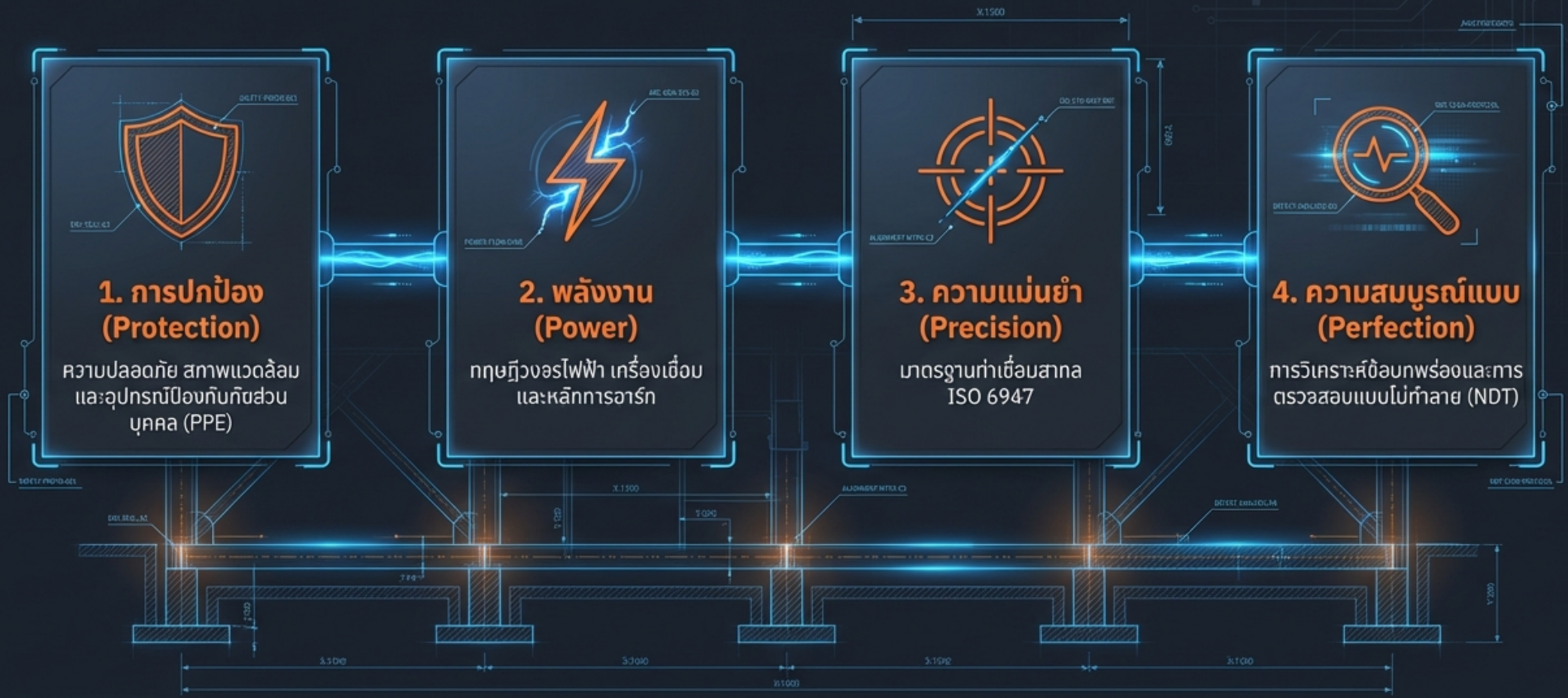
เชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ (Manual Metal Arc Welding — SMAW)

พิมพ์เขียวแห่งไฟและเหล็กกล้า: หลักสูตรครอบคลุมความปลอดภัย ทฤษฎีไฟฟ้า เทคนิคงานเชื่อม และการตรวจสอบ

บรรยายโดย นายญาณโชติ ตุลาพันธุ์
แผนกวิชาช่างเชื่อมโลหะ วิทยาลัยเทคนิคบ้านค่าย

NotebookLM

เส้นทางสู่ความเชี่ยวชาญในงานเชื่อม (The Path to Mastery)



1. การปกป้อง (Protection)

ความปลอดภัย สภาพแวดล้อม และอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)

2. พลังงาน (Power)

ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เครื่องเชื่อม และหลักการอาร์ก

3. ความแม่นยำ (Precision)

มาตรฐานท่าเชื่อมสากล ISO 6947

4. ความสมบูรณ์แบบ (Perfection)

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (NDT)

NotebookLM

ภัยเงียบรอบตัวช่างเชื่อม: การประเมินความเสี่ยงและผลกระทบทางสรีรวิทยา

Zone 1

อันตรายจากระบบทางเดินหายใจ (Fumes & Gases)

ทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา จมูก คอ ปอด และก่อให้เกิด "โรคไข้จากไอระเหยโลหะ" (Metal Fume Fever) ในระยะยาวเสี่ยงต่อมะเร็งปอดและโรคระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง

Zone 2

รังสีจากการอาร์ก (Radiation)

รังสีอุลตราไวโอเลต (UV 200 - 300 nm)

