

คู่มือมาตรฐานการทดสอบ ASTM B926

1. ภาพรวมและวัตถุประสงค์หลัก (Overview & Core Purpose)

ASTM B926 มีชื่ออย่างเป็นทางการว่า *Standard Method for Pinhole Determination in Aluminum and Aluminum Alloy Plain Foil by Means of a Light Table* มาตรฐานนี้ถูกกำหนดโดย ASTM International เพื่อเป็นวิธีทดสอบมาตรฐานสากลในการตรวจวัดและนับจำนวน "รูเข็ม" (Pinholes) และ "รูจากลูกรีด" (Roll Holes) ในแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์และอลูมิเนียมผสม

[กระบวนการรีดแผ่นฟอยล์บาง (< 0.05 มม.)]

|



[เกิดจุดบกพร่อง/ก๊าซ/เศษสิ่งสกปรก]

|



[เกิด Pinhole / รูส่องผ่านของแสง] —(ผ่านการทดสอบ ASTM B926)—▶ [วัดจำนวน & วิเคราะห์ต้นตอ]

ปัญหาในอุตสาหกรรมที่มาตรฐานนี้เข้ามาแก้ไข

ในกระบวนการรีดแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เมื่อความหนาของแผ่นลดลงจนต่ำกว่า **0.002 นิ้ว (ประมาณ 0.05 มิลลิเมตร หรือ 50 ไมครอน)** โดยเฉพาะฟอยล์บางพิเศษ (Thin Foil) ระดับ 6–9 ไมครอนที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ โครงสร้างโลหะจะเริ่มเกิดรูเล็กๆ ขนาดไมครอนที่มองด้วยตาเปล่าในสภาพแสงปกติไม่เห็น

รูเข็มเหล่านี้คือจุดอ่อนร้ายแรงสำหรับ **บรรจุภัณฑ์ชนิดป้องกันสูง (High-Barrier Packaging)** เช่น แผงยา พุพอง (Blister Packs) ในอุตสาหกรรมเวชภัณฑ์ ของบรรจุอาหาร นมผง หรือกาแฟ เนื่องจาก Pinhole ยอมให้ความชื้น ก๊าซออกซิเจน และแสงซึมผ่าน ส่งผลให้อายุการเก็บรักษา (Shelf Life) ของสินค้าลดลงอย่างรวดเร็ว หรือทำให้ยาเสื่อมสภาพ

หากปราศจากวิธีทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ผู้ผลิตและผู้ซื้อจะใช้เกณฑ์ประเมินด้วยสายตาที่ไม่เท่ากัน ก่อให้เกิดข้อพิพาทเรื่องคุณภาพสินค้า การปฏิเสธสินค้า (Rejection) และความสูญเสียทางธุรกิจมหาศาล ASTM B926 จึงถูกสร้างขึ้นเพื่อกำหนดสภาพแวดล้อม อุปกรณ์ และวิธีการทดสอบที่เป็นหนึ่งเดียวทั่วโลก

หัวใจสำคัญ (Core Philosophy)

- Standardized Light Transmission:** เปลี่ยนสภาพปัญหาที่มองเห็นยาก ให้กลายเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่วัดได้อย่างแม่นยำ ผ่านการควบคุมดัชนีความเข้มแสง สภาพความมืด และระยะสายตา

- Process Capability Evaluation:** มาตรฐานนี้ไม่ได้มุ่งเน้นเพียงแค่การคัดแยกของเสีย (Inspection) แต่หัวใจสำคัญคือการใช้ข้อมูลจำนวนและรูปแบบ Pinhole ประเมินขีดความสามารถของกระบวนการผลิต (Process Capability) เพื่อนำผลลัพธ์กลับไปปรับปรุงเครื่องจักรและขั้นตอนการรีดโลหะ

2. โครงสร้างและข้อกำหนดสำคัญ (Key Requirements & Structure)

โครงสร้างของ ASTM B926 ถูกออกแบบให้มีความกระชับ แต่ครอบคลุมมิติสำคัญของการควบคุมปัจจัยแวดล้อม โดยมีหัวข้อหลักดังนี้:

