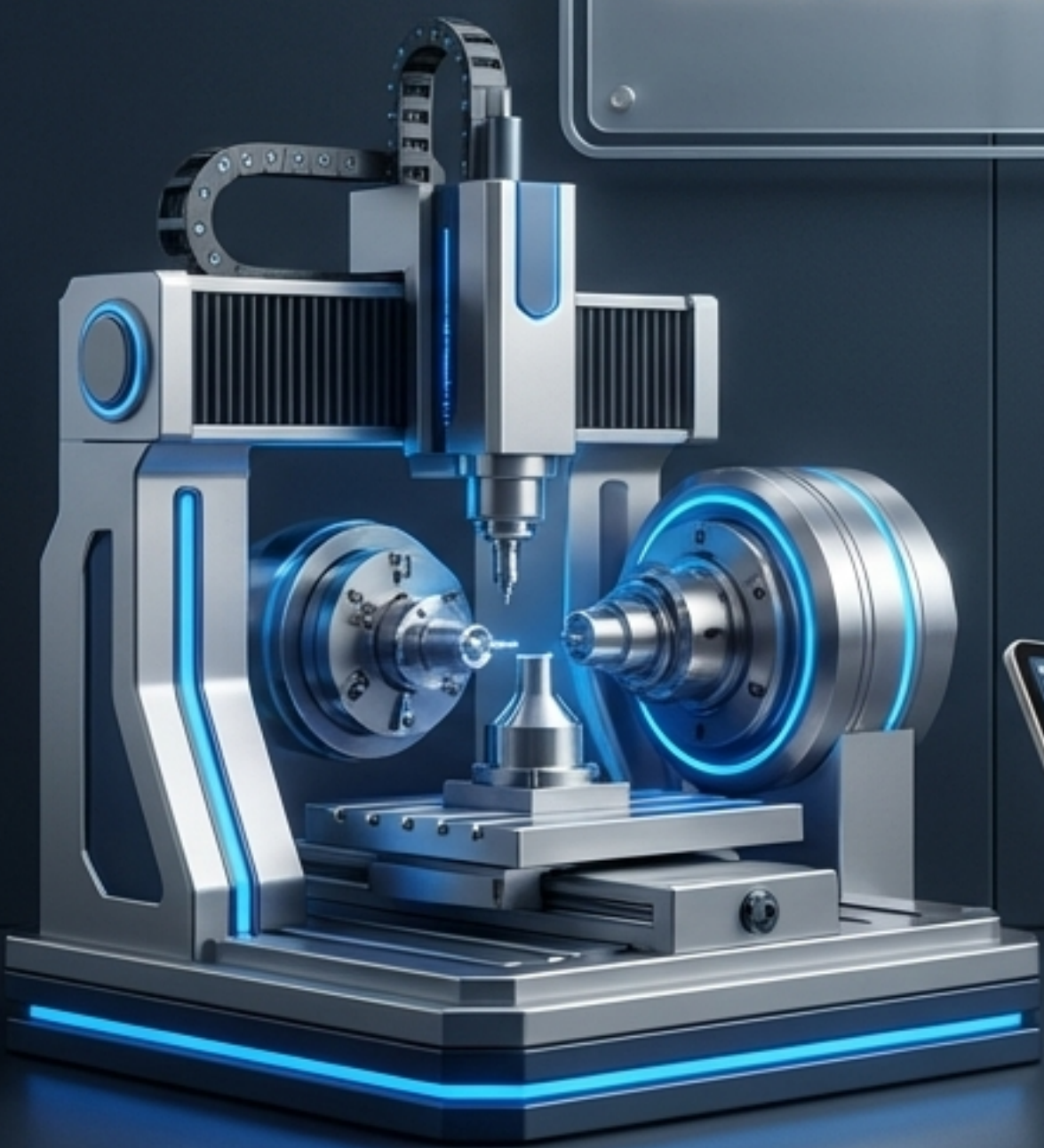


# วิศวกรรมการชุดปรับระดับผิว: ความลับเบื้องหลังความเที่ยงตรงสูงสุด

แกะรอย 'เทคโนโลยีต้นน้ำ' ที่อยู่เบื้องหลังเครื่องมือกลยุคใหม่และอนาคตอุตสาหกรรมไทย



# ความเชื่อที่ผิด: "เครื่องจักรคอมพิวเตอร์ย่อมแม่นยำกว่ามนุษย์เสมอ"

## MYTH

ในยุคที่ระบบอัตโนมัติและ CNC ควบคุมด้วยความละเอียดระดับไมครอน หลายคนเชื่อว่างานฝีมือ (Manual Craftsmanship) ถูกแทนที่โดยสมบูรณ์



## REALITY

ข้อจำกัดทางกายภาพ—ทั้งความร้อนสะสม แรงบิด และความคลาดเคลื่อนทางกลไก—ทำให้เครื่องจักรมีขีดจำกัดสูงสุด การทะลุขีดจำกัดนั้นต้องอาศัย "มือมนุษย์" ในการสร้างระนาบอ้างอิงที่สมบูรณ์แบบ