อันตรายต่อเนื้อเยื่อในตา ทำลายจอประสาทตา และทำให้เกิดโรคต้อกระจก

รังสีอินฟราเรด (IR 700 - 1,400 nm)

ทำให้ตาพร่ามัวชั่วขณะ เป็นอันตรายต่อม่านตา และก่อให้เกิดโรคต้อลม

Zone 3

อันตรายจากกระแสไฟฟ้า (Electrical Hazards)

ไฟฟ้าดูดจากระบบจ่ายไฟที่ไม่สมบูรณ์หรือการทำงานในพื้นที่ชื้นแฉะ

NotebookLM

เกราะป้องกันของช่างเชื่อม (The Welder's Armor)

เซ็นเซอร์ปรับแสงอัตโนมัติ (Auto-Darkening Sensor)

ความไวสูง ปรับแสงจากสว่างเป็นมืดได้รวดเร็วเพียง 1 มิลลิวินาที ป้องกันแสงแฟลชทำลายดวงตา

ระบบพลังงานสำรอง (Solar Cell & Battery)

แผงโซล่าเซลล์คุณภาพสูงชาร์จไฟได้เร็ว พร้อมแบตเตอรี่สำรองเพื่อความปลอดภัยสูงสุด

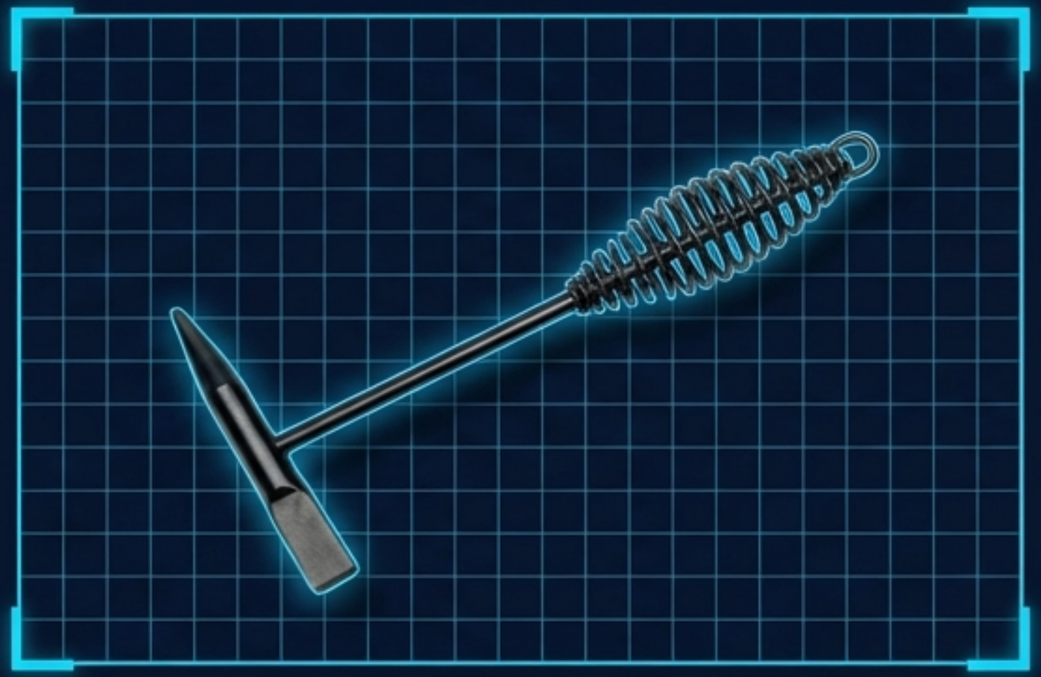
เลนส์กรองแสงคงที่ (Fixed Shade)

หน้ากากแบบดั้งเดิมที่ใช้กระจกดำธรรมดา ต้องใช้ทักษะในการกะระยะก่อนเริ่มอาร์ก

Body Armor Note: ต้องสวมใส่เสื้อผ้าทนไฟที่ปกปิดมิดชิด และทาครีมกันแดดในบริเวณที่เสื้อผ้าปิดไม่ถึง เพื่อป้องกันความเข้มข้นสูงของรังสี UV ที่สะท้อนจากพื้นผิวโลหะ