ข้อกำหนด (Clause)	สาระสำคัญ
Section 1: Scope	ขอบเขตการประยุกต์ใช้กับแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์เปลือย (Plain Foil)
Section 3: Terminology	นิยามศัพท์ทางเทคนิค เช่น Pinhole, Roll Hole และ Foil
Section 4: Summary of Method	หลักการส่องผ่านของแสงสว่างผ่านแผ่นฟอยล์บนโต๊ะแสง
Section 5: Significance and Use	ความสำคัญของการตรวจวัดต่อการควบคุมคุณภาพและขีดความสามารถกระบวนการ
Section 6: Apparatus	คุณลักษณะเฉพาะของโต๊ะแสง (Light Table) และห้องตรวจ
Section 7: Procedure	ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง การปรับสายตา และวิธีการนับ
Section 8: Report	การบันทึกและรายงานผลจำนวน Pinhole ต่อหน่วยพื้นที่

เจาะลึกข้อกำหนดภาคบังคับ (Mandatory Requirements)

1. ข้อกำหนดด้านโต๊ะแสง (Light Table Specifications)

- ความเข้มแสง (Illumination):** พื้นผิวหน้าโต๊ะแสงต้องให้ค่าความสว่างคงที่ระหว่าง **1,500 ถึง 1,800 lux** โดยกระจายแสงเรียบสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่น
- โครงสร้างโต๊ะ (Table Construction):** กล่องไฟด้านหลังต้องทาสีขาวสะท้อนแสง ปิดทับด้วยกระจกฝ้าหรือกระจกนม (Frosted / Milk Glass) เพื่อกรองแสงให้มีความนุ่มนวล ไม่สะท้อนตา

- **ขนาดพื้นที่ (Dimension):** โต๊ะแสงต้องมีความกว้างเพียงพอที่จะวางแผ่นตัวอย่างฟอยล์ได้เต็มหน้ากว้าง (Full Width) โดยไม่เกิดการพับหักหรือม้วนขึ้น

2. ข้อกำหนดด้านสภาพแวดล้อมมืด (Darkened Inspection Area)

- **ความมืดโดยรอบ (Ambient Darkness):** การทดสอบต้องทำภายในห้องมืดเฉพาะ หรือตู้ตรวจมืด (Black Booth) โดยระดับแสงสว่างโดยรอบ (Ambient Light) ต้อง **น้อยกว่า 50 lux**
- **วัตถุประสงค์:** เพื่อสร้างความต่างระดับแสง (Contrast) สูงสุดระหว่างแผ่นฟอยล์ที่ทึบแสง กับจุดแสงขนาดเล็กที่ลอดผ่านรูเข็ม ทำให้มองเห็นได้ชัดเจนโดยไม่เกิดแสงสะท้อนรบกวน

3. คุณสมบัติและสถานะของผู้ตรวจสอบ (Inspector Competency)

- **ระดับการมองเห็น (Visual Acuity):** ผู้ตรวจต้องผ่านการทดสอบสายตา มีระดับความชัดเจนการมองเห็น **20/20** (ไม่ว่าจะด้วยสายตาธรรมชาติหรือใส่แว่นสายตาแก้ไขแล้ว)
- **การปรับสายตา (Dark Adaptation):** ก่อนเริ่มการนับ ผู้ตรวจต้องเข้าประจำในพื้นที่มืดและเปิดโต๊ะแสงไว้เป็นเวลาพอสมควร เพื่อให้เรตินาในดวงตาปรับสภาพเข้ากับความมืด
- **ระยะการมอง (Viewing Distance):** รักษาระยะห่างระหว่างดวงตากับแผ่นฟอยล์ประมาณ **18 นิ้ว** (ประมาณ 45 เซนติเมตร)

4. การจำแนกประเภทจุดบกพร่อง (Defect Classification)

- **Pinhole (รูเข็มทั่วไป):** ช่องว่างขนาดเล็กในฟอยล์ที่แสงสามารถลอดผ่านได้ เกิดจากสิ่งแปลกปลอม ก๊าซที่ค้างในน้ำทราย หรือโครงสร้างเกรนของโลหะ
- **Roll Hole (รูจากลูกรีด):** คุณลักษณะเฉพาะคือ เกิดซ้ำเป็นระยะเท่า ๆ กัน (Repeatable Intervals) ตามแนวการรีด ระยะห่างระหว่างรูจะแปรผันตามเส้นรอบวงของลูกรีด (Roll Circumference) ที่สัมผัสฟอยล์ การจำแนกประเภทนี้มีความสำคัญมากเพราะชี้ไปถึงความเสียหายบนพื้นผิวลูกรีดโดยตรง