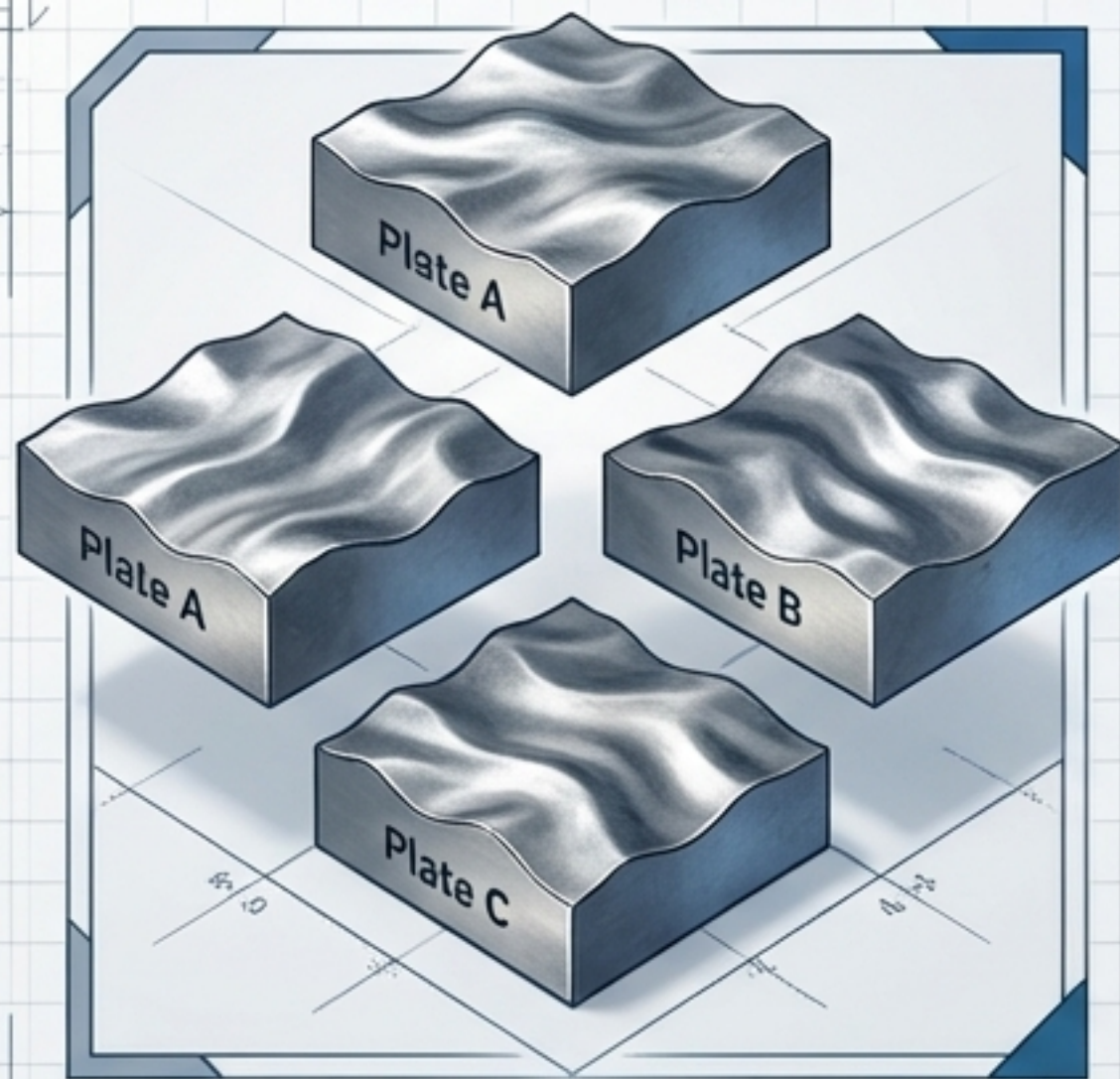
# ปรัชญาแห่งความเที่ยงตรง: ปัญหาของ "ความคลาดเคลื่อนสะสม"

เครื่องจักรไม่สามารถผลิตสิ่งที่แม่นยำกว่าตัวมันเองได้  
(A machine cannot make something more precise than itself)



หากใช้เครื่องกัดที่มีความคลาดเคลื่อน 0.1 มิลลิเมตร ชิ้นงานย่อมมีความคลาดเคลื่อนอย่างน้อยเท่ากันหรือมากกว่า เพื่อยกระดับความแม่นยำ วิศวกรจึงต้องพึ่งพากระบวนการที่ไม่ได้อ้างอิงจากเครื่องจักรอื่น แต่สร้าง "จุดเริ่มต้นใหม่" ด้วยการขูดด้วยมือ (Hand Scraping)

