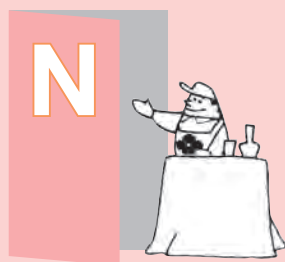


ข้อมูลทางเทคนิค ข้อมูลอ้างอิง N9-N40

N



ข้อมูลทางเทคนิค

งานกลึง	N10
งานกัด	N15
งานเอ็นมิลล์	N19
งานเจาะ	N22
เกี่ยวกับ SUMIBORON	N27

ข้อมูลอ้างอิง

ตารางแปลงหน่วย SI	N31
ตารางสัญลักษณ์โลหะต่าง ๆ (บทคัดลอก)	N32
ตารางสัญลักษณ์เหล็กและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (บทคัดลอก)	N34
ตารางเปรียบเทียบสเกลความแข็ง	N35
พิกัดความเผื่อทางขนาดของงานสวมมาตรฐาน	N36
พิกัดความเผื่อทางขนาดและงานสวม	N38
มาตรฐานความเรียบ	N39
ความเรียบผิว	N40

งานกลึง - พื้นฐานงานกลึง

■ การคำนวณอัตราเร็วตัด

(1) การคำนวณความเร็วรอบจากอัตราเร็วตัด

$$n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times D_m}$$

n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)
 v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
 D_m : เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน/
 ภายในนอกของชิ้นงาน (มม.)
 $\pi \approx 3.14$

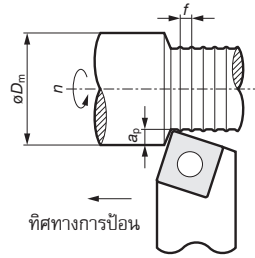
ตัวอย่าง: $v_c = 150$ ม./นาที, $D_m = 100$ มม.

$$n = \frac{1,000 \times 150}{3.14 \times 100} = 478 \text{ (นาที}^{-1}\text{)}$$

(2) การคำนวณอัตราเร็วตัดจากความเร็วรอบ

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1,000}$$

ดูตารางด้านบน



ทิศทางการป้อน

- n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)
- v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
- f : อัตราป้อนต่อรอบ (มม./รอบ)
- a_p : ความลึกตัด (มม.)
- D_m : เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน (มม.)

■ การคำนวณกำลังเครื่อง

$$P_c = \frac{v_c \times f \times a_p \times K_c}{60 \times 10^3 \times \eta}$$

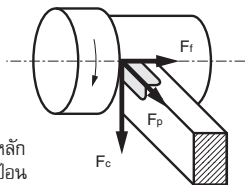
$$H = \frac{P_c}{0.75}$$

P_c : กำลังเครื่อง (kW)
 v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
 f : อัตราป้อน (มม./รอบ)
 a_p : ความลึกตัด (มม.)
 K_c : แรงตัดจำเพาะ (MPa)
 H : แรงม้าที่จำเป็น (HP)
 η : ประสิทธิภาพเครื่องจักร
 (0.70 ถึง 0.85)

● ค่า K_c โดยประมาณ

อะลูมิเนียม: 800MPa
 เหล็กทั่วไป: 2,500 ถึง 3,000MPa
 เหล็กหล่อ: 1,500MPa

■ 3 องค์ประกอบของแรงตัด



F_c : แรงหลัก
 F_f : แรงป้อน
 F_p : แรงดัน

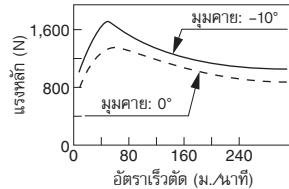
● การคำนวณแรงตัด

$$P = \frac{K_c \times q}{1,000}$$

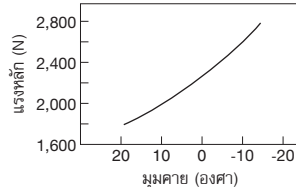
$$= \frac{K_c \times a_p \times f}{1,000}$$

P : แรงตัด (kN)
 K_c : แรงตัดจำเพาะ (MPa)
 q : พื้นที่เศษตัด (มม.²)
 a_p : ความลึกตัด (มม.)
 f : อัตราป้อน (มม./รอบ)

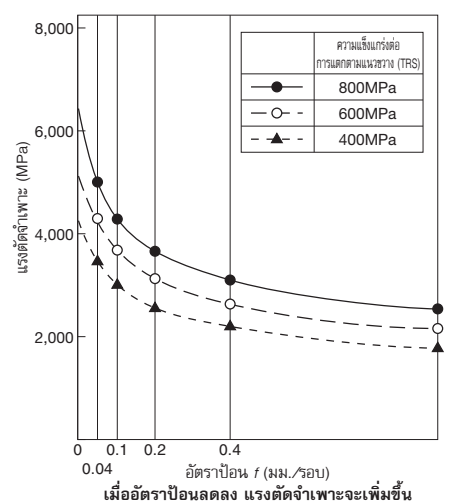
■ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วตัดและแรงตัด



■ ความสัมพันธ์ระหว่างมุมคายและแรงตัด



■ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนและแรงตัดจำเพาะ (สำหรับเหล็กคาร์บอน)

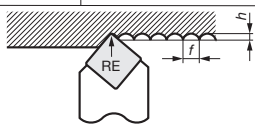


■ ความเรียบผิว

● ความเรียบผิวทางทฤษฎี (ทางเรขาคณิต)

$$h = \frac{f^2}{8 \times RE} \times 10^3$$

h : ความเรียบผิวทางทฤษฎี (μm)
 f : อัตราป้อนต่อรอบ (มม./รอบ)
 RE : รัศมีมุมมีด (มม.)



● ความเรียบผิวจริง

หลัก:

ความเรียบผิวทางทฤษฎี $\times 1.5$ ถึง 3

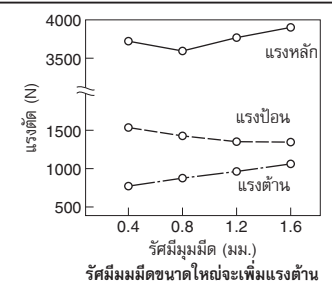
หลักหล่อ:

ความเรียบผิวทางทฤษฎี $\times 3$ ถึง 5

● แนวทางการปรับปรุงคุณภาพผิว

- (1) ใช้เม็ดมีดที่มีรัศมีมุมมีดใหญ่ขึ้น
- (2) ใช้อัตราเร็วตัดและอัตราป้อนที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดการพอกตัวที่คมตัด
- (3) เลือกใช้เกรดเม็ดมีดให้ถูกต้อง
- (4) ใช้เม็ดมีดไวเปอร์

■ ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีมุมมีดและแรงทั้ง 3



วัสดุชิ้นงาน: SCM440 (38HS)