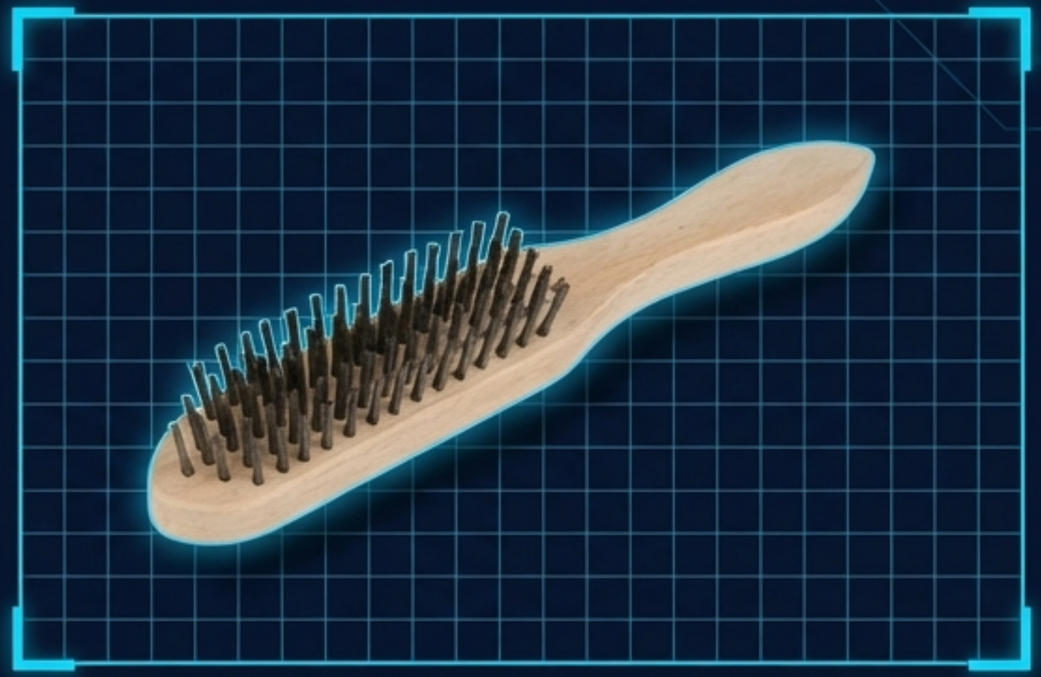
NotebookLM

อุปกรณ์คู่กายสำหรับการเตรียมและทำความสะอาดแนวเชื่อม



ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer)

อุปกรณ์สำคัญสำหรับการกะเทาะเอาสแลก (Slag) ที่ปกคลุมแนวเชื่อมออกหลังจากการอาร์กเสร็จสิ้น เพื่อป้องกันสแลกฝังในเมื่อต้องเชื่อมทับแนวเดิม

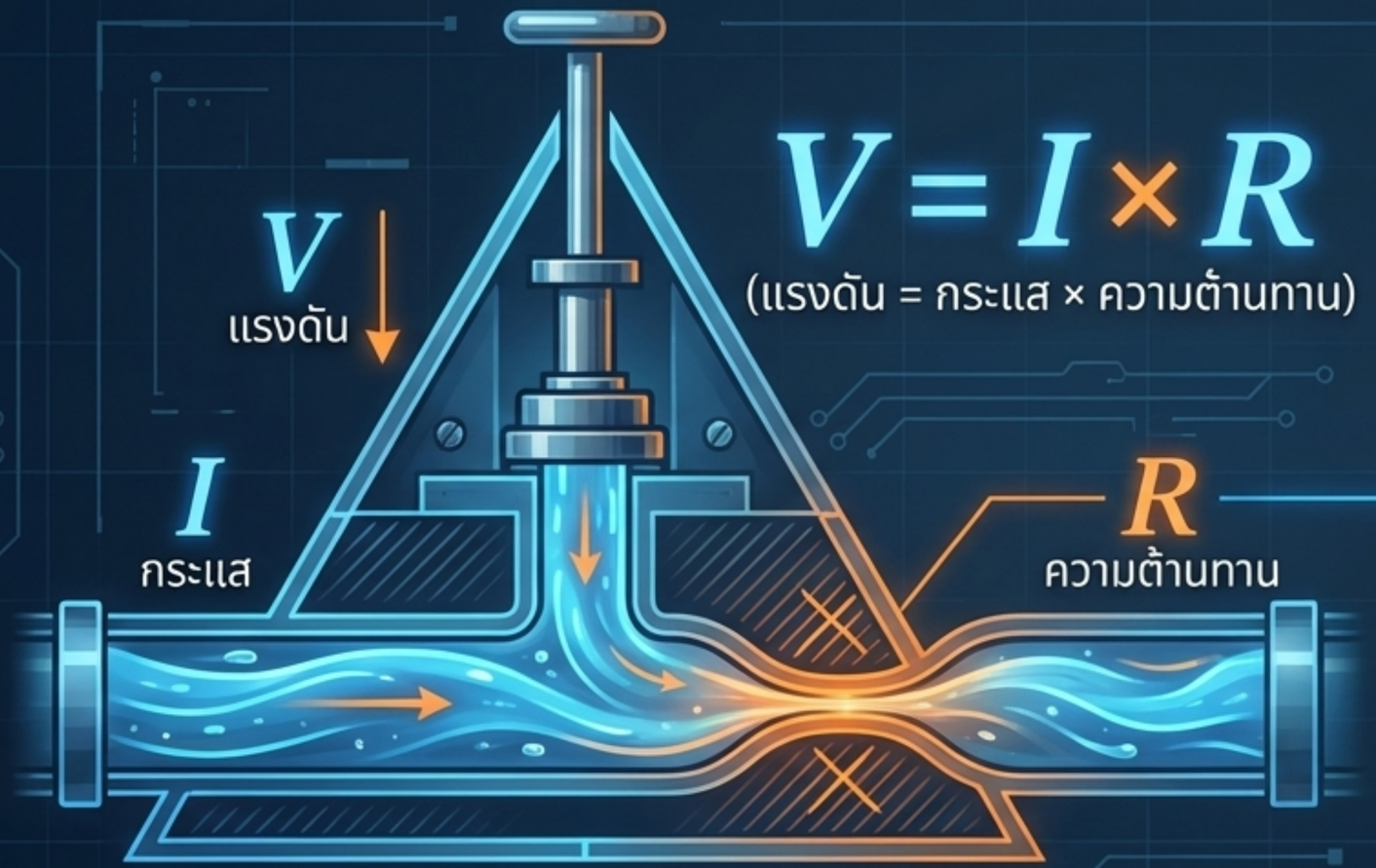


แปรงลวดเหล็ก (Wire Brush)