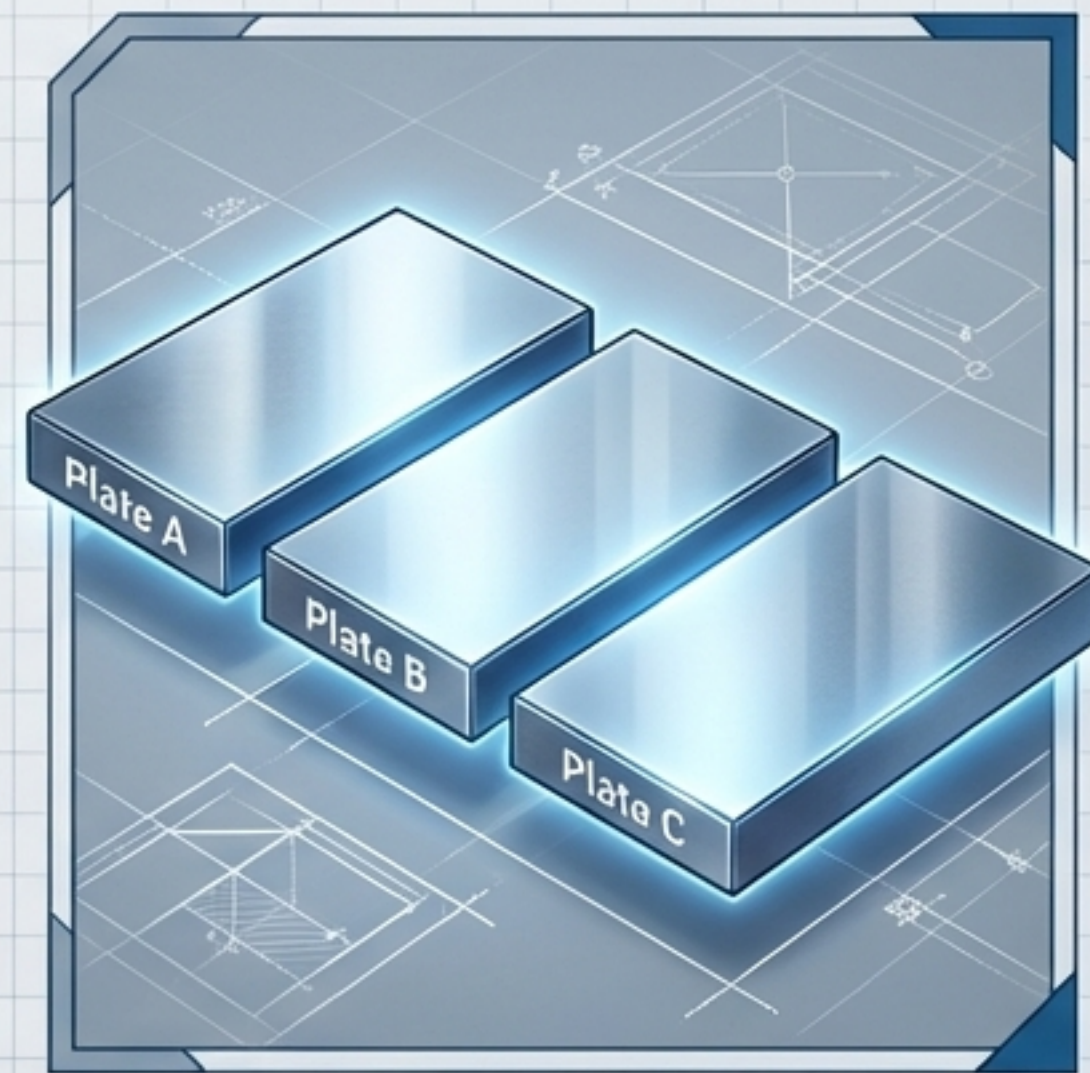
# จุดกำเนิดของระนาบมาตรฐาน: ทฤษฎี The Three Plate Method



Step 1: นำแผ่นโลหะสามแผ่นมาสลับกัน  
ขูดและตรวจสอบความเรียบเข้าหากัน



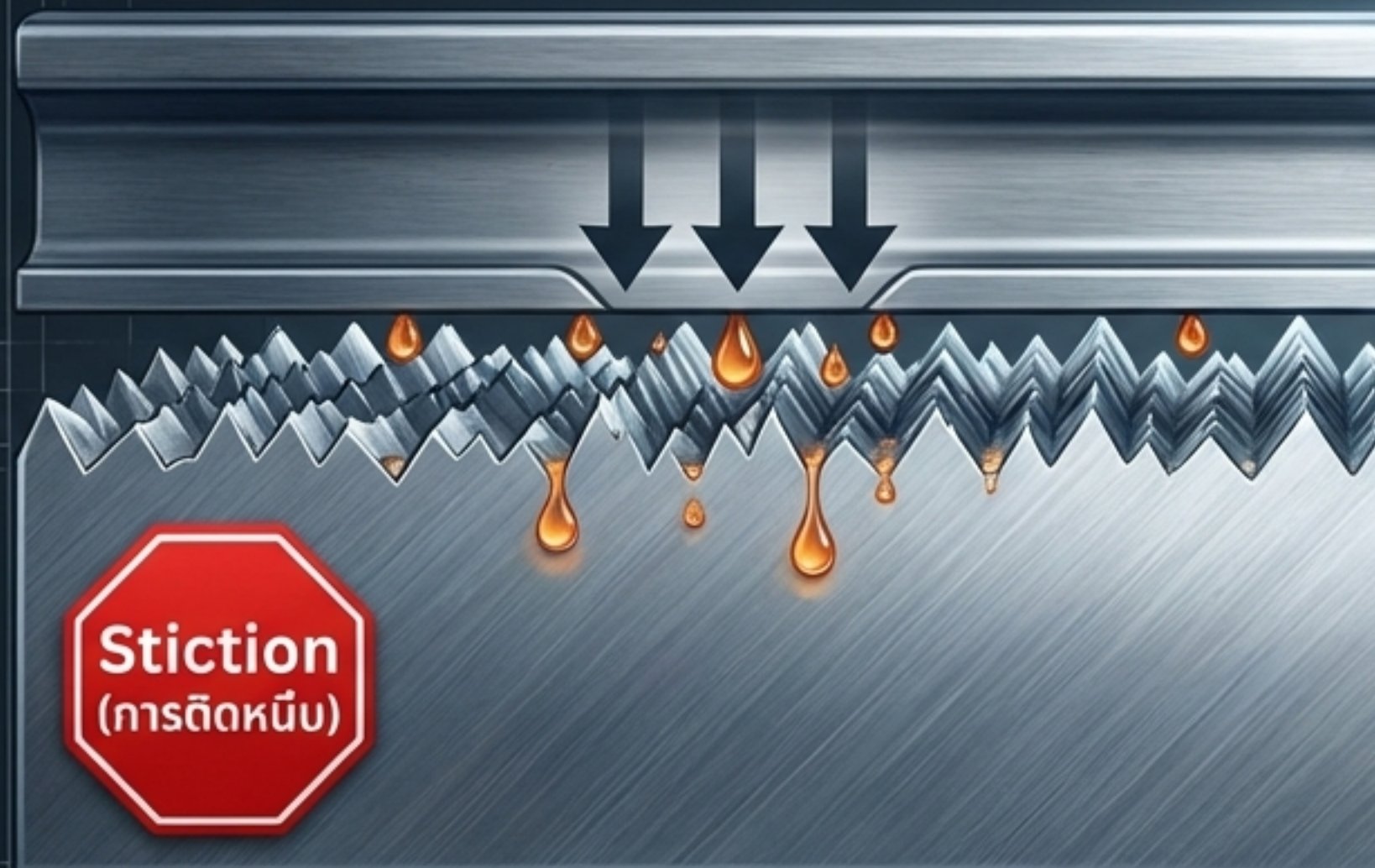
Step 2: การสลับคู่ ป้องกันไม่ให้แผ่น  
โลหะเข้าโค้งรับกันเอง  
(Concave/Convex matching)