เม็ดมีด: TNGA2204SS

ด้ามมีด: PTGNR2525-43

เงื่อนไขการตัด: $v_c = 100$ ม./นาที,

$a_p = 4$ มม.,

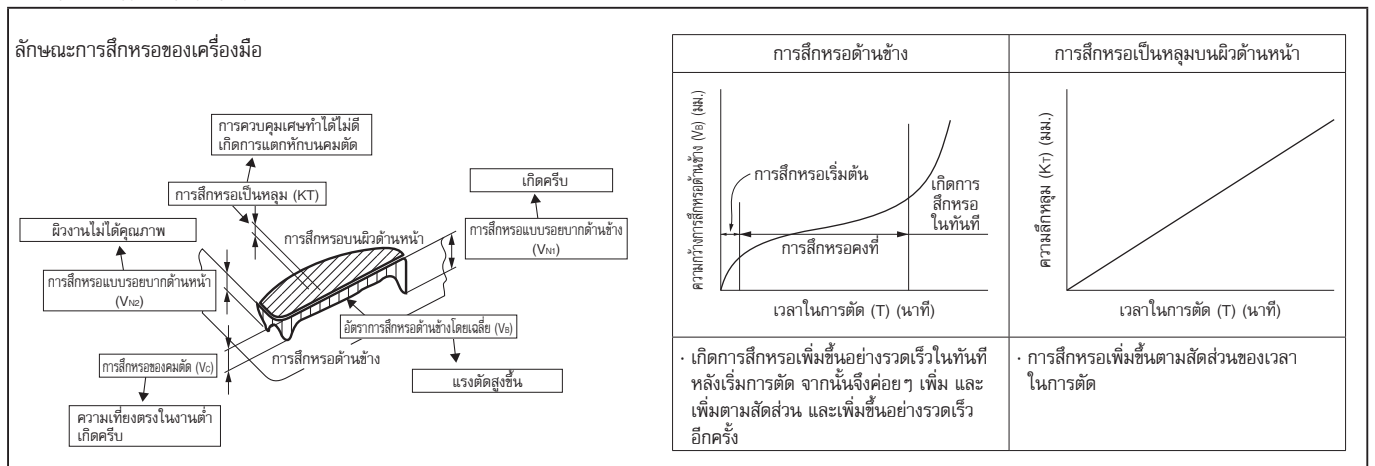
$f = 0.45$ มม./รอบ

งานกลึง - ลักษณะปัญหาและอายุการใช้งานของเครื่องมือ

■ ลักษณะปัญหาของเครื่องมือ

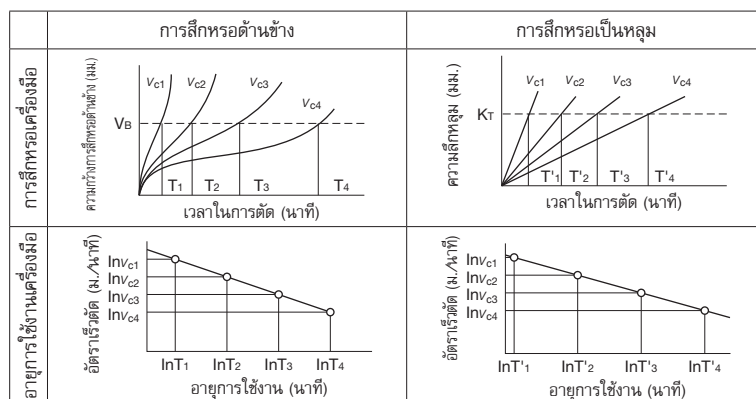
หมวดหมู่	No.	ปัญหา	สาเหตุหลักของปัญหา
	(1) ถึง (5)	การสึกหรอด้านข้าง	การสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างขอบคมตัดและอนุภาคความแข็งของวัสดุชิ้นงาน
	(6)	การแตกบิ่น	การแตกละเอียดที่เกิดจากแรงดัดหน้าหรือการสั่นสะเทือน
	(7)	การแตกหัก	การแตกขนาดใหญ่ที่เกิดจากการกระแทกที่มีแรงเชิงกลกระทำบนคมตัดมาก
	(8)	การสึกหรอเป็นหลุม	เกิดจากเศษตัดเสียดสีด้านบนของคมตัดขณะตัดเฉือนทำให้มีอุณหภูมิสูงจนเกิดเป็นหลุมด้านบนคมตัด
	(9)	การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก	การเปลี่ยนรูปของคมตัดเนื่องจากการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง
	(10)	ความเสียหายจากความร้อน	เกิดความล้าเนื่องจากความร้อน (Thermal Fatigue) จากการให้ความร้อนและความเย็นซ้ำไปมาอย่างรวดเร็วในงานตัดกระแทก
	(11)	การพอกตัวที่คมตัด	เกิดจากการที่เศษไม่ขาดออกจากกัน ทำให้เกิดความไม่เสถียรในการตัด และทำให้เกิดความเสียหายบริเวณขอบคมตัด

■ กราฟการสึกหรอเครื่องมือ



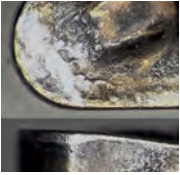
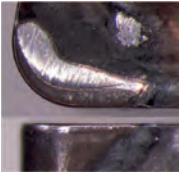
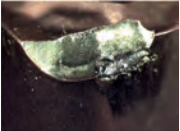
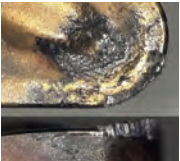
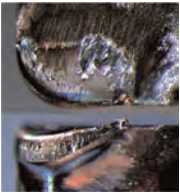
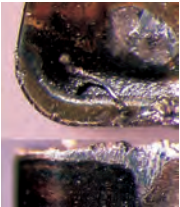
■ อายุการใช้งานเครื่องมือ (V-T)

· กราฟลอการิทึมที่แสดงอายุการใช้งานเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง (T) กับการสึกหรอที่กำหนดตามช่วงของอัตราเร็วตัด (V_c) บนแกน X และอัตราเร็วตัดบนแกน Y



งานกลึง – ปัญหาของคมตัดและวิธีการแก้ไข

■ ปัญหาของเม็ดมีดและวิธีการแก้ไข

ปัญหาของเม็ดมีด	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
การสึกหรอด้านข้าง 	• เกรดเครื่องมือไม่มีคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอ • อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป • อัตราป้อนเข้าเกินไป	• เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น P30→P20→P10 K20→K10→K01 • เพิ่มมุมคาย • ลดอัตราเร็วตัด • เพิ่มอัตราป้อน
การสึกหรอเป็นหลุม 	• เกรดเครื่องมือไม่มีคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอเป็นหลุม • มุมคายเล็กเกินไป • อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป • อัตราป้อนและความลึกตัดมากเกินไป	• เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอเป็นหลุมได้มากขึ้น • เพิ่มมุมคาย • เปลี่ยนสายหน้ามีด • ลดอัตราเร็วตัด • ลดอัตราป้อนและความลึกตัด
การแตกบิ่นของคมตัด 	• เกรดเครื่องมือมีความเหนียวน้อยเกินไป • คมตัดแตกหักเนื่องจากการพอกตัวของเศษ • คมตัดไม่แข็งแรงพอ • อัตราป้อนและความลึกตัดมากเกินไป	• เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง P10→P20→P30 K01→K10→K20 • เพิ่มปริมาณการลบคมบนคมตัด • ลดมุมคาย • ลดอัตราป้อนและความลึกตัด
การแตกหักของคมตัด 	• เกรดเครื่องมือมีความเหนียวน้อยเกินไป • คมตัดไม่แข็งแรงพอ • ด้ามมีดไม่แข็งแรงพอ • อัตราป้อนและความลึกตัดมากเกินไป	• เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง P10→P20→P30 K01→K10→K20 • เลือกสายหน้ามีดที่มีคมตัดแข็งแรง • เลือกด้ามมีดที่มีมุมตัดใหญ่ขึ้น • เลือกด้ามมีดที่มีขนาดด้ามใหญ่ขึ้น • ลดอัตราป้อนและความลึกตัด
การยึดเกาะ/พอกตัวของคมตัด 	• การเลือกเกรดที่ไม่ถูกต้อง • คมตัดไม่คมพอ • อัตราเร็วตัดช้าเกินไป • อัตราป้อนเข้าเกินไป	• เลือกเกรดที่มีความสามารถในการจับ (Affinity) ที่ต่ำกับวัสดุชิ้นงาน เกรดคาร์ไบด์เคลือบผิวหรือเซอร์เมท • เลือกเกรดที่มีผิวเคลือบที่เรียบ • เพิ่มมุมคาย • ลดการลบคม • เพิ่มอัตราเร็วตัด • เพิ่มอัตราป้อน
การเปลี่ยนรูปแบบพลาสติก 	• เกรดเครื่องมือไม่มีคุณสมบัติด้านทานความร้อน • อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป • อัตราป้อนและความลึกตัดมากเกินไป • ปริมาณสารหล่อเย็นไม่เพียงพอ	• เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอเป็นหลุมได้มากขึ้น • เพิ่มมุมคาย • ลดอัตราเร็วตัด • ลดอัตราป้อนและความลึกตัด • เพิ่มปริมาณสารหล่อเย็นให้เพียงพอ
การสึกหรอแบบรอยบาก 	• เกรดเครื่องมือไม่มีคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอ • มุมคายเล็กเกินไป • อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป	• เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น P30→P20→P10 K20→K10→K01 • เพิ่มมุมคาย • ปรับความลึกตัดเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งรอยบาก

งานกลึง – การควบคุมเศษและวิธีการแก้ไข

■ ประเภทของการเกิดเศษ

	การไหล	การเฉือน	การฉีก	การแตก
รูป				
เงื่อนไข	เศษไหลต่อเนื่อง ให้ความเรียบผิว ของงานมีคุณภาพ	เศษจะถูกเฉือนและ แยกออกที่มุมเฉือน	เศษจะถูกฉีกออก จากผิวชิ้นงาน	เศษจะถูกทำให้แตก ก่อนถึงจุดตัด
การใช้งาน	งานตัดทั่วไปของเหล็ก และอัลลอยเบา	เหล็ก เหล็กสแตนเลส (อัตราเร็วตัดต่ำ)	เหล็ก เหล็กหล่อ (อัตราเร็ว ตัดต่ำมากอัตราป้อนต่ำมาก)	งานตัดของเหล็กหล่อ และคาร์บอนทั่วไป
ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	← ใหญ่ ← ใหญ่ ← เล็ก ← ใหญ่ ← การเปลี่ยนรูปของวัสดุชิ้นงาน ← มุมคาย ← ความลึกตัด ← อัตราเร็วตัด → เล็ก → เล็ก → ใหญ่ → เล็ก			