3. การนำไปใช้งานและตัวอย่างจริง (Practical Implementation & Examples)

กรณีศึกษา (Case Study): บริษัท ไทยแพ็คเกจจิงฟอยล์ จำกัด

บริบทองค์กร: โรงงานผลิตอลูมิเนียมฟอยล์สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมยา ผลิตฟอยล์ขึ้นรูปเย็น (Cold Forming Foil) ความหนา 9 ไมครอน

ปัญหาที่พบ: ลูกค้านำฟอยล์ไปซีลแผงบรรจุยาแล้วพบปัญหาหยาดขึ้น ส่งผลให้ถูกเคลมสินค้าและสูญเสียค่าปรับมหาศาล

การประยุกต์ใช้ ASTM B926:

1. องค์กรลงทุนจัดสร้างห้องทดสอบความมืด (Dark Room) ข้างสายการผลิต และติดตั้งโต๊ะแสงมาตรฐาน ASTM B926 พร้อมวัดค่าความเข้มแสงได้ 1,650 lux และ ambient light อยู่ที่ 30 lux
2. กำหนดโปรโตคอลการสุ่มตัวอย่างตัดฟอยล์เต็มหน้ากว้าง (Full Width Sample) ยาว 1 เมตร จากม้วนแม่ (Mother Roll) ทุกๆ ม้วน
3. ผลการตรวจวัดพบว่า ฟอยล์บางล็อตมี Pinhole สูงถึง 12 จุดต่อตารางฟุต และพบกลุ่มรูที่มีระยะห่างซ้ำกันทุกๆ 500 มิลลิเมตร
4. วิศวกรใช้ข้อมูลระยะห่าง 500 มิลลิเมตร คำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางลูกรีด ($d = \frac{500}{\pi} \approx 159$ มม.) ทำให้ชี้เป้าได้ทันทีที่เกิดจากสะเก็ดโลหะติดบน Intermediate Roll ชนิดใด
5. หลังจากการหยุดเครื่องเพื่อล้างและเปลี่ยนลูกรีด อัตรา Pinhole ลดลงเหลือต่ำกว่า 1 จุดต่อตารางฟุต ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของลูกค้าข้ามชาติ

สถานการณ์จำลองการปฏิบัติงานจริง (Operational Scenario)

[เตรียมตัวอย่างฟอยล์หน้ากว้าง]

|



[เข้าห้องมืด (< 50 lux) / ปรับสายตา]

|



[วางบนโต๊ะแสง (1500-1800 lux)]

|



[วาง Counting Frame 1 ตารางฟุต ในจุดที่มีรูแน่นที่สุด]

|



[นับจำนวน / วัดระยะห่าง Roll Hole (ถ้ามี) / บันทึกผล]

- **กะการทำงาน:** QA Inspector เข้ารายงานตัวที่ห้องทดสอบมืด
- **ขั้นตอนที่ 1 (Environment Check):** ใช้ Lux Meter วัดความสว่างในห้อง (ได้ 25 lux ผ่านเกณฑ์) ตรวจวัดแสงบนโต๊ะแสง (ได้ 1,700 lux ผ่านเกณฑ์)

- **ขั้นตอนที่ 2 (Adaptation):** พนักงานปิดไฟห้องมืด เปิดเฉพาะโต๊ะแสง ยืนพักสายตา 3 นาที เพื่อให้ดวงตาปรับตัว
- **ขั้นตอนที่ 3 (Inspection):** ค่อยๆ วางแผ่นตัวอย่างพอยล์หน้ากว้างลงบนกระจกนออย่างเบามือ (เพื่อไม่ให้เกิดรอยพับใหม่) เลื่อนจุดแสงที่ลอดผ่าน
- **ขั้นตอนที่ 4 (Counting):** วางกรอบนับพื้นที่มาตรฐาน (Counting Frame ขนาด 1 ตารางฟุต) ครอบลงบนพื้นที่ที่พบ Pinhole หนาแน่นที่สุด นับจำนวนจุดแสงทั้งหมดในกรอบ
- **ขั้นตอนที่ 5 (Logging):** หากพบรูซ้ำตามแนวรีด ให้ใช้ไม้บรรทัดวัดระยะห่างแล้วลงบันทึกชนิดของรูเป็น "Roll Hole" จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ย $Pinhole/ft^2$ บันทึกลงในระบบ SAP เพื่อออกเอกสาร CoA (Certificate of Analysis)