Step 3: ความคลาดเคลื่อนสะสมถูกขจัด  
ออกทั้งหมด เกิดเป็นระนาบอ้างอิงมาตรฐาน  
ที่สมบูรณ์แบบเพื่อใช้เป็นเกณฑ์วัด

# ไตรโบโลยีระดับไมโคร: ทำไมผิวเรียบสนิทจึงไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด?

ผิวเจียร (Ground Surface)



ผิวขูด (Scraped Surface)



เรียบเกินไป น้ำมันถูกรีดออกหมด  
เกิดแรงดึงดูระดับโมเลกุลทำให้เกิด  
"Stiction" (การติดหนึบ) เมื่อเริ่มเคลื่อนที่

High Spots: ทำหน้าที่รับน้ำหนักอย่างสม่ำเสมอ.  
Low Spots: ทำหน้าที่เป็นช่องกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น  
(Oil Pockets) ป้องกันการสัมผัสโดยตรงของโลหะ  
และลดแรงเสียดทานเริ่มต้นอย่างมีนัยสำคัญ

# การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงวิศวกรรม (The Great Divide)

## การเจียรผิว (Surface Grinding)

ความแม่นยำขึ้นอยู่กับเครื่องเจียร



ความร้อนสะสมสูง (เสี่ยงเสียรูป)



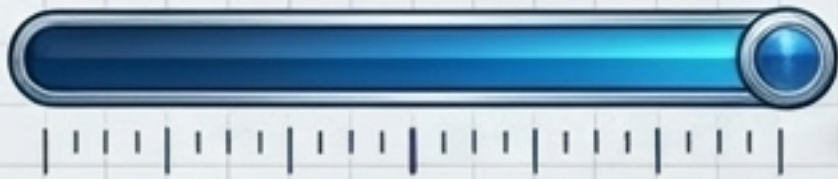
การกักเก็บน้ำมันต่ำ



ผลิตรวดเร็ว / ต้นทุนเครื่องจักรสูง



เสียงต่อรอยขีดข่วน



## การขูดปรับระดับ (Hand Scraping)

ปรับแต่งระดับ  
ไมโครเมตรได้อิสระ



เป็นกระบวนการเย็น  
(Cold process)