ใช้สำหรับขัดทำความสะอาดผิวโลหะ รอยเชื่อม และรอยต่อ กำจัดสิ่งสกปรก สนิม และเศษสแลกที่หลงเหลือ เพื่อให้การหลอมละลายของเนื้อโลหะสมบูรณ์ที่สุด

NotebookLM

พลศาสตร์ของพลังงาน: ฟิสิกส์ของการอาร์กและกฎของโอห์ม



$$V = I \times R$$

(แรงดัน = กระแส × ความต้านทาน)

กระแสไฟฟ้า (Current - I):
ปริมาณอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านจุดหนึ่งใน 1 วินาที (เปรียบเสมือนปริมาณน้ำไหล) ก่อให้เกิดความร้อน

แรงดันไฟฟ้า (Voltage - V):
ตัวขับดันที่พาให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน (เปรียบเสมือนแรงดันน้ำ)

ความต้านทาน (Resistance - R):
สิ่งที่ขัดขวางการไหล เช่น ความยาวและขนาดของสายไฟ หรือชนิดของวัสดุ

Critical Safety Limits: แรงดันวงจรเปิด **(Open Circuit Voltage / Limit Idling Voltage)**
ต้องถูกจำกัดเพื่อความปลอดภัย: ระบบ AC < 48 V และระบบ DC <113 V

NotebookLM

การควบคุมกระแสไฟ: AC เทียบกับ DC และเทคนิคขั้นสูง

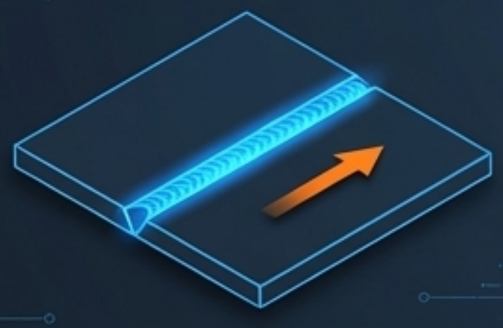
การเชื่อมด้วยกระแสสลับ (AC)	การเชื่อมด้วยกระแสตรง (DC)
• กระแสสลับทิศทางตลอดเวลา • ควบคุมการอาร์กยากกว่า • เสี่ยงต่อไฟฟ้าดูดสูงกว่า	• กระแสมีลักษณะคงที่ ไม่กลับทิศทาง • ควบคุมการอาร์กได้ดี • สแปตเตอร์ (Spatter) น้อย

****The Confined Space Rule:****
การทำงานในที่คับแคบหรือภายในถังโลหะ บังคับใช้เครื่องเชื่อม DC เท่านั้น เพื่อลดความเสี่ยงจากการถูกไฟฟ้าดูดจนถึงแก่ชีวิต

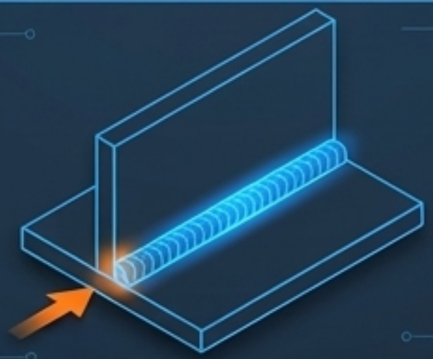
****Advanced Tech Note (Magnetic Arc Blow):****
ในการเชื่อมด้วย DC อาจเกิดปรากฏการณ์ **"การเป่าเบี่ยงเบนของการอาร์กด้วยแม่เหล็ก"** แก้ไขได้โดยการเปลี่ยนตำแหน่งสายกราวด์ การพันสายไฟรอบชิ้นงาน หรือลดกระแสไฟเชื่อมลง

NotebookLM

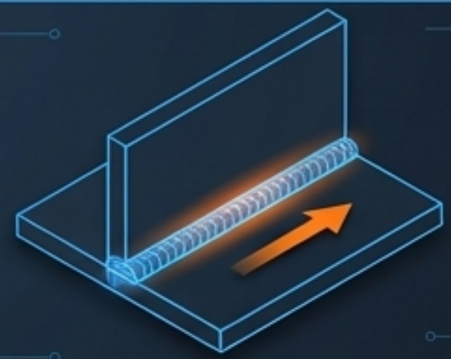
ภาษาสากลของความแม่นยำ: มาตรฐานท่าเชื่อม ISO 6947 (แผ่นโลหะ)