4. ประโยชน์ที่จะได้รับและข้อควรระวัง (Benefits & Pitfalls)

ผลลัพธ์เชิงบวกต่อธุรกิจและกระบวนการทำงาน

- **การยอมรับในระดับสากล (Global Acceptability):** ทำให้เอกสาร CoA ของบริษัทได้รับความน่าเชื่อถือจากลูกค้าระดับสากล เนื่องจากใช้อ้างอิงวิธีทดสอบมาตรฐาน ASTM B926
- **ยกระดับระบบการป้องกันคุณภาพ (Preventive Quality Assurance):** ช่วยให้งานประกันคุณภาพมีความเสียหายได้ตั้งแต่เนิ่นๆ โดยเฉพาะ Roll Hole ทำให้แก้ไขเครื่องจักรได้ตรงจุดก่อนผลิตสินค้าเสียล็อตใหญ่
- **จัดข้อมูลอุปทานในการตรวจวัด (Objective Measurement):** ช่วยให้เกณฑ์การตัดสินใจ "ผ่าน/ไม่ผ่าน" มีความชัดเจน ไม่ขึ้นกับดุลยพินิจส่วนบุคคลของผู้ตรวจ
- **เพิ่มขีดความสามารถการแข่งขัน (Process Optimization):** ข้อมูล Pinhole Count สามารถนำไปทำ Statistical Process Control (SPC) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับสภาวะการรีด ความเร็ว และประเภตนํ้ามันหล่อลื่น

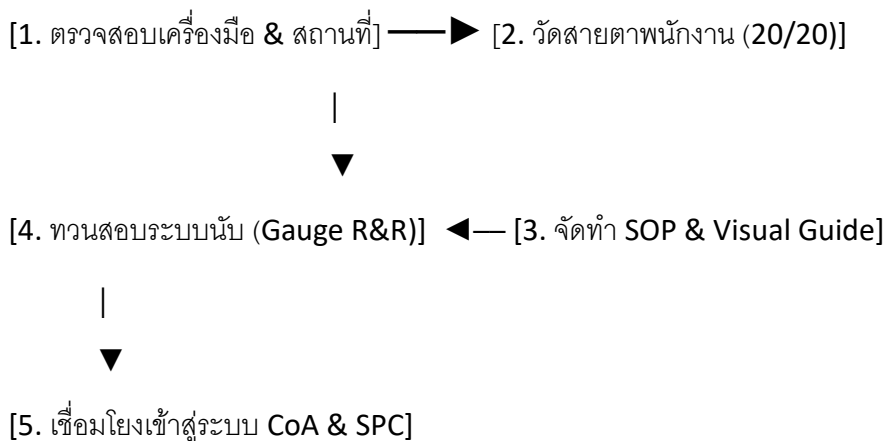
หลุมพรางและข้อผิดพลาดที่มักพบ (Common Mistakes)

- **หลุมพรางที่ 1: การใช้โต๊ะแสงที่ไม่ผ่านการวัดความเข้ม lux**
 - **ปัญหา:** โรงงานส่วนใหญ่มักใช้โต๊ะไฟดาวน์ไลท์ทั่วไป ซึ่งความเข้มแสงอาจสูงเกินไป (เกิน 1,800 lux) จนทำให้เกิดแสงพร่า (Glare) หรือต่ำเกินไป (น้อยกว่า 1,500 lux) ทำให้มองไม่เห็นรูเข็มขนาดเล็กจิ๋ว
 - **การแก้ไข:** ต้องทำการสอบเทียบ (Calibration) ความเข้มแสงบนพื้นผิวโต๊ะด้วย Lux Meter เป็นประจำ