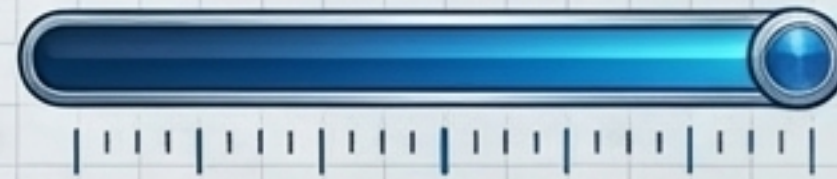
การกักเก็บน้ำมันสูงมาก



ช้า / ต้องใช้ทักษะสูง



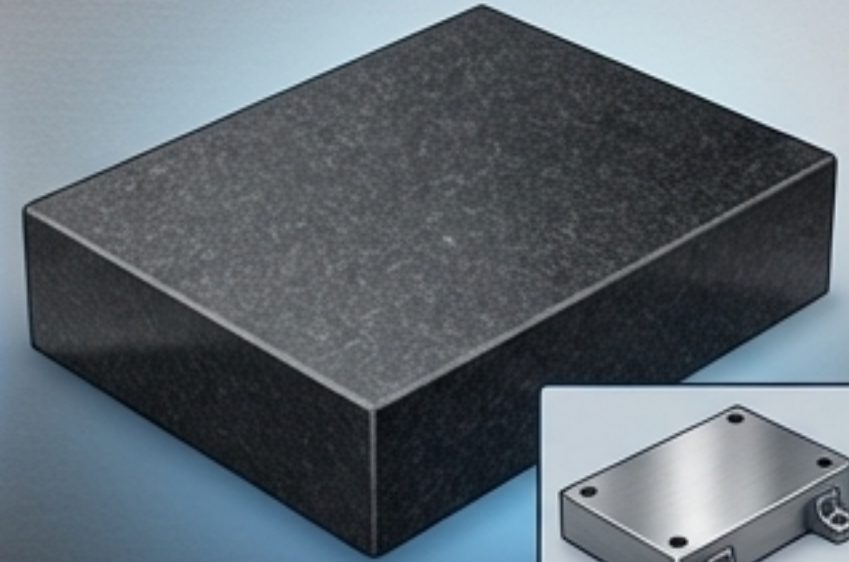
ต้านทานการสึกหรอ  
เยี่ยม



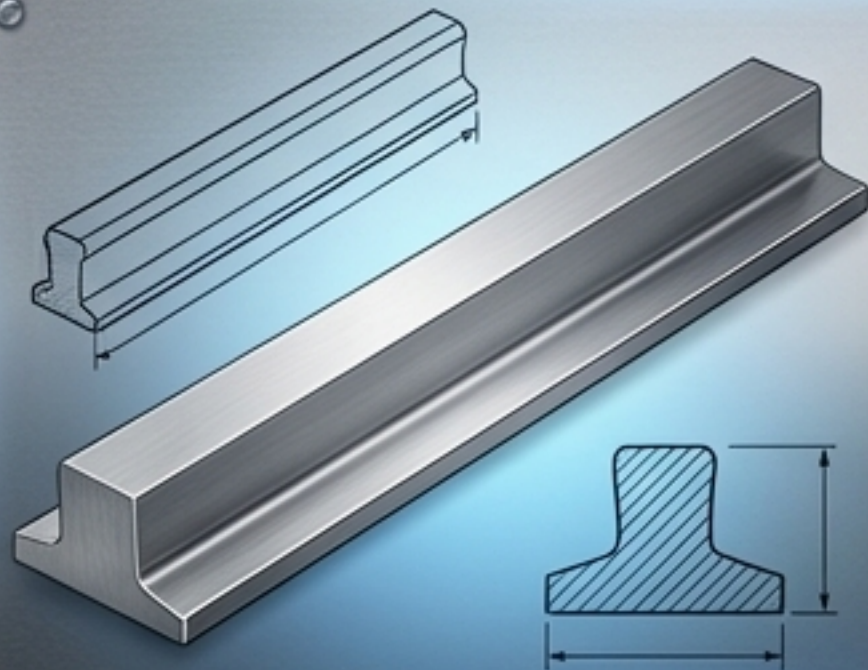
# อาวุธของช่างฝีมือ: ชุดเครื่องมือมาตรฐานความเที่ยงตรงสูง



**เหล็กขูด (Scrapers) & ใบมีด:** ใช้ใบมีด ทั้งสแตนคาร์ไบด์ มุมตัดถูกลับที่  $-90^\circ$  ถึง  $-95^\circ$  มีทั้งแบบ แบนและสามเหลี่ยม



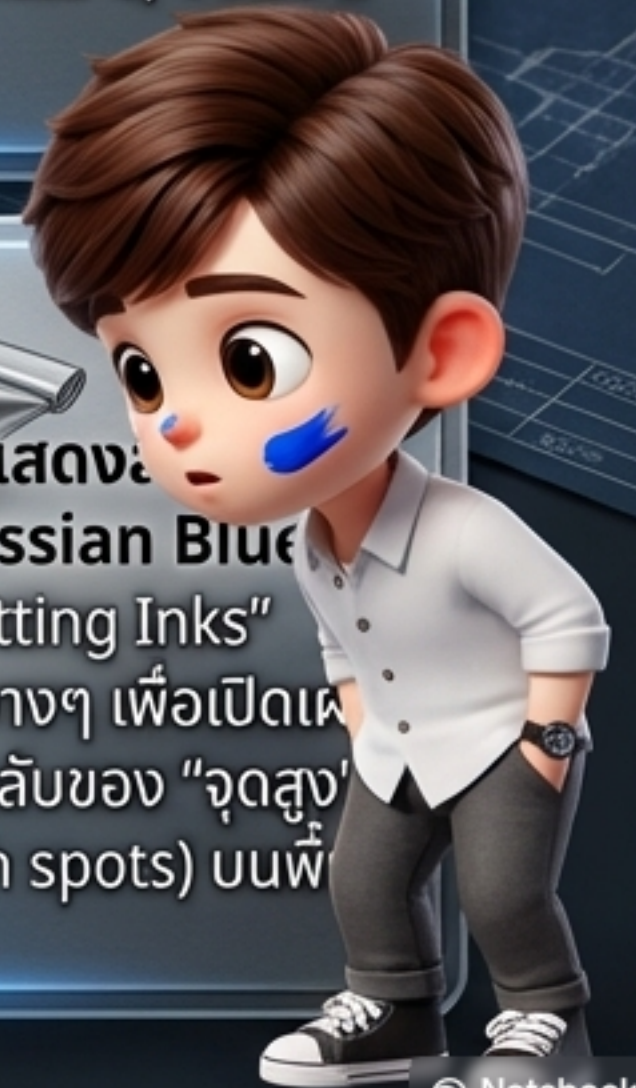
**แผ่นโต๊ะระดับ (Surface Plate):** ทำจากเหล็กหล่อเกรด FC250 หรือหินแกรนิต มาตรฐานความแม่นยำ JIS Class 0, 1 หรือ 2



