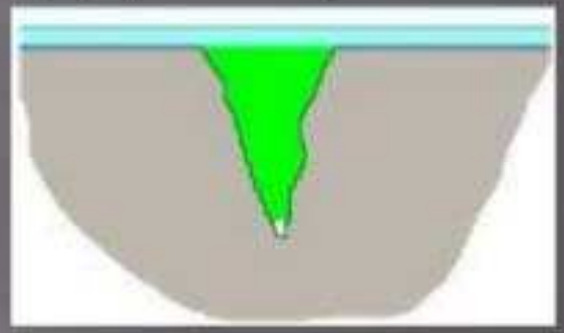
2) Apply Penetrant



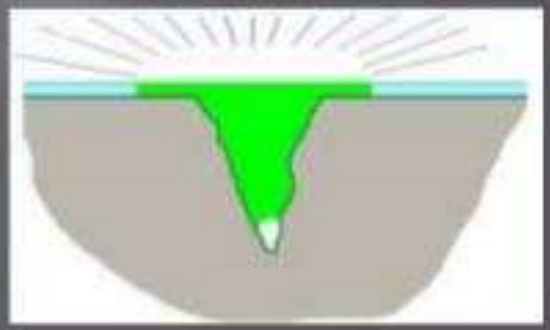
3) Remove Excess



4) Apply Developer



5) Visual Inspection



6) Post Clean Component

ชนิดของสารแทรกซึม

<u>สารแทรกซึม</u> คือ สารที่แทรกซึมลงไปในรอยความไม่ต่อเนื่องที่เปิดสู่ผิว แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ตามชนิดของการมองเห็นคือ

1. ชนิดวาวแสงหรือเรืองแสง (Fluorescent dye)
2. ชนิดย้อมสีหรือมองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible dye or color contrast dye)
3. ชนิดผสมกันระหว่างชนิดวาวแสงและชนิดย้อมสี (Dual mode penetrant)

1. สารแทรกซึมชนิดวาวแสง

เป็นสารที่จะมองเห็นภายใต้แสงแบล็กไลต์ (Black light) โดยจะเห็นเป็นสีเขียวเหลือง แสงจากหลอดแบล็กไลต์ ดังแสดงในรูป เป็นแสงอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet : UV) ซึ่งมีความยาวคลื่นของแสงอยู่ในช่วง 200 ถึง 400 นาโนเมตร แต่เนื่องจากแสงในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 200 ถึง 320 นาโนเมตร เป็นแสงที่เป็นอันตรายต่อผิวหนังและสายตาของมนุษย์ ดังนั้นจึงใช้ตัวกรองแสง (Filter) กรองแสงในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวออก คงเหลือไว้เฉพาะช่วงความยาวคลื่น 320 ถึง 400 นาโนเมตร

รูปที่ 4.3 หลอดแบล็กไลต์สำหรับสร้างแสงอุลตราไวโอเลต

ในกรณีที่ตัวกรองแสงชำรุดเสียหาย และผู้ทดสอบมองตรงไปที่หลอดแบล็กไลต์จะเป็นผลทำให้ในตาพร่ามัวไปชั่วขณะ (Eyeball fluorescent) ในการทดสอบโดยใช้สารแทรกซึมจะต้องกระทำในที่มืด (ลักษณะห้องมืดที่ใช้ในการทดสอบ ดังแสดงในรูป) โดยทำให้แสงสีขาว (White light) จากหลอดไฟ หรือ แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ (Day light) จากภายนอกเล็กลอดเข้ามาในบริเวณที่ใช้ทดสอบให้น้อยที่สุดไม่เกิน 20 ลักซ์

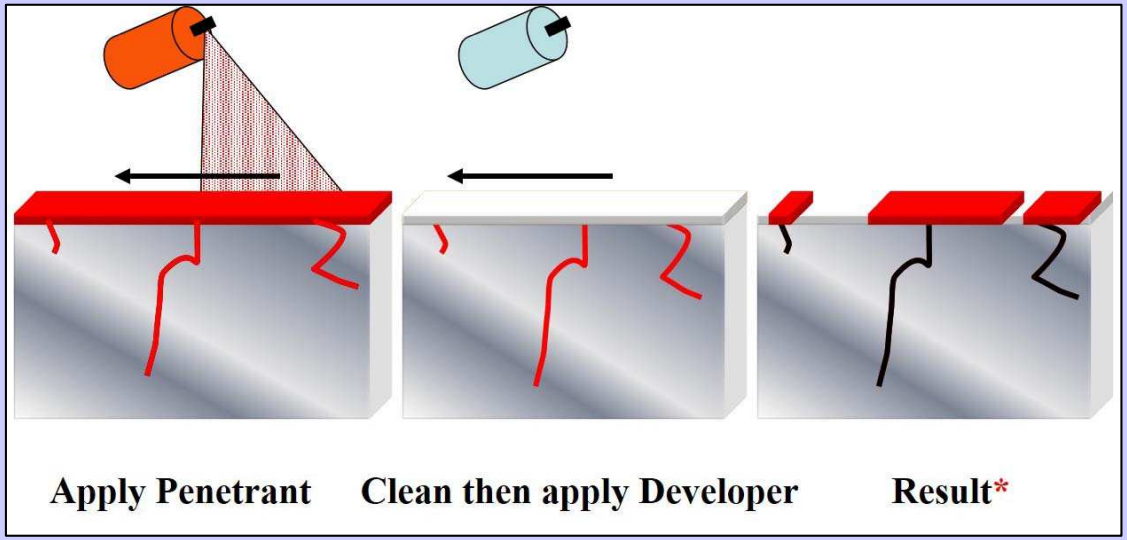
รูปที่ 4.4 สถานที่สำหรับการทดสอบโดยใช้สารแทรกซึมชนิดวาวแสง

ความเข้มของแสงแบล็กไลต์ที่ใช้จะต้องมีความสว่างไม่ต่ำกว่า 1,000 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (1,000 $\mu W/cm^2$) ตามมาตรฐาน ASME และไม่น้อยกว่า 12 วัตต์ต่อตารางเมตร บนผิวหน้าชิ้นงาน ตามมาตรฐาน มอก.1324 โดยปกติในการใช้งานครั้งแรกจะต้องอุ่นไส้หลอดเป็นเวลานานไม่ต่ำกว่า 5 นาที (ในขณะที่เปิดหลอดไฟ ความเข้มของแสงจะต่ำและจะค่อยๆเพิ่มขึ้นทีละน้อย) การทดสอบด้วยวิธีนี้ผู้ทดสอบควรปรับสายตาโดยการเข้าไปอยู่ในห้องมืดอย่างน้อย 5 นาที ก่อนการทดสอบ