- **หลุมพรางที่ 2: ปลอ่ยให้มีแสงรั่วซึมในห้องตรวจ**
 - **ปัญหา:** ทำการทดสอบในห้องที่มีแสงภายนอกรั่วเข้ามาเกิน 50 lux ส่งผลให้ Contrast ลดลง สายตาผู้ตรวจพยายามปรับแสงตลอดเวลา ทำให้การนับผิดพลาด
 - **การแก้ไข:** ต้องสร้างม่านสองชั้น หรือทำตู้ตรวจสอบที่ปิดมิดชิด
- **หลุมพรางที่ 3: การเกิด Pinholes จากการหยิบจับ (Man-Made Defects)**
 - **ปัญหา:** พนักงานดึง คลี่ หรือเคลื่อนย้ายแผ่นฟอยล์อย่างรุนแรง ทำให้เกิดรอยยับ (Wrinkles) หรือรอยพับ ซึ่งทำให้แผ่นฟอยล์ทะลุเป็นรูใหม่โดยไม่ได้เกิดจากระบวนการผลิต
 - **การแก้ไข:** อบรมเทคนิคการจับแผ่นฟอยล์บริเวณขอบอย่างเบามือ และวางราบไปกับกระจก
- **หลุมพรางที่ 4: ความล้าของสายตาพนักงาน (Visual Fatigue)**
 - **ปัญหา:** ให้พนักงานนับ Pinhole ต่อเนื่องเป็นเวลานานโดยไม่มีเวลาพัก ทำให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง
 - **การแก้ไข:** กำหนดเกณฑ์รอบการทำงาน เช่น ตรวจต่อเนื่องไม่เกิน 20 นาที และต้องพักสายตาในสภาพแสงปกติ 10 นาที

5. แผนการเริ่มต้น (Actionable Roadmap)

หากองค์กรต้องการนำมาตรฐาน ASTM B926 มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ แนะนำให้ดำเนินการตาม 5 ขั้นตอนหลักดังนี้:



1. **ขั้นที่ 1: จัดเตรียมสถานที่และอุปกรณ์มาตรฐาน (Equipment & Environmental Setup)**
 - สร้างพื้นที่ทดสอบที่ควบคุมแสงสว่างโดยรอบได้ต่ำกว่า 50 lux
 - จัดหาหรือปรับปรุงโต๊ะแสงให้มีความเข้มแสง 1,500 – 1,800 lux กระจายสม่ำเสมอ

- จัดเตรียม **Lux Meter** ที่ผ่านการสอบเทียบสำหรับทวนสอบสภาพแวดล้อมก่อนการตรวจทุกครั้ง

2. ขั้นที่ 2: ตรวจคัดกรองบุคลากร (Personnel Qualification)

- ส่งพนักงาน QC/QA เข้าทดสอบสายตากับนักทัศนมาตรหรือแพทย์ เพื่อรับรองผลระดับการมองเห็น **20/20**
- ขึ้นทะเบียนพนักงานที่ผ่านการอนุมัติให้ทำการตรวจนับ ASTM B926 และจัดให้มีการตรวจสายตาประจำปี

3. ขั้นที่ 3: จัดทำระเบียบปฏิบัติงาน (SOP & Visual Standard)

- ร่างขั้นตอนการทำงาน (Standard Operating Procedure) ครอบคลุมตั้งแต่การตัดตัวอย่าง การปักสายตา การวางกรอบนับ และการจำแนกประเภท
- ทำภาพมาตรฐานเปรียบเทียบ (Visual Guide) ระหว่าง **Pinhole** ทั่วไป, **Roll Hole**, และรอยพิบจากการจับ (**Man-made void**)

4. ขั้นที่ 4: การทวนสอบความแม่นยำของระบบวัด (Gauge R&R Analysis)

- ทำการทดสอบวัดความสอดคล้องของการนับระหว่างพนักงานหลายคน (Inter-inspector variability) โดยใช้แผ่นตัวอย่างทดสอบเดียวกัน เพื่อประเมินค่าความเบี่ยงเบน
- ปรับปรุงขั้นตอนจนกระทั่งผลการนับจากผู้ตรวจทุกคนได้ค่าสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญ

5. ขั้นที่ 5: การนำข้อมูลไปใช้บูรณาการ (Integration with Quality System)

- นำค่าการวัด **Pinhole Count** ($\text{จำนวนรู}/ft^2$) บันทึกลงในใบรับรองการวิเคราะห์สินค้า (CoA)
- เชื่อมโยงข้อมูล **Roll Hole** เข้ากับระบบบำรุงรักษาเครื่องจักร (Preventive Maintenance) เพื่อแจ้งเตือนการเสียดหรือเปลี่ยนลูกรีดทันทีเมื่อพบสัญญาณความผิดปกติ