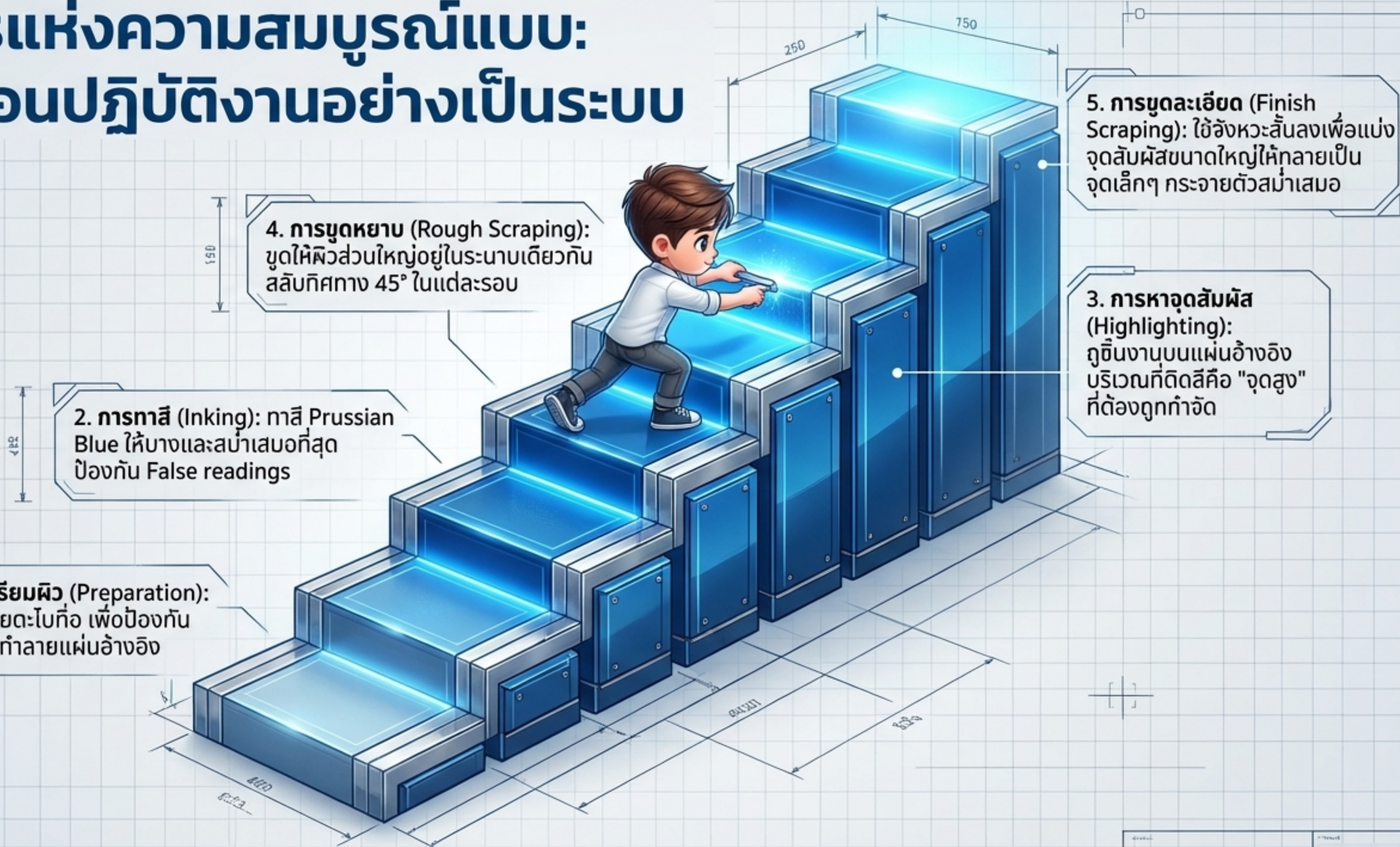
**บรรทัดอ้างอิง (Straight Edge):** ใช้ตรวจสอบความ ขนานและตั้งฉากสำหรับ ชิ้นงานยาวหรือร่องวี