หลอดแบล็กไลต์จะดับเองในกรณีที่มีการผันผวน (Fluctuate) ของความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage) หรือกรณีที่หลอดร้อนเกินไป หรือแม้กระทั่งในกรณีที่ถูกกระแทกแรงๆ หลอดก็จะดับเอง เช่นกัน การแก้ไขจะต้องปล่อยให้หลอดเย็นลงชั่วขณะหนึ่งแล้วจึงเปิดสวิตซ์ใหม่

2. สารแทรกซึมชนิดย้อมสี

เป็นสารแทรกซึมชนิดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า โดยปกติจะมีสีแดงเพื่อตัดกับสีของดีเวลอปเปอร์ซึ่งเป็นสีขาว สาเหตุที่ใช้สีแดงตัดกับสีขาวเนื่องจากทำให้เกิดการมองเห็นได้ชัดเจนที่สุด แสงที่ใช้ช่วยในการมองเห็นเป็นแสงสีขาวจากไฟฟ้าแสงสว่างหรือแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งความเข้มของแสงจะต้องไม่ต่ำกว่า 1000 ลักซ์ ความไวในการทดสอบ (sensitivity) จะน้อยกว่าการใช้สารแทรกซึมชนิดวาวแสงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปในงานสนามมักเลือกใช้สารแทรกซึมชนิดย้อมสี เพราะไม่ต้องจัดทำให้ปริมาณที่ทดสอบเป็นที่มืดนั่นเอง



3. สารแทรกซึมชนิดผสมกันระหว่างชนิดวาวแสงและชนิดย้อมสี

สามารถเลือกใช้ทดสอบทั้งภายใต้แสงจากไฟแสงสว่างหรือภายใต้แสงแบล็กไลต์ โดยในกรณีที่ทดสอบรอยความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดใหญ่อาจเลือกทดสอบภายใต้ไฟฟ้าแสงสว่าง แต่ถ้าต้องการทดสอบที่มีความไวในการทดสอบสูงขึ้น หรือทดสอบรอยแตกที่มีขนาดเล็กมากๆ ก็อาจเลือกทดสอบภายใต้แสงแบล็กไลต์ การมองเห็นเป็นสีแดงภายใต้ไฟแสงสว่าง แต่จะมองเห็นเป็นสีบรอนซ์ส้มภายใต้แสงแบล็กไลต์

ชนิดของน้ำยาแทรกซึมและการกำจัดออก

น้ำยาแทรกซึมแบ่งตามชนิดของการกำจัดออกได้ 3 ชนิด

ก) ชนิดล้างออกได้ด้วยน้ำ (Water washable)

ข) ชนิดล้างออกได้โดยการใช้อิมัลซิฟายเออร์ (Post emulsifier)

ค) ชนิดเช็ดออกได้ด้วยตัวทำละลาย (Solvent removable)

ก) การกำจัดสารแทรกซึมด้วยการล้างออกด้วยน้ำ

เป็นสารแทรกซึมที่ล้างน้ำออกได้ แสดงว่าในสารแทรกซึมชนิดนี้ได้ผสมอิมัลซิฟายเออร์หรือตัวที่ทำให้น้ำล้างออกได้ลงไปในสารแทรกซึมแล้ว วิธีที่ดีที่สุดในการล้างด้วยน้ำคือใช้การพ่นน้ำเป็นฝอยที่ความดันไม่เกิน 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) และอุณหภูมิของน้ำต้องไม่เกิน 43° C ตามมาตรฐาน ASME ตามมาตรฐานประเทศไทย ความดันของน้ำต้องไม่เกิน 275 กิโลพาสคัล และอุณหภูมิของน้ำต้องอยู่ระหว่าง 10° C ถึง 38° C ให้หัวฉีดห่างจากชิ้นงานไม่น้อยกว่า 275 เซนติเมตรถ้าทำได้ ไม่มีข้อกำหนดเรื่องระยะเวลาในการล้าง (ในกรณีล้างสารวาวแสงให้ตรวจสอบภายใต้แสงแบล็กไลต์)

ข) การกำจัดสารแทรกซึมออกได้โดยการใช้อิมัลซิฟรายเออร์

อิมัลซิฟายเออร์เป็นสารที่มีคุณสมบัติที่ทำให้สารแทรกซึมล้างน้ำออกได้ หรือทำหน้าที่เหมือนสบู่นั่นเอง ใช้เคลือบลงบนชิ้นงานหลังจากครบระยะเวลาแทรกซึมแล้ว เวลาที่ใช้เคลือบอิมัลซิฟายเออร์นั้นสำคัญมาก จะต้องควบคุมไม่ให้นานเกินไปจนทำให้ล้างสารแทรกซึมออกมากเกินไป เวลาที่เหมาะสมจะต้องดูจากคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตประกอบกับจากการทดลองหาเวลาที่เหมาะสม

อิมัลซิฟายเออร์มี 2 ชนิด

1. <u>อิมัลซิฟายเออร์ชนิดน้ำมัน (Lipophilic emulsifier)</u>

เป็นชนิดที่ผลิตขึ้นในช่วงเริ่มต้นของการใช้อิมัลซิฟายเออร์ คำว่า “Lipo” หมายถึงน้ำมัน (Oil) หน้าที่ของอิมัลซิฟายเออร์ชนิดนี้ คือผสมเข้ากับสารแทรกซึม ซึ่งจะทำให้สารแทรกซึมนั้นมีคุณสมบัติล้างออกได้ ระยะเวลาที่เคลือบด้วยอิมัลซิฟายเออร์ (Emulsifier time) นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก และสามารถหาระยะเวลาที่เหมาะสมได้จากการทดลอง