PA (Flat): ท่าราบ
ควบคุมน้ำโลหะได้ง่ายที่สุด แนะนำสำหรับมือใหม่



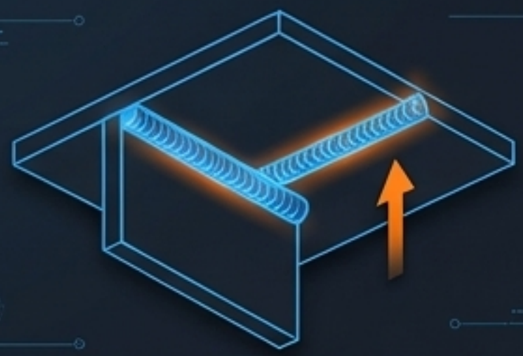
PB (Horizontal Fillet): ท่าระดับ (รอยต่อมุม)
เหมาะสำหรับการเชื่อมรอยต่อมุมในแนวระนาบ



PC (Horizontal): ท่าระดับ (รอยต่อชน)
ต้องระวังแรงโน้มถ่วงดึงน้ำโลหะย้อยลงด้านล่าง

PF (Vertical Up): ท่าตั้งเชื่อมขึ้น
ต้านแรงโน้มถ่วง ซึมลึกได้ดี เหมาะสำหรับโลหะหนา

PG (Vertical Down): ท่าตั้งเชื่อมลง
เดินลวดเร็ว เหมาะสำหรับโลหะบาง เพื่อป้องกันการทะลุ



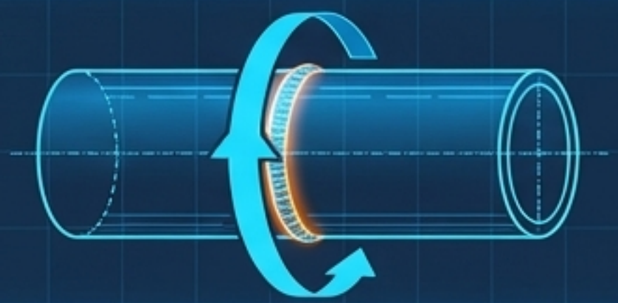
PD (Overhead Fillet) & PE (Overhead): ท่าเหนือศีรษะ
ท้าทายที่สุด ต้องใช้กระแสไฟที่เหมาะสมและรักษาระยะอาร์กให้สั้น

Critical Safety Note: ตรวจสอบสภาพแวดล้อมและอุปกรณ์ก่อนการเชื่อมในท่าที่ท้าทายเสมอ เพื่อความปลอดภัยสูงสุด

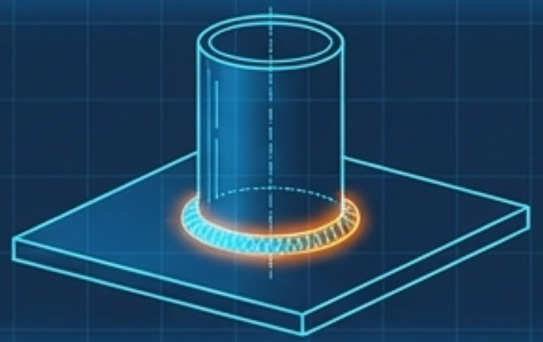
NotebookLM

ความแม่นยำขั้นสูง: การเชื่อมท่อตามมาตรฐาน ISO 6947

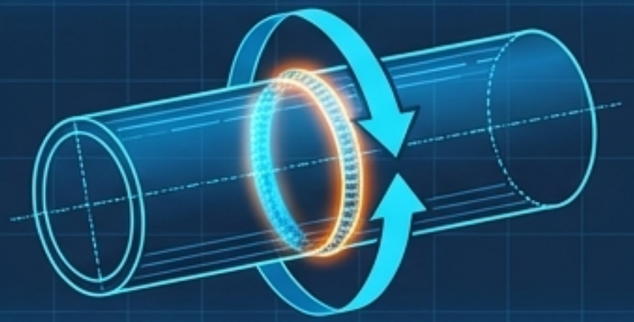
The Geometry of Pipes: การเชื่อมท่อมีความซับซ้อนกว่าแผ่นโลหะ เนื่องจากมุมและแรงโน้มถ่วงจะเปลี่ยนแปลงไปตลอดแนวเส้นรอบวง



PB (Pipe rotating, axis horizontal): ท่อหมุน แกนนอน – เสมือนการเชื่อมท่าราบอย่างต่อเนื่อง



PC (Pipe fixed, axis vertical): ท่ออยู่กับที่ แกนตั้ง - เทียบเท่ากับการเชื่อมท่าระดับ (Horizontal)