**สารแสดง (Prussian Blue "Spotting Inks")** ที่ทาบางๆ เพื่อเปิดเผ ความลับของ "จุดสูง" (High spots) บนพื้น

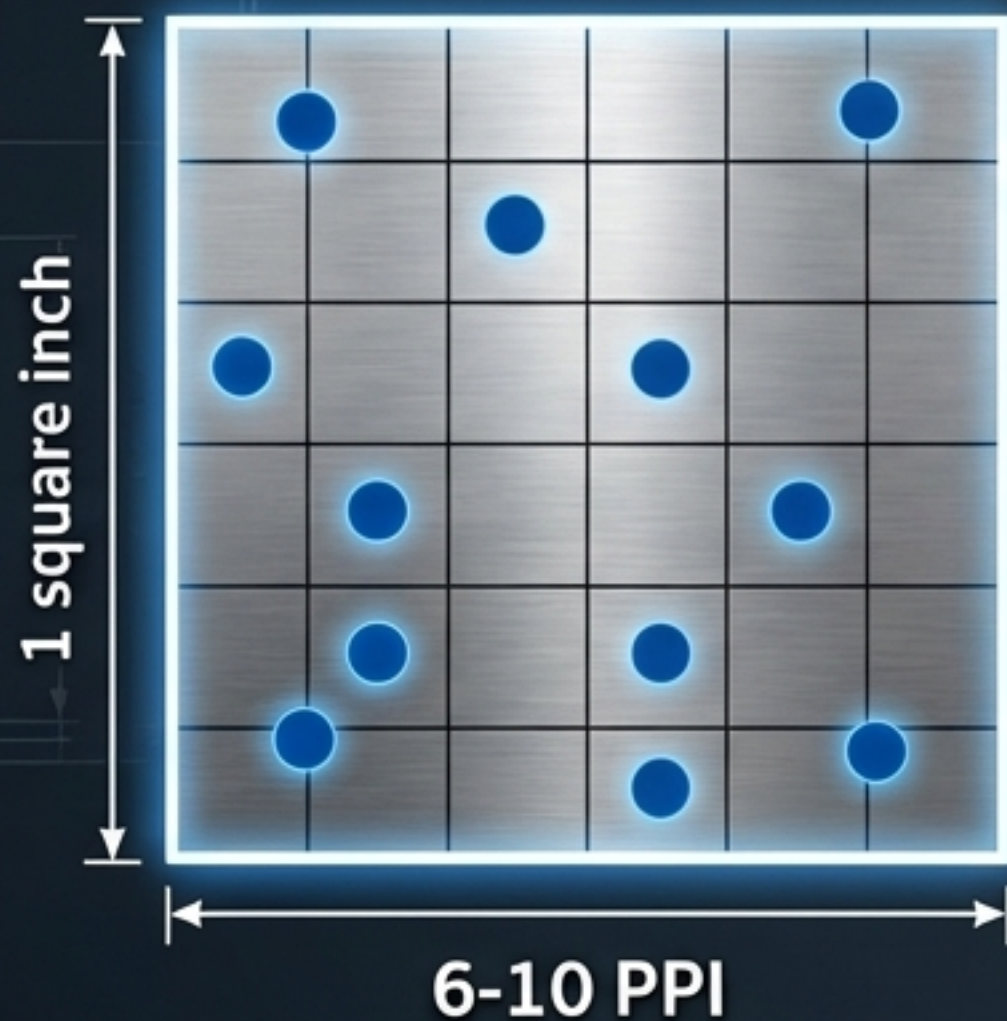


# วงจรแห่งความสมบูรณ์แบบ: ขั้นตอนปฏิบัติทำงานอย่างเป็นระบบ

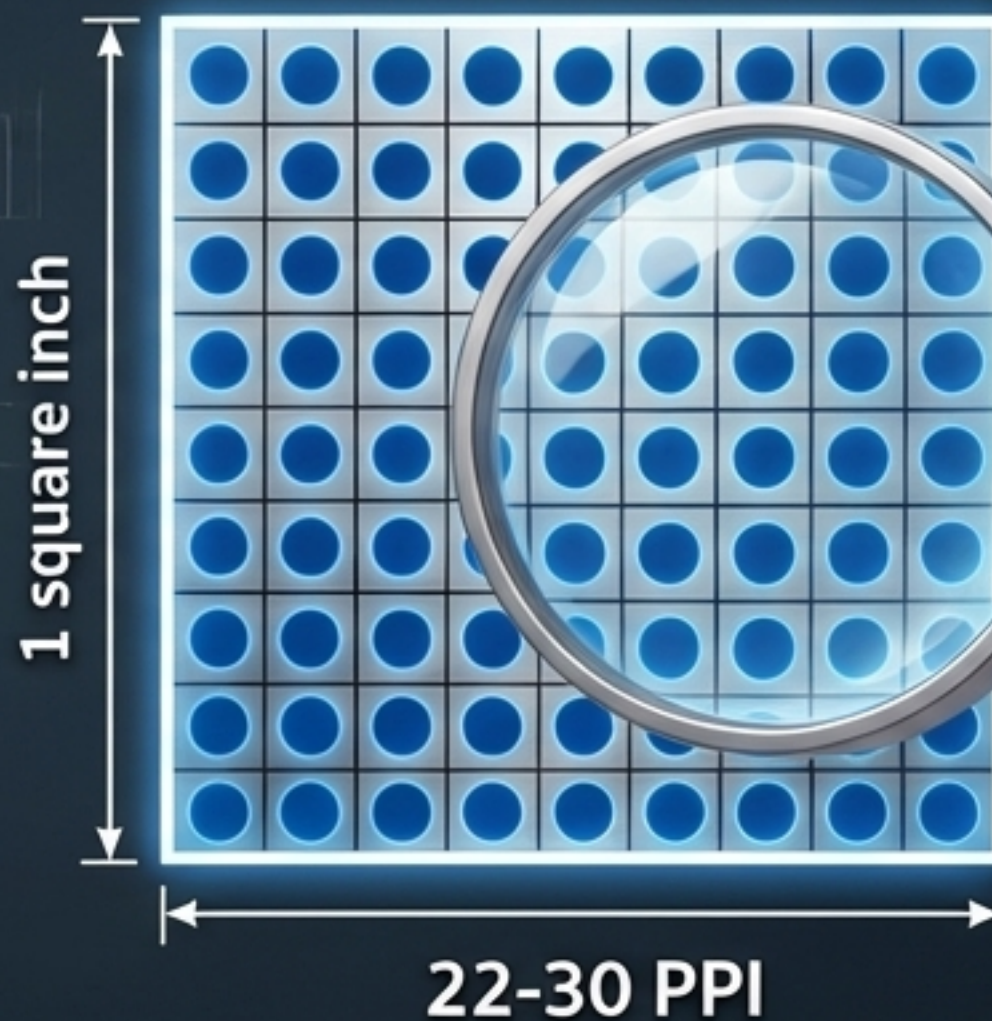


# มาตรฐานการวัดคุณภาพ: เปลี่ยนสัมผัสเป็นตัวเลข (PPI & POP)

งานทั่วไป  
(General Surfaces)



งานความเที่ยงตรงสูง  
(Ultraprecision)



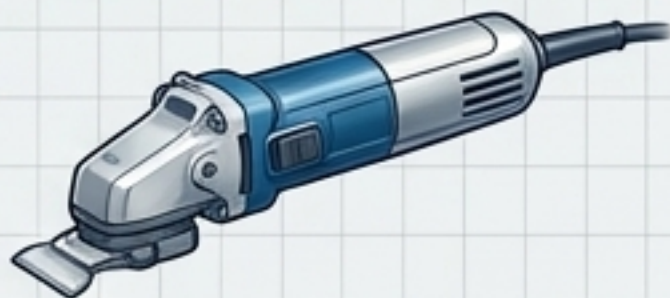
รางเลื่อนเครื่องจักร (Machine Guide Rails): 10-18 PPI

Percentage of Points (POP): สัดส่วนพื้นที่สัมผัสต่อพื้นที่ทั้งหมด  
ปกติรักษาไว้ที่ 20%-50% เพื่อให้มีพื้นที่ว่างเพียงพอสำหรับกักเก็บน้ำมันหล่อลื่น