■ ประเภทของการควบคุมเศษ

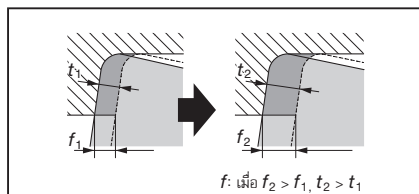
การแบ่งประเภท ของรูปทรงเศษ	ความลึกตัด	A	B	C	D	E
	ลึก					
การประเมิน	เล็ก					
	เครื่องกลึง NC (สำหรับระบบอัตโนมัติ)	×	×	○	○	△
การประเมิน	เครื่องกลึงทั่วไป (สำหรับความปลอดภัย)	×	○	○	○ ถึง △	×

ติ: ประเภท C, D

ประเภท A: เศษพันรอบเครื่องมือหรือชิ้นงาน ทำให้เกิดความเสียดสีผิวชิ้นงานและเป็นอันตราย
ประเภท B: ทำให้เกิดปัญหาในระบบลำเลียงเศษอัตโนมัติและเกิดการแตกบิ่นได้ง่าย
ประเภท E: ทำให้เศษแตกกระจายและความเรียบผิวของงานเสียเนื่องจากการสะท้อน
รวมถึงการแตกบิ่น ใช้แรงตัดสูง และอุณหภูมิสูง

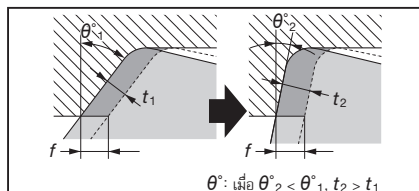
■ ปัจจัยในการปรับปรุงการควบคุมเศษ

(1) เพิ่มอัตราป้อน (f)



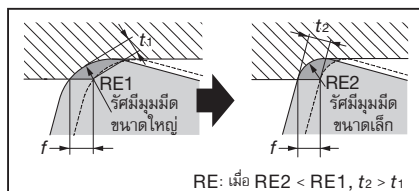
การเพิ่มอัตราป้อนจะทำให้ความหนาของเศษ (t) เพิ่มขึ้น
และเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมเศษ

(2) ลดมุมตัดด้านข้าง (θ°)



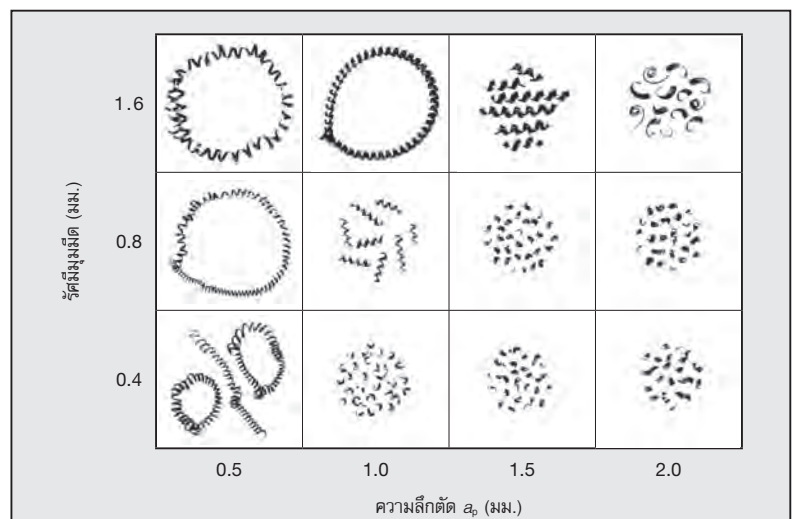
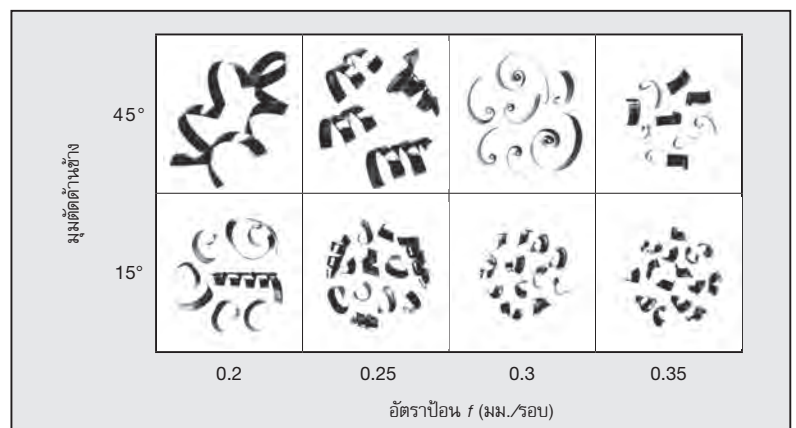
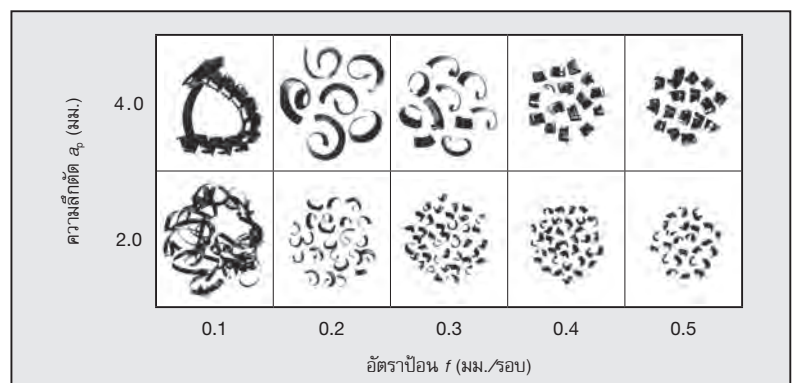
ถึงแม้จะใช้อัตราป้อนเท่ากัน องค์การตัดด้านข้างที่เล็ก
กว่าจะช่วยให้ความหนาของเศษเพิ่มขึ้นและเพิ่ม
ประสิทธิภาพในการควบคุมเศษ

(3) ลดรัศมีมุมมีด (RE)



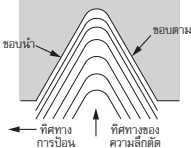
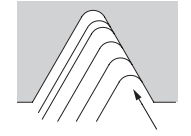
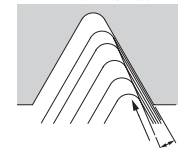
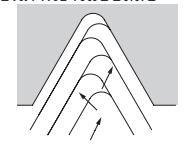
ถึงแม้จะใช้อัตราป้อนเท่ากัน รัศมีมุมมีดที่เล็กกว่าจะช่วยให้
ความหนาของเศษเพิ่มขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพในการ
ควบคุมเศษ

* แรงตัดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของความยาวของหน้าสัมผัส ดังนั้น
รัศมีมุมมีดที่ใหญ่กว่าจะเพิ่มแรงดันซึ่งทำให้เกิดแรงสะท้อน
อย่างไรก็ตามรัศมีมุมมีดที่เล็กกว่าจะให้ความเรียบผิวที่หยากกว่า
ที่อัตราป้อนที่เท่ากัน