2. <u>อิมัลซิฟายเออร์ชนิดน้ำ (Hydrophilic emulsifier)</u>

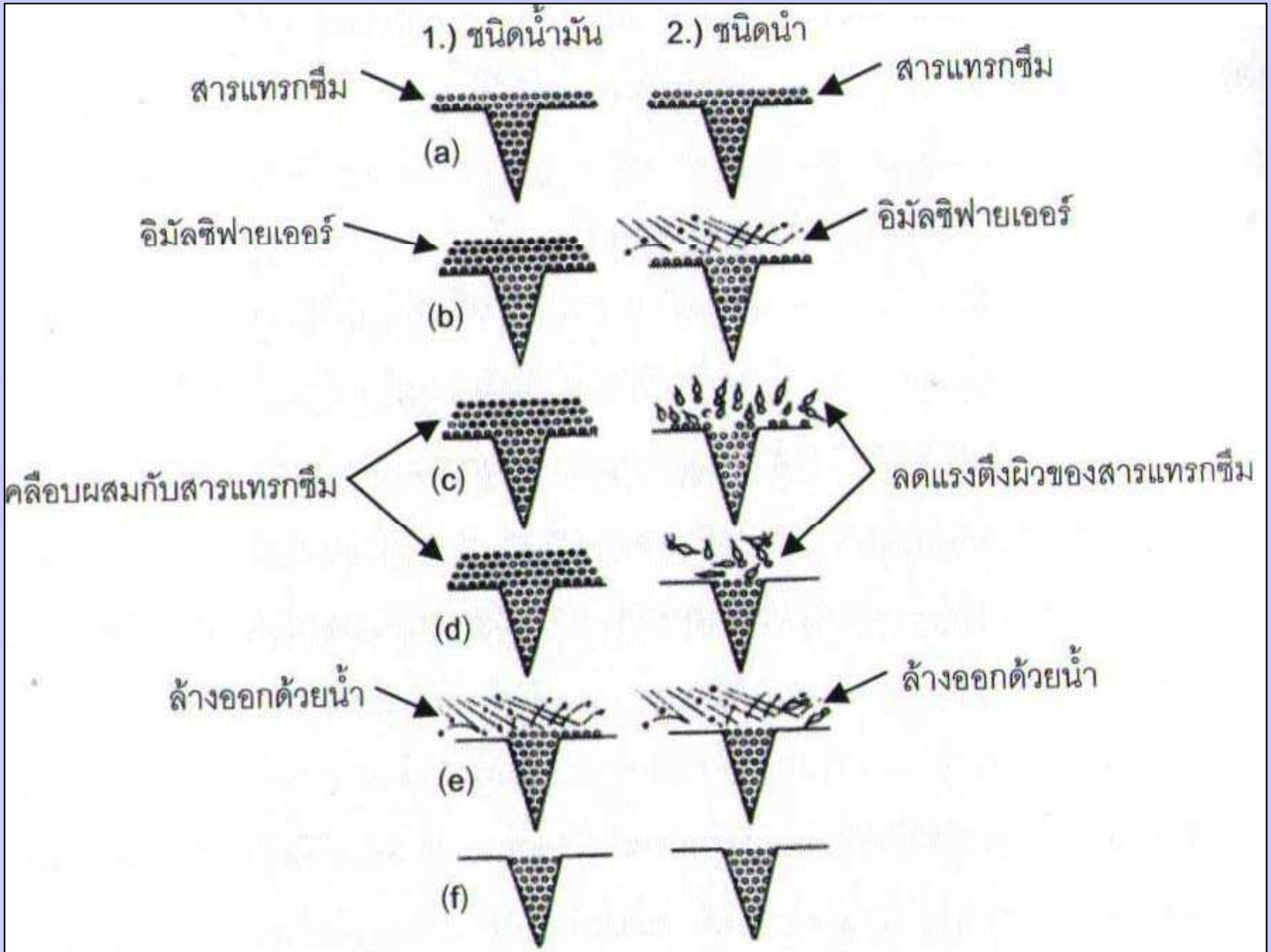
เป็นชนิดที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีจำหน่ายทั้งแบบที่ผสมและยังไม่ได้ผสมกับน้ำ คำว่า “hydro” หมายถึง น้ำ อิมัลซิฟายเออร์ชนิดนี้จะไม่ผสมเข้ากับสารแทรกซึมโดยตรงแต่จะทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวของสารแทรกซึมทำให้สารแทรกซึมล้างน้ำออกได้ เวลาที่เคลือบอิมัลซิฟายเออร์ที่เหมาะสมก็หาได้จากการทดลองเช่นเดียวกัน

อิมัลซิฟายเออร์ชนิดน้ำมัน

(Lipophilic emulsifier)

อิมัลซิฟายเออร์ชนิดน้ำ

(Hydrophilic emulsifier)



รูปที่ 4.5 การทำปฏิกิริยาระหว่างอิมัลซิฟายเออร์ทั้ง 2 แบบกับสารแทรกซึม

ค) การกำจัดสารแทรกซึมโดยการเช็ดออกด้วยตัวทำละลาย

ตัวทำละลายมีส่วนประกอบของ เมทิลลีน คลอไรด์ (Methylene chloride) ไอโซโพรพิล แอลกอฮอล์ (Isopropyl alcohol) และทินเนอร์ การเลือกใช้ต้องใช้ตามชนิดของสารแทรกซึม การกำจัดด้วยตัวทำละลายจะต้องไม่ฉีดหรือพ่นตัวทำละลายลงบนชิ้นงานโดยตรง จะต้องฉีดใส่ผ้าพอหมาดๆ แล้วเช็ดออก การทดสอบว่าเช็ดออกหมดหรือไม่ให้ดูว่าไม่มีสีของสารแทรกซึมติดออกมากับผ้าที่เช็ด ดังนั้นผ้า (หรืออาจเป็นกระดาษ) ที่ใช้เช็ดควรจะมีสีขาวและไม่มีขน ถ้าเป็นสารแทรกซึมแบบเรืองแสงต้องมองดูภายใต้แสงแบล็กไลต์

ชนิดของดีเวลอเปอร์

ดีเวลอเปอร์ คือ สารสร้างภาพ โดยเป็นสารเคมีที่ดึงสารแทรกซึม เพื่อแสดงภาพเป็นรอยบ่งชี้ ของรอยความไม่ต่อเนื่องนั้นๆ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1) <u>แบบแห้ง (Dry developer)</u> มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาวคล้ายฝุ่นชอร์ค ใช้เคลือบที่ผิวหน้าชิ้นงานด้วยวิธีพ่น จุ่ม หรืออาจวางไว้ในที่ ที่มีดีเวลอเปอร์ฟุ้งกระจายอยู่ การเคลือบดีเวลอเปอร์จะทำเมื่อชิ้นงานแห้ง ดีเวลอเปอร์แบบแห้งนี้เหมาะสำหรับใช้ในกระบวนการทดสอบแบบอัตโนมัติ ซึ่งการกำจัดดีเวลอเปอร์ออกทำได้ง่าย