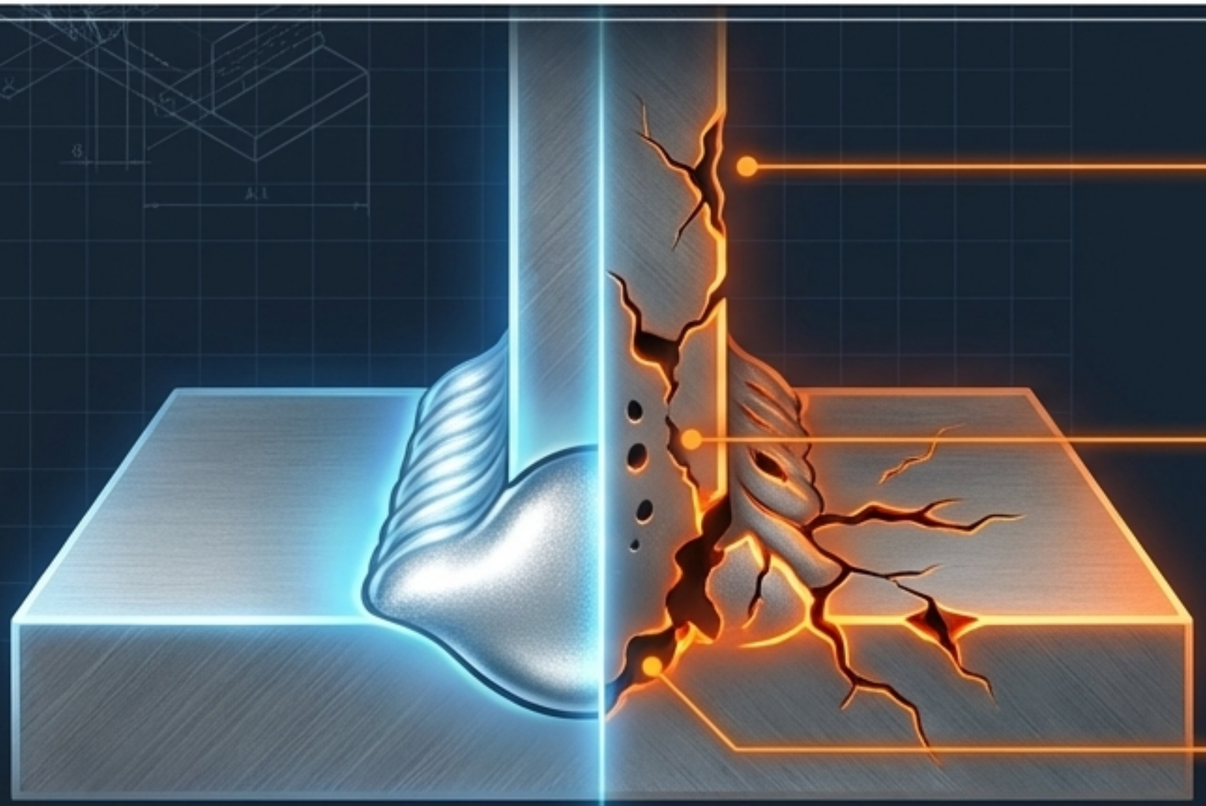


PF & PG (Pipe fixed, axis horizontal): ท่ออยู่กับที่ แกนนอน - ครอบคลุมทุกท่าเชื่อมในรอยต่อเดียว (ราบ, ดิ่ง, เหนือศีรษะ) ต้องใช้ทักษะการควบคุมบ่อหลอมเหลวสูงสุด

NotebookLM

กายวิภาคของข้อบกพร่อง: จุดซ่อนเร้นในรอยเชื่อม

“Mindset ของผู้ตรวจสอบ: รอยเชื่อมที่สวยงามภายนอก อาจซ่อนความล้มเหลวทางโครงสร้างไว้ภายใน”
- ออากฉลข่มลวยาอบติดจรอบรือทำได้ตืนเคือน



รอยเชื่อมสมบูรณ์แบบ

จุดซ่อนเร้นในรอยเชื่อม

Zone 1: ข้อบกพร่องที่พื้นผิว (Surface Defects)

มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เกิดจากการควบคุมกระแสไฟและมุมลวดที่ไม่ถูกต้อง

Zone 2: ข้อบกพร่องภายใน (Internal Defects)

ซ่อนอยู่ในเนื้อโลหะเชื่อม เกิดจากการทำความสะอาดที่ไม่ดีหรือการปนเปื้อนของความชื้น

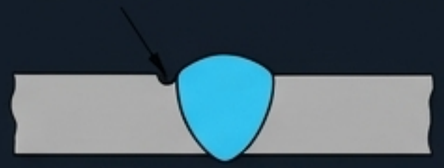
Zone 3: ข้อบกพร่องที่ฐานราก (Root Defects)

เกิดจากการเตรียมชิ้นงานผิดพลาดหรือความร้อนไม่เพียงพอที่จะหลอมทะลุ

Critical Safety Note: การตรวจสอบโครงสร้างภายในอย่างละเอียดเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อหลีกเลี่ยงความล้มเหลวที่อาจเกิดขึ้น