งาน - กลึงพื้นฐานงานกลึงเกลียว

■ วิธีการตัดเกลียว

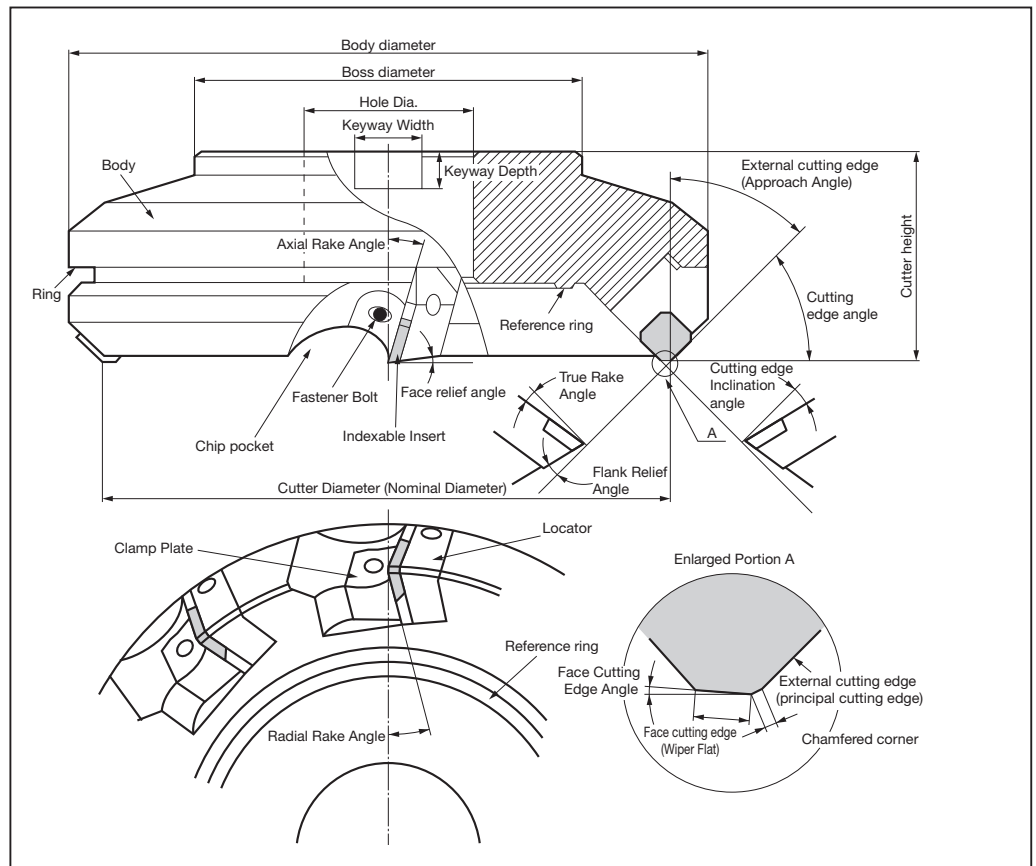
วิธีการตัด	คุณสมบัติ
การป้อนตามแนวรัศมี 	- เทคนิคการกลึงเกลียวที่นิยมใช้กันมากที่สุด ใช้กับเกลียวที่มีระยะพิตซ์ขนาดเล็กเป็นหลัก - สามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการตัดได้ง่าย เช่น ความลึกตัดและอื่นๆ - หน้าสัมผัสที่ยาวมีแนวโน้มจะทำให้เกิดการกระแทก - การควบคุมเศษทำได้ยาก - มักเกิดความเสียหายบริเวณด้านขอบตามมาก
การป้อนด้านข้าง 	- ใช้ได้กับเกลียวที่มีระยะพิตซ์ขนาดใหญ่และผิววัสดุชิ้นงานที่เกิดรอยตำหนิง่าย - ระบายเศษออกด้านเดียว ทำให้การควบคุมเศษทำได้ง่าย - ขอบด้านหลังอาจถูกเสียดสี ส่งผลให้ด้านข้างสึกหรอเร็วขึ้น
การป้อนด้านข้างที่ปรับแล้ว 	- ใช้ได้กับเกลียวที่มีระยะพิตซ์ขนาดใหญ่และผิววัสดุชิ้นงานที่เกิดรอยตำหนิง่าย - ระบายเศษออกด้านเดียว ทำให้การควบคุมเศษทำได้ง่าย - ยับยั้งการสึกหรอด้านข้างบนด้านขอบตาม
การป้อนด้านข้างแบบสลับ 	- ใช้ได้กับเกลียวที่มีระยะพิตซ์ขนาดใหญ่และผิววัสดุชิ้นงานที่เกิดรอยตำหนิง่าย - เกิดการสึกหรอเท่าๆ กันทั้งด้านขวาและซ้ายของคมตัด - เนื่องจากใช้คมตัดทั้งสองด้านสลับกันไปมา การควบคุมเศษจึงทำได้ยากในบางครั้ง

■ การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานกลึงเกลียว

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
ปัญหาของคมตัด	การสึกหรอที่มากกว่าปกติ	- เกรดเครื่องมือ - เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น - ลดอัตราเร็วตัด - ใช้สารหล่อเย็นตามปริมาณและความเข้มข้นที่เหมาะสม - ปรับเปลี่ยนจำนวนรอบ
	การสึกหรอทั้งด้านขวาและซ้ายไม่คงที่	- การติดตั้งเครื่องมือ - ตรวจสอบให้แน่ใจว่ามุมเอียงของคมตัดมีความเหมาะสมกับมุมนำของเกลียว - ตรวจสอบว่าได้ติดตั้งเครื่องมืออย่างถูกต้องเหมาะสม - เปลี่ยนไปใช้การป้อนด้านข้างที่ปรับแล้ว หรือการป้อนด้านข้างแบบสลับ
	แตกบิ่น	- เงื่อนไขการตัด - กรณีเกิดการพอกตัวบนคมตัด ให้เพิ่มอัตราเร็วตัด
	แตกหัก	- การชุดของเศษ - ง่ายสารหล่อเย็นที่คมตัดให้เพียงพอ - เงื่อนไขการตัด - เพิ่มจำนวนรอบและลดความลึกตัดลงทุก ๆ รอบ - ใช้เครื่องมือแยกกันระหว่างงานตัดหยาบและงานเก็บผิวละเอียด
รูปทรงและความแม่นยำ	ผิวงานไม่ได้คุณภาพ	- เงื่อนไขการตัด - กรณีเกิดรอยตำหนิเนื่องจากใช้ความเร็วรอบต่ำ ให้เพิ่มอัตราเร็วตัด - กรณีเกิดการสะท้อน ให้ลดอัตราเร็วตัดลง - กรณีความลึกตัดของรอบสุดท้ายน้อยเกินไป ให้เพิ่มความลึกตัดให้มากขึ้น - เกรดเครื่องมือ - เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น - มุมเอียงของคมตัดไม่เหมาะสม - เลือกแผ่นรองให้สอดคล้องกับมุมหลบด้านเม็ดมีด
	รูปทรงเกลียวไม่เหมาะสม	- การติดตั้งเครื่องมือ - ตรวจสอบว่าได้ติดตั้งเครื่องมืออย่างถูกต้องเหมาะสม
	ความลึกเกลียวตื้น	- ความลึกตัดตื้น - ตรวจสอบความลึกตัด - เครื่องมือเกิดการสึกหรอ - ตรวจสอบความเสียหายบนคมตัด

งานกัด - พื้นฐานงานกัด

อุปกรณ์



สูตรคำนวณการกัด

● การคำนวณอัตราเร็วตัด

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1,000}$$

$$n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times DC}$$

● การคำนวณอัตราป้อน

$$v_f = f_z \times z \times n$$

$$f_z = \frac{v_f}{z \times n}$$

v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)

π : ≈ 3.14

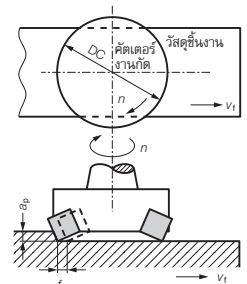
DC : เส้นผ่านศูนย์กลางคมตัดมาตรฐาน (มม.)

n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)

v_f : อัตราป้อนต่อหน้าที (มม./นาที)

f_z : อัตราป้อนต่อฟัน (มม./ฟัน)

z : จำนวนฟัน



● การคำนวณกำลังเครื่อง

$$P_c = \frac{a_p \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6 \times \eta} = \frac{Q \times k_c}{60 \times 10^3 \times \eta}$$

● การคำนวณแรงม้าที่จำเป็น

$$H = \frac{P_c}{0.75}$$

● การคำนวณปริมาณการคายเศษ

$$Q = \frac{a_p \times a_p \times v_f}{1,000}$$

P_c : กำลัง (kw)

H : แรงม้าที่จำเป็น (HP)

Q : ปริมาณการคายเศษ (ซม.³/นาที)

a_p : ความกว้างการตัด (มม.)

v_f : อัตราป้อนต่อหน้าที (มม./นาที)

a_p : ความลึกตัด (มม.)

k_c : แรงตัด (MPa)

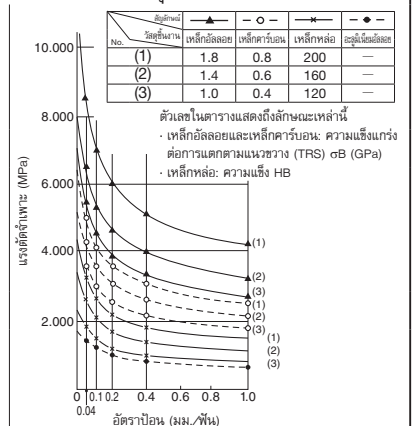
ค่าโดยประมาณ (เหล็ก: 2,500 ถึง 3,000MPa)