2) <u>แบบเปียก (Wet developer)</u> สามารถแบ่งย่อยออกได้เป็น 3 ชนิด

2.1 *ชนิดแขวนลอยอยู่ในน้ำ (Water suspension of powder)* เวลาใช้จะต้องกวน ให้ผงที่แขวนลอยอยู่เข้ากันกับน้ำ ชนิดนี้มีความไว (Sensitivity) ในการทดสอบต่ำ

2.2 *ชนิดละลายในน้ำ (Developer soluble in water)* มีความไวในการทดสอบดีกว่าแบบแรก

2.3 *ชนิดที่แขวนลอยอยู่ในตัวทำละลาย (Solvent suspension of powder)* บางครั้งดีเวลอเปอร์ชนิดนี้จะแบ่งเป็นชนิดที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก (Aqueous) และชนิดที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (Non-aqueous) โดยมีเวลอเปอร์ชนิดที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบหลัก และชนิดแขวนลอยอยู่ในน้ำรวมทั้งชนิดละลายในน้ำข้างต้น สามารถใช้กับชิ้นงานที่ยังเปียกอยู่หลังจากผ่านการชำระล้างด้วยน้ำมาโดยที่ไม่ต้องรอให้แห้ง

Wet developer

ระยะเวลาแทรกซึมและดีเวลอเปอร์ที่เหมาะสม

ระยะเวลาแทรกซึมที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ (Type of material) กระบวนการผลิต (Form) และชนิดของรอยความไม่ต่อเนื่อง (Type of discontinuity) รวมถึงชนิดของน้ำยา เวลาที่เหมาะสมตามมาตรฐาน C.G.S.B. (The Canadian General Standards Board)

ระยะเวลาที่เหมาะสมของดีเวลอเปอร์ คือประมาณครึ่งหนึ่งของระยะเวลาแทรกซึม แต่ไม่ต่ำกว่า 10 นาที และไม่เกิน 60 นาที ระยะเวลาดีเวลอเปอร์ ที่เหมาะสมตามมาตรฐาน ASME

การแบ่งชนิดสารแทรกซึม

เนื่องจากชนิดของสารแทรกซึมแบ่งออกตามการมองเห็นมี 2 ชนิด และแบ่งตามประเภทของการกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกินออกมี 3 วิธีเช่นกัน ดังนั้นชนิดของสารแทรกซึมจึงสามารถแบ่งออกได้ตามการมองเห็นและการล้างออกได้ 6 วิธีคือ

1. ชนิดวาวแสงล้างออกได้ด้วยน้ำ
2. ชนิดวาวแสงที่ล้างออกได้โดยใช้อิมัลซิฟายเออร์
3. ชนิดวาวแสงเช็ดออกได้ด้วยตัวทำละลาย
4. ชนิดย้อมสีล้างออกได้ด้วยน้ำ
5. ชนิดย้อมสีที่ล้างออกได้โดยใช้อิมัลซิฟายเออร์
6. ชนิดย้อมสีที่เช็ดออกด้วยตัวทำละลาย

ชนิดวาวแสงล้างออกได้ด้วยน้ำ

ข้อได้เปรียบ

1. ความไวในการทดสอบสูง สามารถมองเห็นรอยบ่งชี้ได้ชัดเจน
2. ใช้ขั้นตอนเพียง 1 ขั้นตอน ในกระบวนการล้างออก (ไม่ต้องใช้อิมัลซิฟายเออร์)
3. การล้างออกด้วยน้ำเหมาะสมกับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน เช่น ร่องเกลียวหรือร่องสลักหรือชิ้นส่วนที่มีผิวไม่เรียบ
4. สะดวกและรวดเร็วในการใช้กับชิ้นงานขนาดเล็ก
5. ค่าใช้จ่ายไม่แพง

ข้อเสียเปรียบ

1. ไม่เหมาะสมกับรอยความไม่ต่อเนื่องที่กว้างและตื้น
2. วิธีการนี้มีโอกาสที่จะเกิดการล้างออกมากเกินไป (Over washing) ได้ง่าย
3. วิธีนี้ต้องการห้องมืดและแสงแบล็กไลต์ในการทดสอบ
4. จะต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆในการชำละล้าง
5. การทดสอบซ้ำด้วยวิธีนี้อีกครั้ง จะทำให้ผลการทดสอบไม่น่าเชื่อถือ
6. สิ่งสกปรกที่อยู่ในน้ำที่ใช้ล้างออก มีผลต่อความไวในการทดสอบอย่างมาก
7. โครเมต (Chromates) และกรดโครมิค (Chromic) จะมีผลต่อความไวในการทดสอบด้วยวิธีนี้
8. ความไวในการทดสอบจะด้อยกว่าวิธีการใช้เคลือบด้วยอิมัลซิฟายเออร์เมื่อใช้ทดสอบรอยร้าวที่มีขนาดเล็กมากๆ
9. ใช้ระยะเวลาแทรกซึม นานกว่าแบบล้างออกได้โดยใช้อิมัลซิฟายเออร์

ชนิดวาวแสงที่ล้างออกได้โดยใช้อัลซิฟายเออร์

ข้อได้เปรียบ

1. ความไวในการทดสอบสูง สามารถเห็นรอยบ่งชี้ได้ชัดเจน
2. ใช้ได้ดีกับรอยความไม่ต่อเนื่องที่มีลักษณะกว้างและตื้น
3. สิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปนที่อยู่ในน้ำมักจะตกตะกอนนอนอยู่ที่ก้นถัง จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการทดสอบ
4. เวลาในการรอระยะเวลาในการแทรกซึมน้อยกว่าแบบล้างออกได้ด้วยน้ำ
5. มีความไวในการทดสอบสูง เหมาะสำหรับทดสอบรอยความไม่ต่อเนื่องที่มีขนาดเล็กๆ
6. ในกรณีที่ทำการทดสอบซ้ำ ผลของการทดสอบซ้ำจะให้ผลการทดสอบที่ถูกต้อง
7. เหมาะสำหรับผิวชิ้นงานที่เรียบและไม่ซับซ้อน