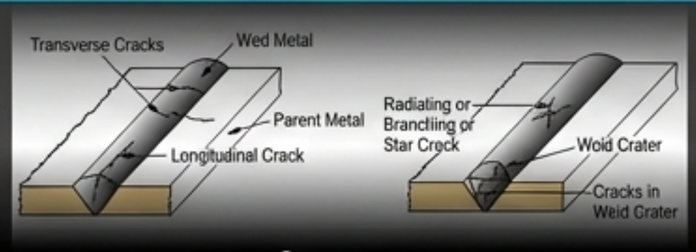
NotebookLM

เมทริกซ์การวินิจฉัยข้อบกพร่องส่วนที่ 1: พื้นผิวและรูปทรง

ลักษณะข้อบกพร่อง (Defect)	สาเหตุหลัก (Root Cause)	วิธีแก้ไข (Prescription / Fix)
 **รอยกัดแหว่ง (Undercut)**	**สาเหตุ:** - กระแสไฟสูงเกินไป - เดินลวดเร็วเกินไป	**วิธีแก้ไข:** - ลดกระแสไฟ - รักษาระยะอาร์กให้สั้นลงเท่ากับขนาดลวด - เคลื่อนที่ช้าลง
 รอยเกย (Overlap)	**สาเหตุ:** - มุมลวดผิด - เดินลวดช้าเกินไป	**วิธีแก้ไข:** - ปรับมุมลวดให้ถูกต้อง - เพิ่มความเร็วและลดความกว้างของการส่ายลวด
 เม็ดโลหะกระเด็น (Spatter)	**สาเหตุ:** - กระแสไฟสูง - ลวดเชื่อมชื้น - ระยะอาร์กยาวเกิน	**วิธีแก้ไข:** - ลดกระแสไฟ - อบลวดเชื่อมก่อนใช้ - ตั้งระยะอาร์กให้เหมาะสม

NotebookLM

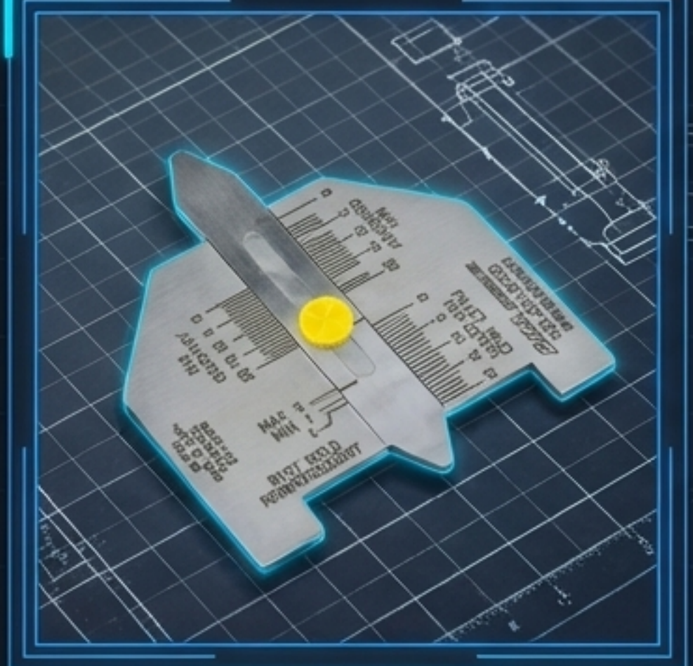
เมทริกซ์การวินิจฉัยข้อบกพร่องส่วนที่ 2: โครงสร้างภายในที่นำไปสู่การแตกหัก

ลักษณะข้อบกพร่อง (Defect)	สาเหตุหลัก (Root Cause)	วิธีแก้ไข (Prescription / Fix)
การหลอมลึกไม่บริบูรณ์ (Incomplete Root Penetration)	สาเหตุ: **ความร้อนไม่พอ** • **เตรียมรอยต่อไม่ดี**	วิธีแก้ไข: **เพิ่มกระแสไฟ** • เว้นระยะ **Root Gap** ให้ถูกต้อง
สแลกฝังใน (Slag Inclusion)	สาเหตุ: **เคาะสแลกไม่หมดก่อน** • เชื่อมทับแนว	วิธีแก้ไข: ทำความสะอาดแนวเชื่อมให้ • ปราศจากสแลกอย่างหมดจดทุกครั้ง ก่อนเดินแนวถัดไป
 รอยร้าว (Crack)	สาเหตุ: **ไฮโดรเจนแทรกซึม** • การเย็นตัวเร็วเกินไป	วิธีแก้ไข: อุ่นชิ้นงานก่อนเชื่อม (Pre-heat) • ใช้ลวดเชื่อมชนิด**ไฮโดรเจนต่ำ** • เติมลวดให้เต็มแอ่งหลอมปลายแนว

NotebookLM

ด่านแรกของการตรวจสอบ: Visual Testing (VT)

Concept: การตรวจสอบด้วยสายตาเป็นวิธีที่ประหยัดและสำคัญที่สุด ต้องทำทั้งก่อน ระหว่าง และหลังการเชื่อม



เกจวัดรอยเชื่อม (Welding Gauges)

ใช้สำหรับวัดขนาดความนูน (Convexity) ความเว้า (Concavity) และความลึกของรอยกัดแหว่ง (Undercut) เพื่อเทียบกับมาตรฐาน

แว่นขยายและไฟฉาย (Magnifier & Torch)

สำหรับขยายดูรอยร้าวขนาดเล็กที่พื้นผิว หรือข้อบกพร่องที่ตามองเห็นได้ยาก

ชอล์กวัดอุณหภูมิ (Tempilstiks)

แท่งสีสำหรับยีดบบชิ้นงานเพื่อตรวจสอบและควบคุมอุณหภูมิอุ่นชิ้นงาน (Pre-heat) ป้องกันการแตกร้าว

NotebookLM

การดึงความลับออกจากเนื้อโลหะ วงจร Penetrant Testing (PT)

Concept: อาศัยหลักการ Capillary Action ของสารเคมีเหลวเพื่อหาข้อบกพร่องที่เปิดออกสู่ผิวหน้า (Surface-breaking defects)