(เหล็กหล่อ: 1,500MPa)

(อะลูมิเนียม: 800MPa)

η : ประสิทธิภาพเครื่องจักร (ประมาณ 0.75)

● ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อน วัสดุชิ้นงาน และแรงตัดจำเพาะ

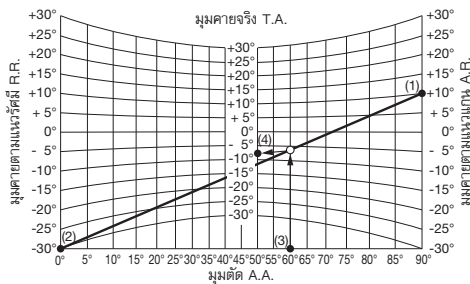


งานกัด - พื้นฐานงานกัด

■ การทำงานขององศาคมตัด

	วัสดุ	สัญลักษณ์	การทำงาน	ผลที่ได้
(1) มุมคายตามแนวแกน		A.R.	กำหนดทิศทางการระบายเศษ การยึดเกาะ แรงขับ และอื่นๆ	เลือกได้ทั้งมุมคายด้านบวกและลบ (ขนาดใหญ่ถึงเล็ก) การจับคู่ใช้งานทั่วไป: มุมบวกและมุมลบ, มุมบวกและมุมบวก, มุมลบและมุมลบ
(2) มุมคายตามแนวรัศมี		R.R.		
(3) มุมตัด		A.A.	กำหนดความหนาของเศษและทิศทางการระบายเศษ	ใหญ่: เศษบาง แรงตัดต่ำ
(4) มุมคายจริง		T.A.	มุมคายที่มีผล	มุมบวก (ใหญ่): ให้ประสิทธิภาพในการกลึงและลดการยึดเกาะของเศษ ความแข็งแรงของคมตัดต่ำ มุมลบ (เล็ก): คมตัดแข็งแรงและเกิดการยึดเกาะของเศษง่าย
(5) มุมเอียงคมตัด		I.A.	กำหนดทิศทางการควบคุมเศษ	มุมบวก (ใหญ่): ควบคุมเศษได้อย่างดีเยี่ยมและแรงตัดต่ำ ความแข็งแรงของคมตัดต่ำ
(6) องศาหน้าคมตัด		F.A.	กำหนดความเรียบผิว	เล็ก: ผิวเรียบได้คุณภาพ
(7) มุมหลบ			กำหนดความแข็งแรงของคมตัด อายุการใช้งาน การสะท้อน	

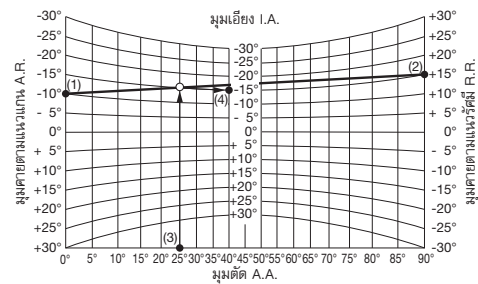
ตารางมุมคายจริง (T.A.)



ตัวอย่าง: (1) A.R. (มุมคายตามแนวแกน) = +10°
 (2) R.R. (มุมคายตามแนวรัศมี) = -30°
 (3) A.A. (มุมตัด) = 60° } $\rightarrow$ T.A. (มุมคายจริง) = -8° (4)

สูตร: $\tan T.A. = \tan R.R. / \cos A.A. + \tan A.R. / \sin A.A.$

ตารางมุมเอียง (I.A.)



ตัวอย่าง: (1) A.R. (มุมคายตามแนวแกน) = -10°
 (2) R.R. (มุมคายตามแนวรัศมี) = +15°
 (3) A.A. (มุมตัด) = 25° } $\rightarrow$ I.A. (มุมเอียง) = -15° (4)

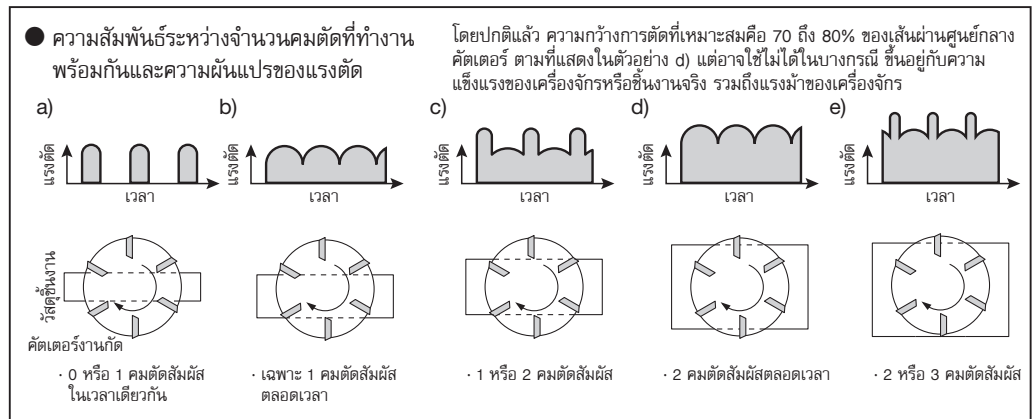
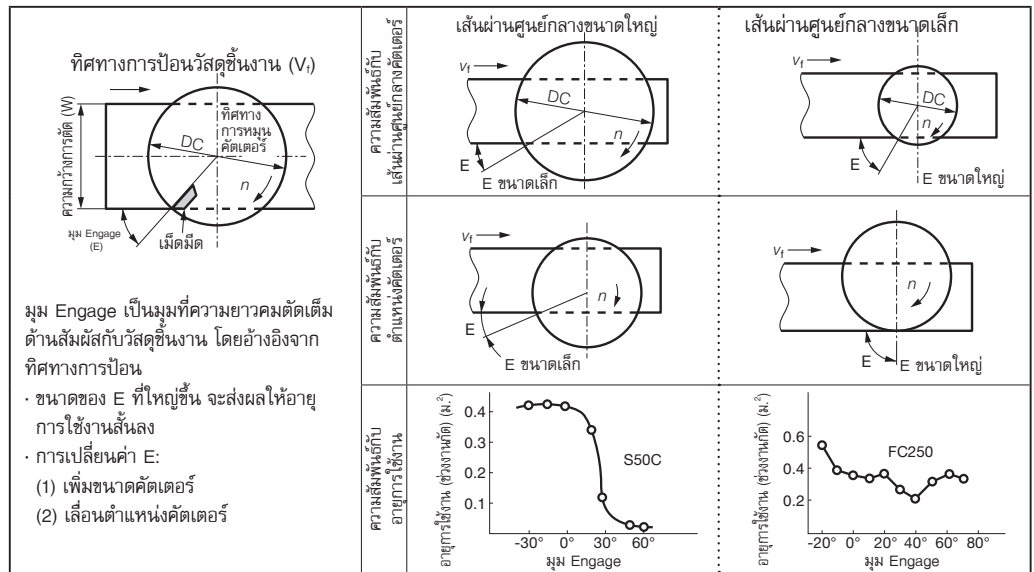
สูตร: $\tan I.R. = \tan A.R. / \cos A.A. - \tan R.R. / \sin A.A.$

■ การจับคู่ใช้งานและคุณสมบัติของมุมคาย

	รุ่นสองมุมบวก	รุ่นมุมลบ - มุมบวก	รุ่นสองมุมลบ
การจับคู่มุมและการระบายเศษ (A.R.: มุมคายตามแนวแกน) (R.R.: มุมคายตามแนวรัศมี) ↺: เศษและทิศทางการระบาย ↻: ทิศทางการหมุนคัตเตอร์			
ข้อดี	ให้ความคมในงานตัด	ให้การระบายเศษที่มีประสิทธิภาพและความคมในงานตัด	การออกแบบที่ช่วยลดต้นทุนทำให้สามารถใช้งานเมตต์ได้ทั้งสองด้าน คมตัดมีความแข็งแรง
ข้อเสีย	ใช้ได้เฉพาะเมตต์มีหน้าเดียวที่มีความแข็งแรงของคมตัดต่ำ	ใช้ได้เฉพาะเมตต์มีหน้าเดียว	การตัดไม่มีประสิทธิภาพ
การใช้งาน	งานกลึงอะลูมิเนียมอัลลอยและวัสดุอื่นๆที่ต้องการความแหลมคม	งานกลึงเหล็ก เหล็กหล่อ และเหล็กสแตนเลส ให้ความแข็งแรงที่เหมาะสมและการระบายเศษที่ดีเยี่ยม	สำหรับวัสดุที่มีความแข็งจำพวกเหล็กหล่อ หรือวัสดุหล่อที่มีผิวงานหยาบ
รุ่น	รุ่น ANX, HF, WAX	รุ่น WGX, WFX, RSX, MSX	รุ่น TSX, DGC, DFC, DNX
เศษ (ตัวอย่าง) (วัสดุชิ้นงาน: SCM435) · $v_c = 130$ ม./นาที · $f_z = 0.23$ มม./ฟัน · $a_p = 3$ มม.			