ข้อเสียเปรียบ

1. ต้องเพิ่มขั้นตอนการใช้อิมัลซิฟายเออร์ ทำให้ต้องใช้เวลาทดสอบมากกว่า และใช้อุปกรณ์และเครื่องมือมากกว่า
2. ระยะเวลาที่ปล่อยให้อิมัลซิฟายเออร์ทำปฏิกิริยากับสารแทรกซึมต้องควบคุมให้พอเหมาะ เนื่องจากมีความสำคัญอย่างมากต่อการกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกินไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป โดยเฉพาะการใช้อิมัลซิฟายเออร์ชนิดน้ำมัน
3. มีค่าใช้จ่ายที่มากกว่าแบบที่ล้างน้ำออก
4. วิธีนี้ไม่เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน มีร่องเกลียว ร่องสลักหรือผิวไม่เรียบ
5. ต้องการห้องมืดและหลอดแบล็กไลต์ในการทดสอบ
6. ต้องมีอุปกรณ์ต่างๆ สำหรับชำระล้างด้วยน้ำ

ชนิดวาวแสงเช็ดออกได้ด้วยตัวทำละลาย

ข้อได้เปรียบ

1. มีความไวในการทดสอบที่ดี ทำให้มองเห็นรอยบ่งชี้ได้ชัดเจน
2. ไม่ต้องใช้อุปกรณ์สำหรับล้างออกด้วยน้ำทำให้พกพาได้สะดวกเหมาะกับการใช้ในงานสนาม
3. น้ำยาบรรจุอยู่ในภาชนะ (กระป๋อง) ที่ปกปิดมิดชิด ทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องสารปนเปื้อน
4. เหมาะสำหรับทดสอบจุดเล็กๆหรือบริเวณแคบๆ ของชิ้นงานขนาดใหญ่

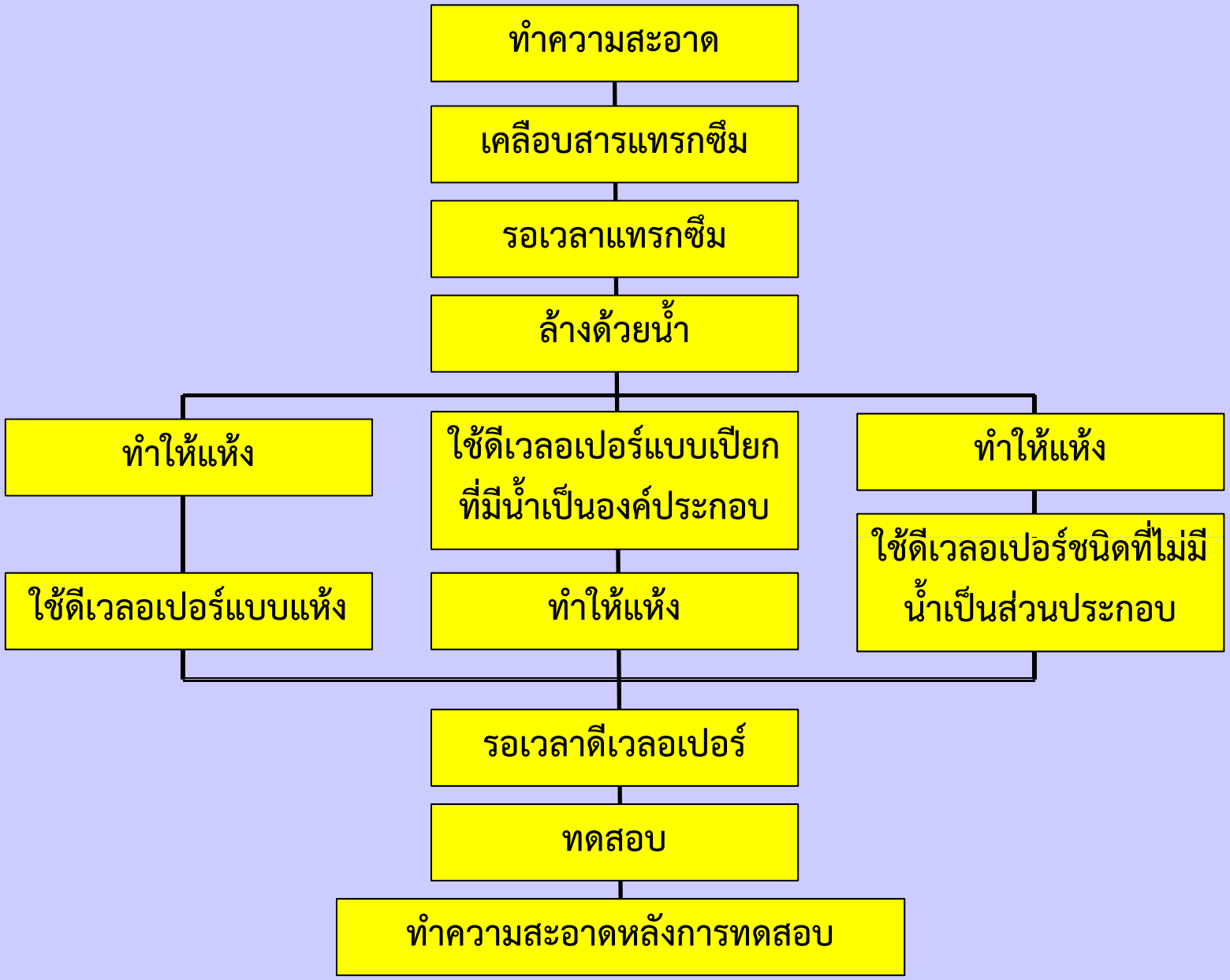
ข้อเสียเปรียบ

1. ต้องการห้องมืดและแสงจากหลอดแบล็กไลต์ในการทดสอบ
2. การใช้ตัวทำละลายมากเกินไป หรือไม่ถูกวิธีจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการทดสอบ
3. ไม่เหมาะสมที่จะทดสอบชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่หรือเป็นบริเวณกว้าง เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงและใช้มากกว่า
4. การระบายอากาศจะต้องดี เนื่องจากจะมีการฟุ้งกระจายของตัวทำละลาย