1. ทำความสะอาดพื้นผิวให้ปราศจากคราบไขมัน (Cleaner)

2. ฉีดน้ำยาแทรกซึมสีแดง (Penetrant) ทิ้งไว้ตามเวลาที่กำหนด

3. เช็ดน้ำยาส่วนเกินบนพื้นผิวออกอย่างระมัดระวัง

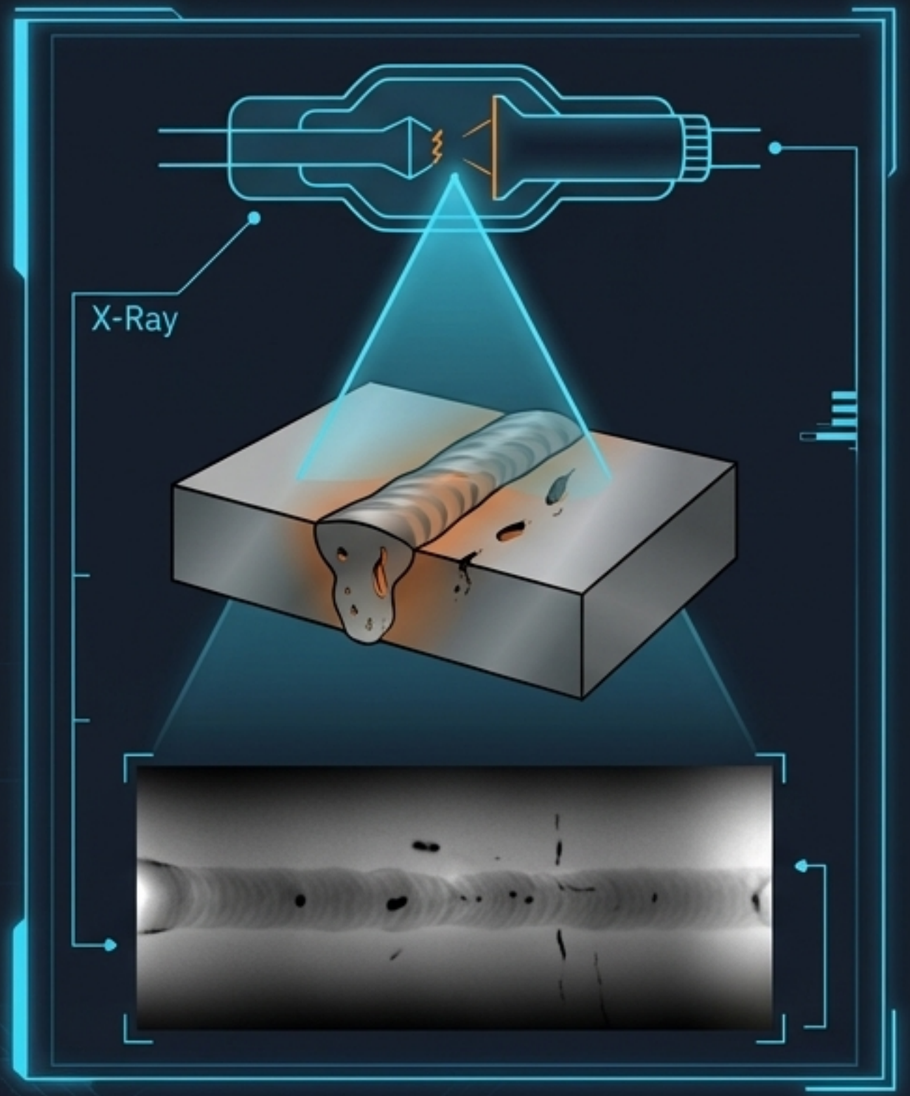
4. พ่นน้ำยาสร้างภาพสีขาว (Developer) เพื่อดึงสีแดงออกจากรอยร้าว

5. ตรวจสอบและประเมินผล (สีแดงที่ปรากฏบนพื้นสีขาวคือจุดบกพร่อง)

6. ทำความสะอาดชิ้นงานขั้นสุดท้าย

NotebookLM

การมองทะลุเหล็กกล้า: Radiographic Testing (RT) และบทสรุป



Concept:
การใช้รังสีเอ็กซ์ (X-ray) หรือรังสีแกมมา (Gamma ray) ถ่ายภาพทะลุผ่านชิ้นงาน รังสีจะทะลุผ่านจุดที่มีความหนาแน่นน้อย (เช่น โพรงอากาศ หรือ สแลกฝังใน) ได้มากกว่า ทำให้ปรากฏเป็นเงาดำบนฟิล์ม

The Ultimate Truth:
RT คือการตรวจสอบความสมบูรณ์เชิงปริมาตร (Volumetric) ที่หาข้อบกพร่องภายในที่ VT และ PT เข้าไม่ถึง

The Master's Synthesis:
รอยเชื่อมที่สมบูรณ์แบบไม่ได้เกิดจากโชคชะตา แต่เกิดจากการผสานการปกป้อง ที่รัดกุม ความเข้าใจใน พลังงาน ไฟฟ้า การควบคุม ความแม่นยำ ของสถีระ และการตรวจสอบหา ความสมบูรณ์แบบอย่างเข้มงวด

NotebookLM