งานกัด - พื้นฐานงานกัด

■ ความสัมพันธ์ระหว่างมุม Engage และอายุการใช้งาน



■ การปรับปรุงความเรียบผิว

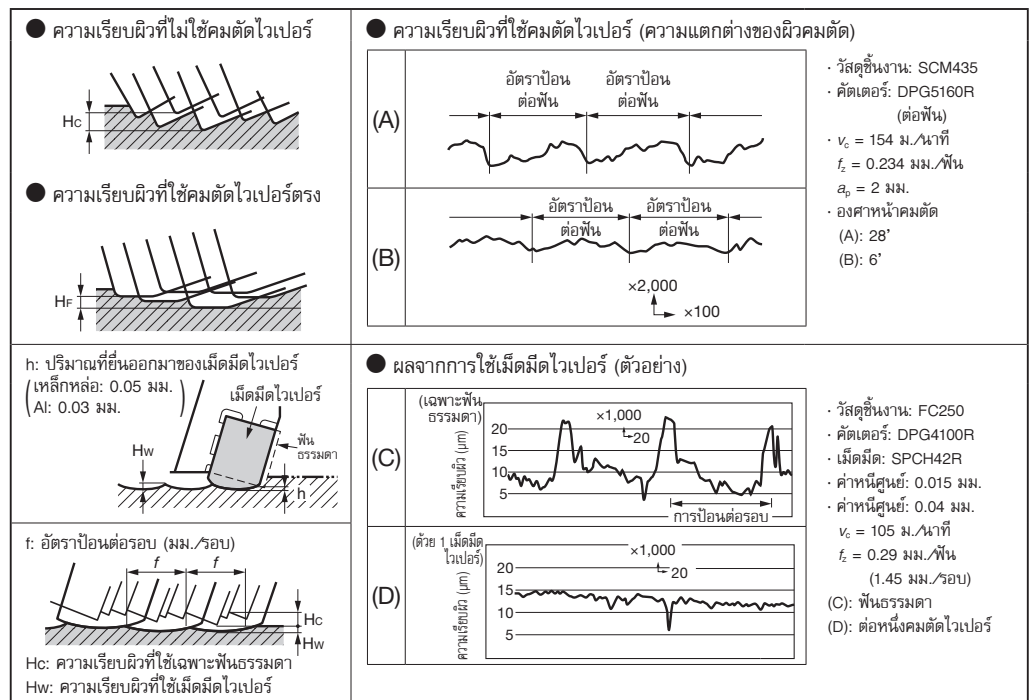
(1) เม็ดมีดมีคมตัดไวเปอร์

เมื่อคมตัดทุกคมเป็นคมตัดไวเปอร์ พื้นบางซี่จะยื่นออกมาเนื่องจากค่าหนีศูนย์ที่หลีกเลี่ยงไม่ได้และจะทำให้หน้าที่เป็นเม็ดมีดไวเปอร์

- เม็ดมีดที่มีคมตัดไวเปอร์ตรง (มุมหน้า: ประมาณ 15° ถึง 1°)
- เม็ดมีดที่มีคมตัดไวเปอร์โค้ง (ความโค้ง: $\approx R500$ (ตัวอย่าง))

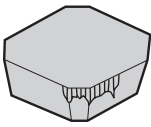
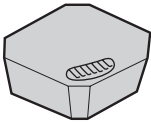
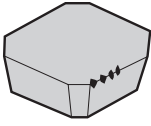
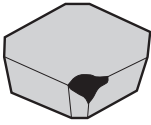
(2) ระบบการประกอบเม็ดมีดไวเปอร์

ระบบที่เม็ดมีดหนึ่งหรือสองเม็ด (เม็ดมีดไวเปอร์) ที่มีคมตัดโค้งเรียบยื่นออกมามากกว่าฟันอื่นๆ เล็กน้อยเพื่อปาดผิวที่กัดแล้ว (สามารถใช้ได้กับรุ่น WGX, DGC และอื่นๆ)



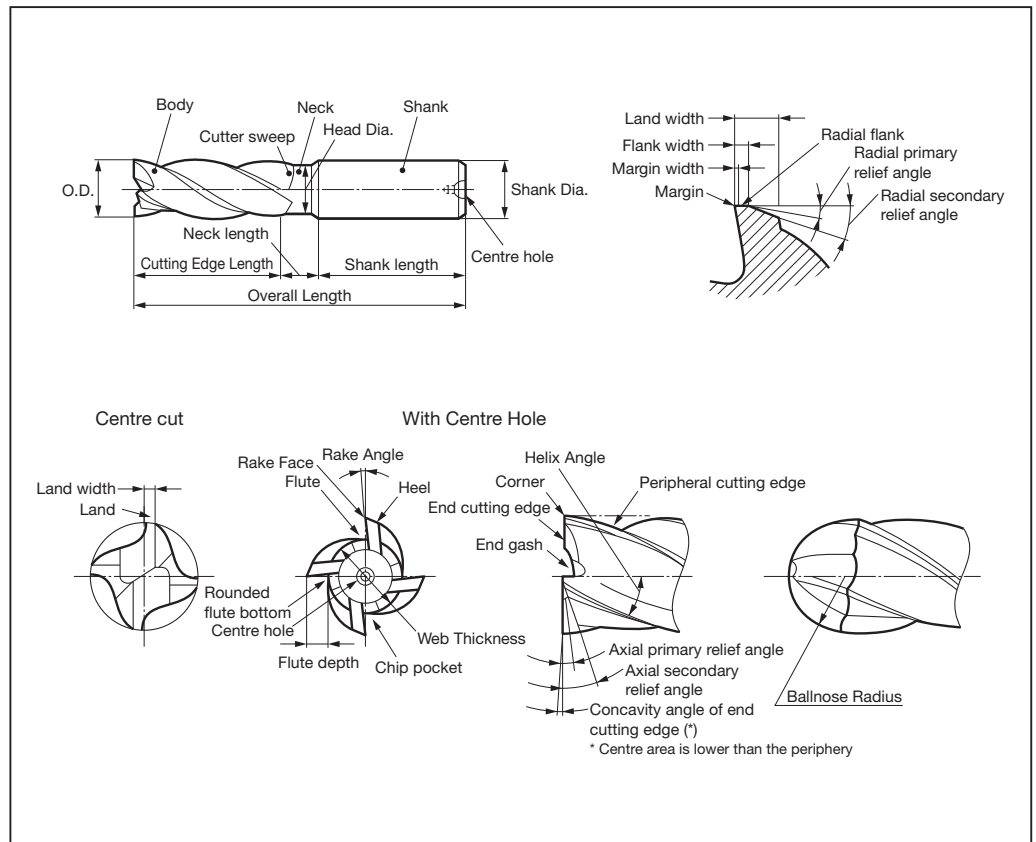
งานกัด - การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานกัด

■ การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานกัด

ปัญหา		การแก้ไขเบื้องต้น		ตัวอย่างวิธีการแก้ไข																								
ปัญหาของคมตัด	การสึกหรอด้านข้างที่มากกว่าปกติ	 เกรตเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- เลือกเกรตที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น คาร์ไบด์ (P30→P20) → {เคลือบผิว K20→K10} → เซอร์เมท - ลดอัตราเร็วตัด - เพิ่มอัตราป้อน	เกรตเม็ดมิดที่แนะนำ <table><tr><td></td><td>เหล็ก</td><td>เหล็กหล่อ</td><td>อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก</td></tr><tr><td>เก็บผิวละเอียด</td><td>T250A, T4500A (เซอร์เมท)</td><td>ACK100 (เคลือบผิว) BN7000 (SUMIBORON)</td><td>DA1000 (SUMIDIA)</td></tr><tr><td>งานตัดหยาบ</td><td>ACP100 (เคลือบผิว)</td><td>ACK200 (เคลือบผิว)</td><td>DL1000 (เคลือบผิว)</td></tr></table>			เหล็ก	เหล็กหล่อ	อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก	เก็บผิวละเอียด	T250A, T4500A (เซอร์เมท)	ACK100 (เคลือบผิว) BN7000 (SUMIBORON)	DA1000 (SUMIDIA)	งานตัดหยาบ	ACP100 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	DL1000 (เคลือบผิว)											
		เหล็ก	เหล็กหล่อ	อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก																								
	เก็บผิวละเอียด	T250A, T4500A (เซอร์เมท)	ACK100 (เคลือบผิว) BN7000 (SUMIBORON)	DA1000 (SUMIDIA)																								
	งานตัดหยาบ	ACP100 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	DL1000 (เคลือบผิว)																								
การสึกหรอเป็นหลุมที่มากกว่าปกติ	 เกรตเครื่องมือ การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- เลือกเกรตที่สามารถต้านทานการสึกหรอเป็นหลุมได้ - ใช้สายหน้ามีดที่มีความแหลมคม (G→L) - ลดอัตราเร็วตัด - ลดความลึกตัดและอัตราป้อน	เกรตเม็ดมิดที่แนะนำ <table><tr><td></td><td>เหล็ก</td><td>เหล็กหล่อ</td><td>อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก</td></tr><tr><td>เก็บผิวละเอียด</td><td>T250A, T4500A (เซอร์เมท)</td><td>ACK100 (เคลือบผิว)</td><td>DA1000 (SUMIDIA)</td></tr><tr><td>งานตัดหยาบ</td><td>ACP100 (เคลือบผิว)</td><td>ACK200 (เคลือบผิว)</td><td>DL1000 (เคลือบผิว)</td></tr></table>			เหล็ก	เหล็กหล่อ	อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก	เก็บผิวละเอียด	T250A, T4500A (เซอร์เมท)	ACK100 (เคลือบผิว)	DA1000 (SUMIDIA)	งานตัดหยาบ	ACP100 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	DL1000 (เคลือบผิว)												
	เหล็ก	เหล็กหล่อ	อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก																									
เก็บผิวละเอียด	T250A, T4500A (เซอร์เมท)	ACK100 (เคลือบผิว)	DA1000 (SUMIDIA)																									
งานตัดหยาบ	ACP100 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	DL1000 (เคลือบผิว)																									
แตกบิ่น	 เกรตเครื่องมือ การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- ใช้เกรตที่มีความเหนียวสูง P10→P20→P30 K01→K10→K20 - เลือกคัตเตอร์มุมลบ/มุมบวกที่มีองศาคมตัดรอบตัวขนาดใหญ่ (มุมตัดขนาดเล็ก) - เพิ่มความแข็งแรงคมตัด (ลบคม) - เลือกสายหน้ามีดที่แข็งแรงกว่า (G→H) - ลดอัตราป้อน	- เกรตเม็ดมิดที่แนะนำ <table><tr><td></td><td>เหล็ก</td><td>เหล็กหล่อ</td></tr><tr><td>เก็บผิวละเอียด</td><td>ACP200 (เคลือบผิว)</td><td>ACK200 (เคลือบผิว)</td></tr><tr><td>งานตัดหยาบ</td><td>ACP300 (เคลือบผิว)</td><td>ACK300 (เคลือบผิว)</td></tr></table> - คัตเตอร์ที่แนะนำ: SEC-WaveMill รุ่น WGX - เงื่อนไขการตัด: ดูที่หน้า H20			เหล็ก	เหล็กหล่อ	เก็บผิวละเอียด	ACP200 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	งานตัดหยาบ	ACP300 (เคลือบผิว)	ACK300 (เคลือบผิว)															
	เหล็ก	เหล็กหล่อ																										
เก็บผิวละเอียด	ACP200 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)																										
งานตัดหยาบ	ACP300 (เคลือบผิว)	ACK300 (เคลือบผิว)																										
แตกหัก	 เกรตเครื่องมือ การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- กรณีเกิดจากอัตราเร็วตัดต่ำกว่าปกติหรืออัตราป้อนต่ำ ให้เลือกเกรตที่ต้านทานการยึดเกาะ - กรณีเกิดจากความเสียหายจากความร้อน ให้เลือกเกรตที่มีคุณสมบัติทนแรงกระแทกจากความร้อน - เลือกคัตเตอร์มุมลบ/มุมบวก (หรือสองมุมลบ) ที่มีองศาคมตัดรอบตัวขนาดใหญ่ (มุมตัดขนาดเล็ก) - เพิ่มความแข็งแรงคมตัด (ลบคม) - เลือกสายหน้ามีดที่แข็งแรงกว่า (G→H) - เพิ่มขนาดเม็ดมิด (เน้นความหนา) - เลือกเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานนั้นๆ	- เกรตเม็ดมิดที่แนะนำ <table><tr><td></td><td>เหล็ก</td><td>เหล็กหล่อ</td></tr><tr><td>งานตัดหยาบ</td><td>ACP300 (เคลือบผิว)</td><td>ACK300 (เคลือบผิว)</td></tr></table> - คัตเตอร์ที่แนะนำ: SEC-WaveMill รุ่น WGX - ความหนาเม็ดมิด: 3.18→4.76 มม. - รุ่นสายหน้ามีด: มาตรฐาน→รุ่นคมตัดแข็งแรง - เงื่อนไขการตัด: ดูที่หน้า H20			เหล็ก	เหล็กหล่อ	งานตัดหยาบ	ACP300 (เคลือบผิว)	ACK300 (เคลือบผิว)																		
	เหล็ก	เหล็กหล่อ																										
งานตัดหยาบ	ACP300 (เคลือบผิว)	ACK300 (เคลือบผิว)																										
อื่นๆ	ผิวงานไม่เรียบได้คุณภาพตามที่ต้องการ	เกรตเครื่องมือ การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- เลือกเกรตที่สามารถต้านทานการยึดเกาะได้ คาร์ไบด์→เซอร์เมท - ปรับปรุงค่าพิกัดตามแนวแกนของคมตัด (ใช้คัตเตอร์ที่มีค่าพิกัดน้อย) (ติดตั้งเม็ดมิดที่ถูกต้อง) - ใช้เม็ดมิดไวเปอร์ - ใช้คัตเตอร์สำหรับงานเก็บผิวละเอียดโดยเฉพาะ - เพิ่มอัตราเร็วตัด	คัตเตอร์และเกรตเม็ดมิดที่แนะนำ <table><tr><td></td><td></td><td>เหล็ก</td><td>เหล็กหล่อ</td><td>อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก</td></tr><tr><td rowspan="2">งานทั่วไป</td><td>เม็ดมิด</td><td>รุ่น WGX*</td><td>รุ่น DGC</td><td>รุ่น ANX *</td></tr><tr><td>คัตเตอร์</td><td>ACP200 (เคลือบผิว)</td><td>ACK200 (เคลือบผิว)</td><td>DA1000 (SUMIDIA)</td></tr><tr><td rowspan="2">เก็บผิวละเอียด</td><td>เม็ดมิด</td><td>รุ่น WGX T4500A (เซอร์เมท)</td><td>รุ่น FMU BN7000 (SUMIBORON)</td><td>รุ่น ANX DA1000 (SUMIDIA)</td></tr><tr><td>คัตเตอร์</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> คัตเตอร์ที่กำกับด้วย * สามารถติดตั้งเม็ดมิดไวเปอร์ได้				เหล็ก	เหล็กหล่อ	อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก	งานทั่วไป	เม็ดมิด	รุ่น WGX*	รุ่น DGC	รุ่น ANX *	คัตเตอร์	ACP200 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	DA1000 (SUMIDIA)	เก็บผิวละเอียด	เม็ดมิด	รุ่น WGX T4500A (เซอร์เมท)	รุ่น FMU BN7000 (SUMIBORON)	รุ่น ANX DA1000 (SUMIDIA)	คัตเตอร์			
			เหล็ก	เหล็กหล่อ	อัลลอยนอกกลุ่มเหล็ก																							
	งานทั่วไป	เม็ดมิด	รุ่น WGX*	รุ่น DGC	รุ่น ANX *																							
		คัตเตอร์	ACP200 (เคลือบผิว)	ACK200 (เคลือบผิว)	DA1000 (SUMIDIA)																							
	เก็บผิวละเอียด	เม็ดมิด	รุ่น WGX T4500A (เซอร์เมท)	รุ่น FMU BN7000 (SUMIBORON)	รุ่น ANX DA1000 (SUMIDIA)																							
คัตเตอร์																												
เกิดการสะท้อน	การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด อื่นๆ	- เลือกคัตเตอร์ที่มีคมตัดแหลมคม - ใช้คัตเตอร์ที่มีระยะพิชแบบสลับ - ลดอัตราป้อน - ปรับปรุงความแข็งแรงของการจับยึดชิ้นงานและคัตเตอร์	คัตเตอร์ที่แนะนำ สำหรับเหล็ก: SEC-WaveMill รุ่น WGX สำหรับเหล็กหล่อ: SEC-Sumi Dual Mill รุ่น DGC สำหรับอัลลอยเบา: คัตเตอร์ PCD ประสิทธิภาพสูงสำหรับอะลูมิเนียมอัลลอย รุ่น ANX																									
การควบคุมเศษทำได้ไม่ดีพอ	การออกแบบเครื่องมือ	- เลือกคัตเตอร์ที่มีคุณสมบัติการคายเศษที่ดี - ลดจำนวนฟัน - ใช้ร่องหักเศษที่มีขนาดกว้าง	คัตเตอร์ที่แนะนำ: SEC-WaveMill รุ่น WGX																									
ขอบชิ้นงานเกิดการแตกบิ่น	การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- เพิ่มองศาคมตัดรอบตัว (ลบมุมตัด) - เปลี่ยนรุ่นใบมีดของสายหน้ามีด (G→L) - ลดอัตราป้อน	คัตเตอร์ที่แนะนำ: SEC-WaveMill รุ่น WGX																									
เกิดครีป	การออกแบบเครื่องมือ เงื่อนไขการตัด	- ใช้คัตเตอร์ที่มีคมตัดแหลมคม - เพิ่มอัตราป้อน - ใช้เม็ดมิดที่มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดครีป	- คัตเตอร์ที่แนะนำ: SEC-WaveMill รุ่น WGX + สายหน้ามีด FG - SEC-Sumi Dual Mill รุ่น DGC + สายหน้ามีด FG																									