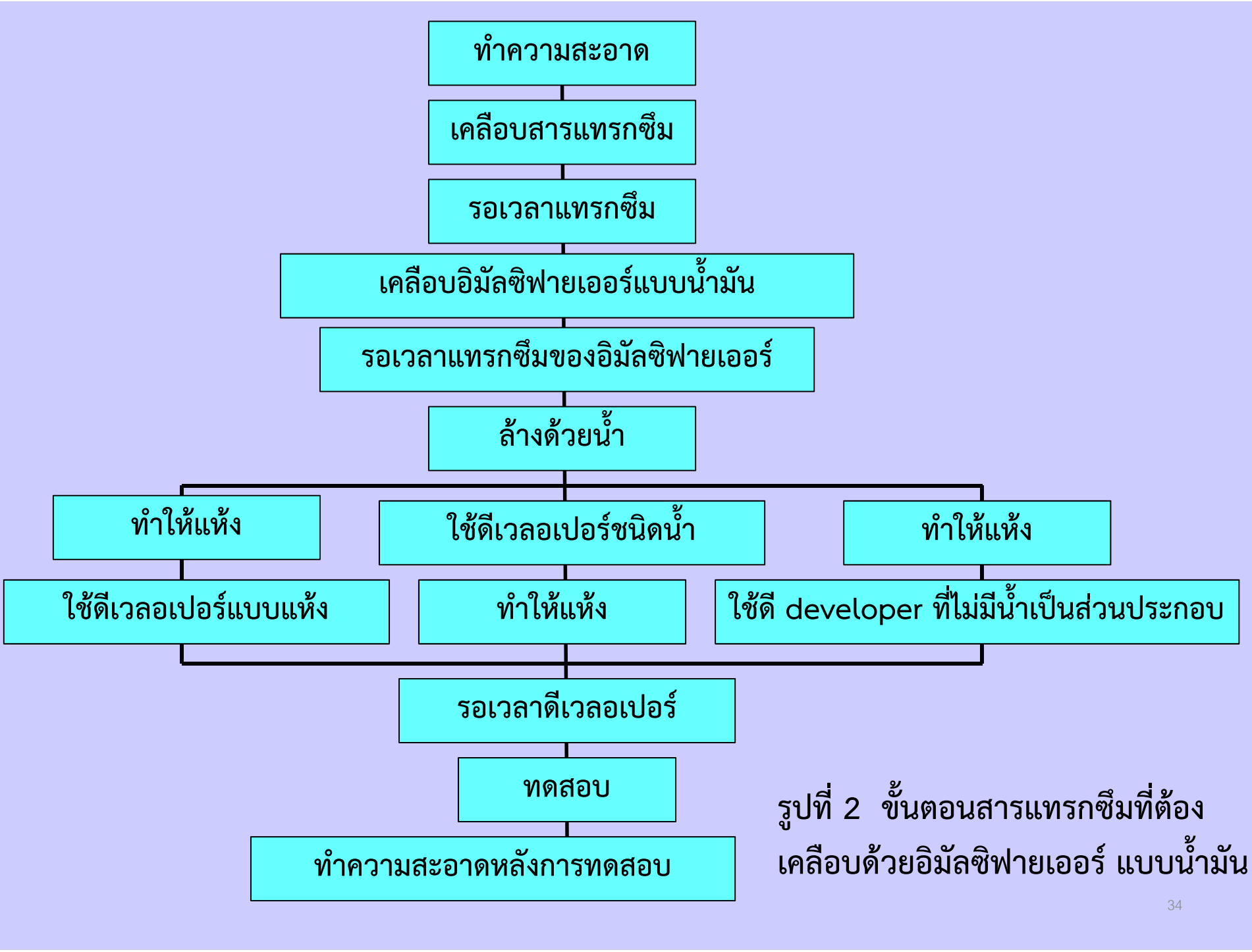
สรุปความเหมาะสมของการเลือกใช้ชนิดสารแทรกซึม

การเลือกใช้ชนิดของสารแทรกซึมตามรูปร่างและความเรียบผิว

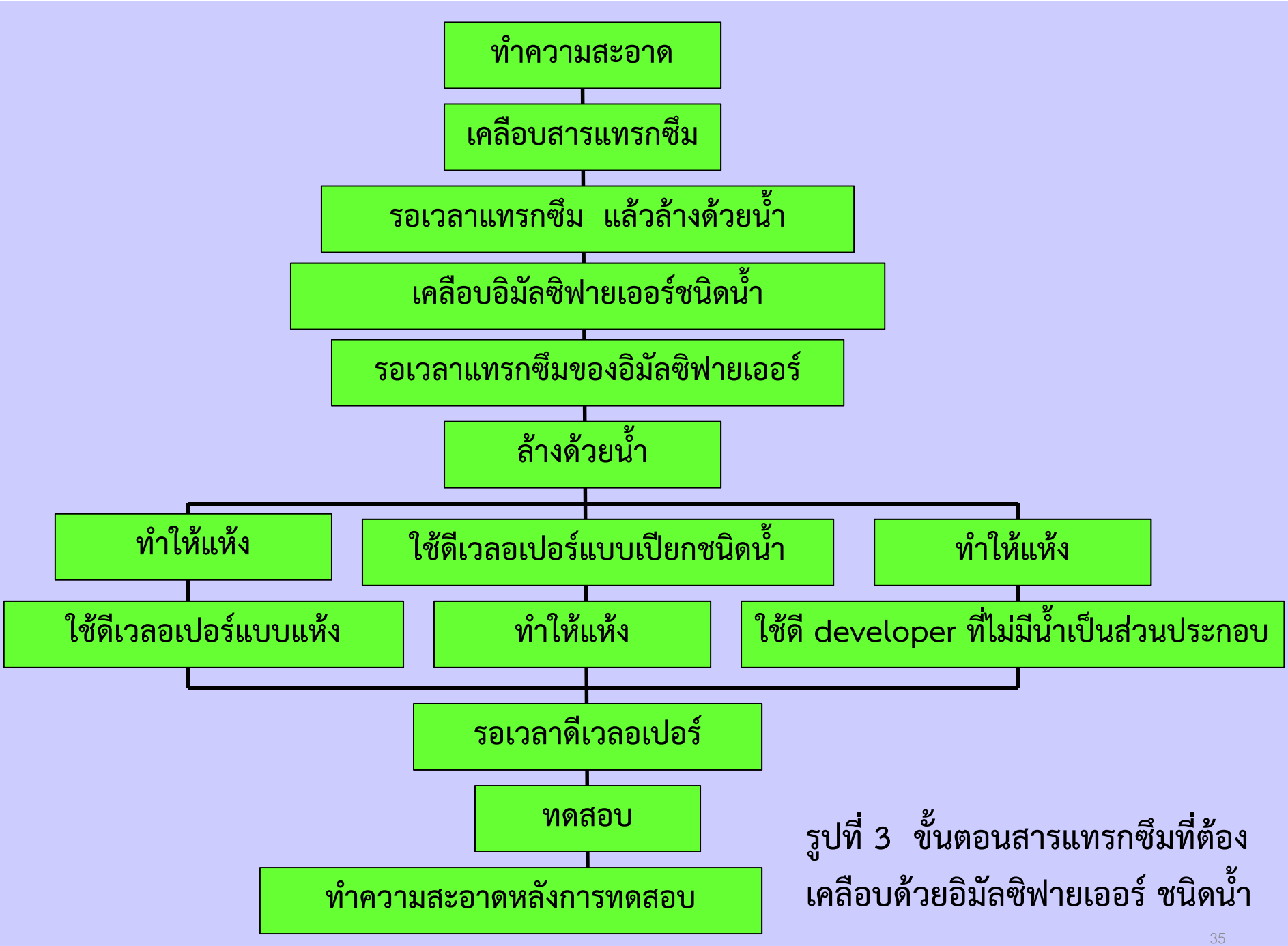
1. ในกรณีที่รูปร่างซับซ้อนและผิวไม่เรียบ ควรใช้ชนิดล้างน้ำออกได้
2. ในกรณีที่รูปร่างไม่ซับซ้อนและมีผิวเรียบ ควรใช้ชนิดเคลือบอิมัลซิฟายเออร์
3. เคลื่อนย้ายได้ มีรูปร่างไม่ซับซ้อนและมีผิวเรียบ ควรกำจัดออกด้วยตัวทำละลาย
4. ในกรณีใช้สารแทรกซึมแบบย้อมสี ไม่ต้องใช้แสงแบล็กไลต์เหมือนอย่างแบบวาวแสงทำให้สะดวกต่อการทดสอบงานทั่วๆไป แต่ก็มีข้อเสียเปรียบคือความไวในการทดสอบที่ลดลง เนื่องจากสารวาวแสงจะมองเห็นได้ง่ายกว่า