# วิทยาการเครื่องขุดไฟฟ้า: ขยายขีดความสามารถมนุษย์

## Product Display

### Tier 1



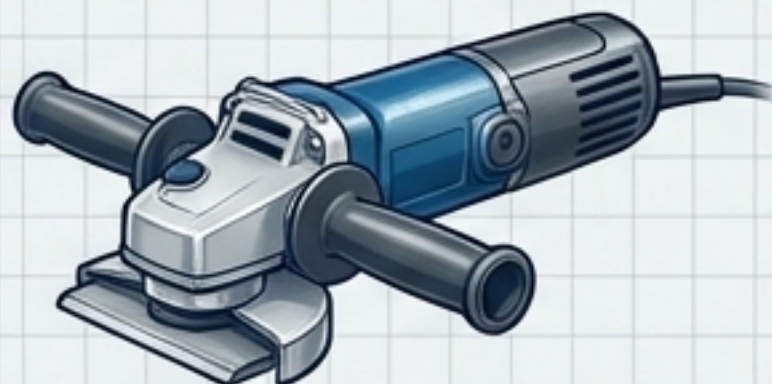
BL-10 (Light): สำหรับงานขุดละเอียด (Finishing) บนรางเลื่อนขนาดเล็ก

### Tier 2



BL-40 (Medium): รุ่นอเนกประสงค์สำหรับงานขนาดกลางถึงใหญ่

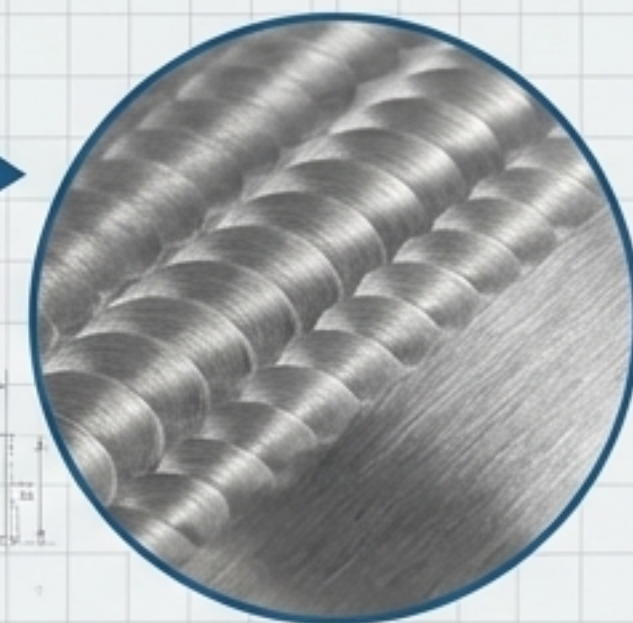
### Tier 3



BS-40 (Heavy duty): สำหรับงานตัดขวางและชิ้นส่วนขนาดใหญ่ (เช่น เสื่ออุบลเทอร์ไบน์)

## เครื่องขุด BIAx (เยอรมนี)

นวัตกรรมที่ช่วยลดความเครียดทางกายภาพ  
และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้มากกว่า 70%



Half-moon pattern  
สามารถใช้สร้างลวดลายครึ่งวงกลม  
เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทากัดกับน้ำมัน



# เรขาคณิตขั้นสูง: การตั้งระดับและความตึงจาก (Machine Alignment)



**ไม่ใช่แค่เรียบ แต่ต้องสมดุล:** งานชุดต้องควบคู่กับการตั้งระดับเครื่องจักร (Leveling) เพื่อให้ทุกแกนเคลื่อนที่ในระนาบที่ถูกต้อง

**Master Level:** ตรวจสอบฐานเครื่องจักรกับระนาบโลก ปรับ Jackscrews จนฟองอากาศอยู่ที่กลางสมบูน

**Cylinder Square:** ตรวจสอบความตึงจากของแกน Z (แกนแนวตั้ง) เทียบกับระนาบ XY ผ่านการใช้ไดอัลเกจ

# เครือข่ายความเที่ยงตรงในอุตสาหกรรมไทย (Thai Precision Ecosystem)



## การศึกษาและฝึกอบรม

- สถาบันไทย-เยอรมัน (TGI)
- สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น (TNI)

## ศูนย์บริการ Overhaul & ซ่อมบำรุง

- บจก. เอ็มโปเรียม เซอร์วิส (ซ่อมเครื่องจักร/เปลี่ยน Turcite)
- บจก. ชาม ซิคอน อินดิสเทรียล (CNC Overhaul)
- บจก. PR-เทค กูลส์ (ลำพูน) & เชียงใหม่มทิง

## การสนับสนุนเครื่องมือ

- ตัวแทนจำหน่ายหลักอย่าง Misumi Thailand (Sandvik/แตรนิต) และ Thaicarpenter

# บทสรุป: รากฐานของอนาคต (The Upstream Technology Pyramid)

## The Paradigm Shift:

งานชุดไม่ใช่เทคโนโลยีที่กำลังจะตาย  
แต่มันคือ "เทคโนโลยีต้นน้ำ"  
ที่เป็นฐานรากให้เครื่องจักรความ  
เที่ยงตรงสูงทุกลำในโลก

AI, Automation,  
IoT

## The Call to Action:

การรักษาและพัฒนาทักษะนี้ คือกุญแจ  
สำคัญที่จะยกระดับอุตสาหกรรมไทย  
จาก "ผู้ใช้งานเครื่องจักร" สู่การเป็น  
"ผู้สร้างและผู้ซ่อมบำรุงขั้นสูง"  
อย่างยั่งยืน

CNC, 5-Axis Machining

Machine Leveling  
& Hand Scraping