รูปที่ 1 ขั้นตอนการใช้สารแทรกซึมวิธีล้างออกด้วยน้ำ



รูปที่ 2 ขั้นตอนสารแทรกซึมที่ต้องเคลือบด้วยอิมัลซิฟายเออร์ แบบน้ำมัน



รูปที่ 3 ขั้นตอนสารแทรกซึมที่ต้องเคลือบด้วยอิมัลซิฟายเออร์ ชนิดน้ำ

รูปที่ 4 สารแทรกซึมชนิดกำจัดออกด้วยตัวทำละลาย

ขั้นตอนการทดสอบโดยวิธีสารแทรกซึม

ชนิดของสารแทรกซึม วิธีการล้างกำจัดสารแทรกซึมและดีเวลอเปอร์ (Developer) มีด้วยกันหลายชนิด ซึ่งจะทำให้ขั้นตอนการทดสอบแตกต่างกันไปบ้างในรายละเอียดตามการเลือกใช้แต่อย่างไรก็ตามขั้นตอนโดยทั่วๆไปจะประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การทำความสะอาด (Cleaning)
2. การใช้สารแทรกซึม (Apply penetrant)
3. การกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกิน (Excess penetrant removig)
4. การใช้ดีเวลอเปอร์ทำปฏิกิริยากับน้ำยาแทรกซึม (Apply developer)
5. การบันทึกผลและการตรวจสอบ (Record and inspection)
6. การทำความสะอาดหลังการทดสอบ (Post cleaning)

1. การทำความสะอาด (cleaning)

ผิวหน้าชิ้นงานจะต้องทำความสะอาดอย่างดี จะต้องกำจัดสิ่งสกปรก เช่น ไขมัน สี สนิม สะเก็ด ความชื้น หรือสิ่งสกปรกอื่นๆ ออกให้หมด เพื่อไม่ให้สิ่งสกปรกไม่ให้ซึมลงไปในรอยความไม่ต่อเนื่อง การเลือกวิธีทำความสะอาดชิ้นงานให้เลือกตามความเหมาะสม เช่น ใช้ตัวทำละลาย (Solvent) น้ำยาลอกสี สารชำระล้างที่เป็นกรดหรือด่าง หรือ วิธีทางกลต่างๆ โดยจะต้องไม่ลดความคมชัดของรอยบ่งชี้ วิธีที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่ การล้างด้วยตัวทำละลาย การทำความสะอาดบริเวณแนวเชื่อมให้ทำความสะอาดเผื่อออกมาเป็นระยะไม่ต่ำกว่า 25 mm หลังการทำความสะอาดจะต้องทำให้ผิวของชิ้นงานแห้งก่อนการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่อไป

2. การใช้สารแทรกซึม (Apply penetrant)

อาจทำได้หลายวิธี เช่น จุ่ม (immersion) พ่น (spraying) ทา (brushing) หรือ เทราด (Pouring) จะต้องทำให้ผิวของชิ้นงานเปียกชุ่มด้วยสารแทรกซึม (Dwell time หรือ Penetration time) ระยะเวลาที่ต่ำที่สุดที่รอให้สารแทรกซึม ซึมลงไปในรอยความไม่ต่อเนื่องนี้เรียกว่าระยะเวลาแทรกซึม ค่าระยะเวลาต่ำที่สุดมีค่าแตกต่างกันในแต่ละมาตรฐาน เช่น ไม่ต่ำกว่า 5 นาที หรือ 10 นาที ตามมาตรฐาน ASME ในกรณีที่ระยะเวลาแทรกซึมเกิน 2 ชั่วโมง ต้องจุ่ม พ่น ทา สารแทรกซึมซ้ำเพื่อป้องกันไม่ให้สารแทรกซึมแห้งหรือเสื่อมสภาพ [มอก. 1324, 2539] ในกรณีที่ใช้สารแทรกซึมโดยการจุ่มชิ้นงานลงในสารแทรกซึม เวลาของการจุ่มต้องไม่เกินครึ่งหนึ่งของระยะเวลาแทรกซึม

3. การกำจัดสารแทรกซึมส่วนเกิน (Excess penetrant removing)

จะต้องกำจัดสารแทรกซึมบริเวณผิวหน้าชิ้นงานออก โดยต้องทำให้การกำจัดไม่มากจนเกินไป ซึ่งหมายถึงไม่ทำให้สารแทรกซึมที่อยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องถูกจำกัด หรือ ไม่น้อยเกินไป ซึ่งหมายถึงการกำจัดสารแทรกซึมที่ผิวหน้างานออกไม่หมด ในอุตสาหกรรมไทยวิธีที่เป็นที่ใช้กันอยู่มากที่สุดในภาคสนามของการตรวจสอบงานเชื่อม ได้แก่ การเช็ดออกด้วยตัวทำละลาย ซึ่งมีขั้นตอนโดยสังเขปดังนี้

1) ใช้ผ้าหรือกระดาษที่แห้งและสะอาด ที่ไม่มีขนเช็ดสารแทรกซึมส่วนใหญ่ที่อยู่บนผิวหน้าของชิ้นงาน

2) หลังจากนั้นให้ชุบตัวทำละลายพอหมาดๆลงบนผ้าหรือกระดาษเช็ดลงเบาๆ จนกระทั่งสารแทรกซึมส่วนเกินออกจนหมด [ในขั้นตอนนี้ห้ามฉีดตัวทำละลายลงบนชิ้นงานโดยตรงโดยเด็ดขาด]

3) ทำให้ผิวชิ้นงานแห้งด้วยการซับด้วยผ้าหรือกระดาษแห้งที่ไม่มีขนหรือ อาจปล่อยให้แห้งด้วยการระเหย

4. การใช้ดีเวลอเปอร์ทำปฏิกิริยากับน้ำยาแทรกซึม (Apply developer)

เป็นขั้นตอนที่เคลือบดีเวลอเปอร์ลงบนผิวชิ้นงาน เพื่อทำปฏิกิริยากับสารแทรกซึมที่ซึมอยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องออกมาให้เห็น ส่วนใหญ่การทดสอบมักนิยมใช้สารแทรกซึมที่ย้อมสี (visible) ซึ่งมีสีแดง และดีเวลอเปอร์ที่มีสีขาว ดังนั้นถ้าชิ้นงานที่ทดสอบมีรอยความไม่ต่อเนื่องอยู่ ก็จะปรากฏเห็นสิ่งบ่งชี้ (indication) ที่เป็นสีแดงบนพื้นหลังที่เป็นสีของดีเวลอเปอร์ที่มีสีขาว การเคลือบดีเวลอเปอร์จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และจะต้องรอระยะเวลาให้ดีเวลอเปอร์ ดูดสารแทรกซึมออกมาด้วยอากัปกิริยาท่อเล็ก (Capillary action) ระยะเวลาที่รอให้ทำปฏิกิริยานี้เรียกว่าระยะเวลาดีเวลอป (developer time) การเคลือบดีเวลอเปอร์นี้อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่ การพ่น การจุ่ม (dipping) การวางชิ้นงานไว้ในบริเวณที่มีผงดีเวลอเปอร์ฟุ้งกระจาย เป็นต้น ในอุตสาหกรรมไทยวิธีที่เป็นที่ใช้กันอยู่มากที่สุดในภาคสนามของการตรวจสอบงานเชื่อมได้แก่ การใช้ดีเวลอเปอร์ชนิดผสมตัวทำละลาย

ก่อนใช้จะต้องรอให้ผิวชิ้นงานแห้งเสียก่อน และจะต้องใช้วิธีการพ่นลงบนผิวชิ้นงานเท่านั้น สำหรับสารแทรกซึมชนิดวาวแสงให้ใช้ดีเวลอเปอร์เคลือบบางๆและสม่ำเสมอบนผิวทั้งหมดที่จะทดสอบ ส่วนสารแทรกซึมชนิดย้อมสีให้ใช้สารดีเวลอเปอร์เคลือบจนเป็นสีขาวสม่ำเสมอ (ไม่เห็นสีดำของเนื้อโลหะ)เพื่อให้ตัดกับสีแดงที่เกิดจากรอยบ่งชี้ ระยะเวลาที่เหมาะสมของดีเวลอเปอร์ คือไม่ต่ำกว่า 10 นาที และไม่เกิน 60 นาที

5. การบันทึกผลและการตรวจสอบ (Record and inspection)

การบันทึกผลอาจทำหลายวิธีตั้งแต่การวาดภาพ การถ่ายภาพ และการใช้ดีเวลอเปอร์ ชนิดที่ลอกออกมาเป็นแผ่น ถ้าใช้สารแทรกซึมชนิดย้อมสีจะต้องใช้แสงสว่างอย่างน้อย 1000 ลักซ์ วัดที่ผิวหน้าของชิ้นงาน ในกรณีใช้สารแทรกซึมแบบวาวแสง ความเข้มของแสงแบล็กไลต์ที่ใช้จะต้องมีความสว่างไม่ต่ำกว่า 1000 ไมโครวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ตามมาตรฐาน ASME และไม่น้อยกว่า 12 วัตต์ต่อตารางเมตรบนผิวหน้าชิ้นงาน ตามมาตรฐาน มอก.1324 การตรวจสอบชิ้นงานจะต้องทำให้เสร็จภายในระยะเวลาดีเวลอปสูงสุด และในกรณีที่วิธีปฏิบัติพิเศษกำหนดอาจต้องมีการเฝ้าสังเกตเป็นช่วงๆในระหว่างระยะเวลาดีเวลอป หากไม่สามารถตรวจสอบเสร็จสิ้นได้ทันในระยะเวลาดีเวลอปสูงสุด และตรงบริเวณนั้นมีรอยบ่งชี้ทำให้การตัดสินเป็นไม่ยอมรับ (reject) จะต้องทำความสะอาดชิ้นงานและเริ่มทดสอบใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนแรก

6. การทำความสะอาดหลังการทดสอบ (Post cleaning)

เป็นการทำความสะอาด ดีเวลอเปอร์ที่อยู่บนผิวงาน และ สามารถแทรกซึมที่อยู่ในรอยความไม่ต่อเนื่องออก ควรรีบทำความสะอาดโดยทันที เพื่อมิให้สารตกค้างมีผลต่อการใช้งาน เช่น เกิดการกัดกร่อนชิ้นงานในภายหลัง