งานเอ็นมิลล์ - พื้นฐานงานเอ็นมิลล์

อุปกรณ์



การคำนวณเงื่อนไขการตัด (เอ็นมิลล์กัดฉาก)

(เอ็นมิลล์กัดหัวบอล)

● การคำนวณอัตราเร็วตัด

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1,000} \quad n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times DC}$$

● การคำนวณอัตราป้อนต่อรอบและต่อฟัน

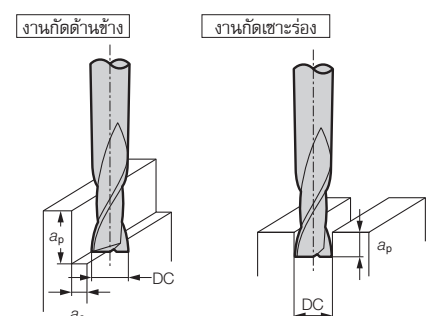
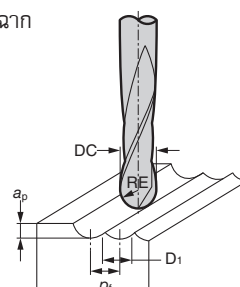
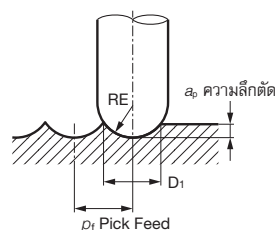
$$v_f = n \times f \quad f = \frac{v_f}{n}$$

$$v_f = n \times f_z \times Z \quad f_z = \frac{f}{Z} = \frac{v_f}{n \times Z}$$

● การคำนวณความกว้างรอยบาก (D₁)

$$D_1 = 2 \times \sqrt{2 \times RE \times a_p - a_p^2}$$

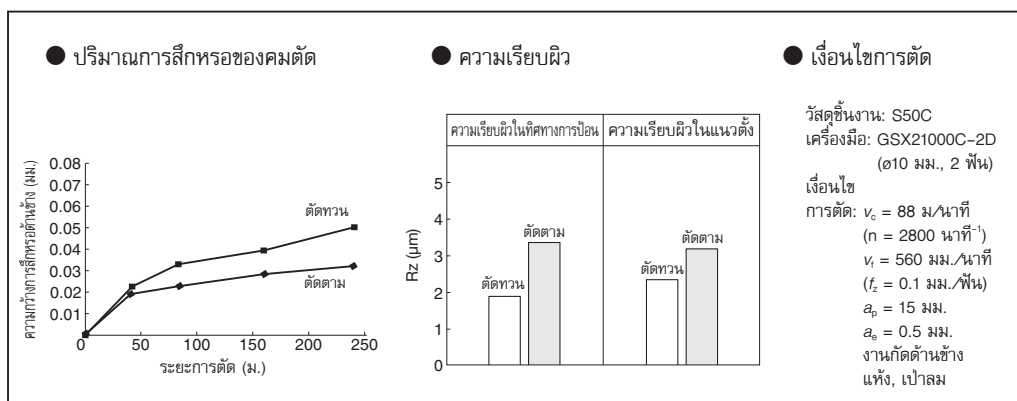
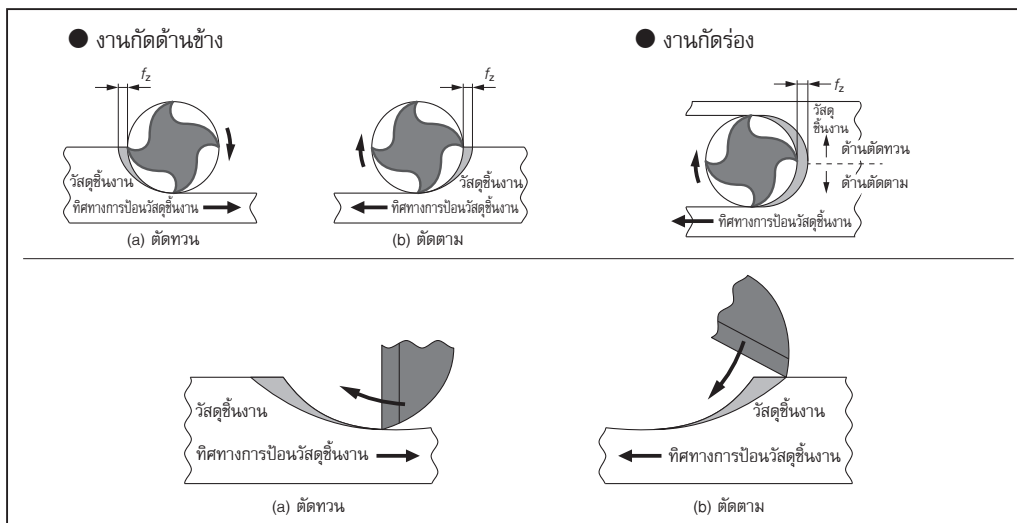
● วิธีการคำนวณอัตราเร็วตัดและอัตราป้อน (ต่อรอบและต่อฟัน) ใช้สูตรเดียวกันกับเอ็นมิลล์กัดฉาก



- v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
- π : ≈ 3.14
- DC : เส้นผ่านศูนย์กลางเอ็นมิลล์ (มม.)
- n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)
- v_f : อัตราป้อน (มม./นาที)
- f : อัตราป้อนต่อรอบ (มม./รอบ)
- f_z : อัตราป้อนต่อฟัน (มม./ฟัน)
- Z : จำนวนฟัน
- a_p : ความลึกตัดตามแนวแกน (มม.)
- a_o : ความลึกตัดตามแนวรัศมี (มม.)
- RE : รัศมีหัวบอล

งานเอ็นมิลล์ - พื้นฐานงานเอ็นมิลล์

■ การตัดทวนและตัดตาม



■ ความสัมพันธ์ระหว่างเงื่อนไขการตัดและการโก่งตัว

ข้อกำหนดเอ็นมิลล์			งานกัดด้านข้าง				งานเซาะร่อง			
			วัสดุชิ้นงาน: เหล็กชุบแข็งจากโรงงาน (40HRC)		เงื่อนไขการตัด: $v_c = 25$ ม./นาที $a_p = 12$ มม. $a_e = 0.8$ มม.		วัสดุชิ้นงาน: เหล็กชุบแข็งจากโรงงาน (40HRC)		เงื่อนไขการตัด: $v_c = 25$ ม./นาที $a_p = 8$ มม. $a_e = 8$ มม.	
			อัตราป้อน: 0.16 มม./รอบ		อัตราป้อน: 0.11 มม./รอบ		อัตราป้อน: 0.05 มม./รอบ		อัตราป้อน: 0.03 มม./รอบ	
รุ่น	จำนวนฟัน	มุมเกลียว	ลักษณะตัดทวน		ลักษณะตัดตาม		ลักษณะตัดทวน		ลักษณะตัดตาม	
			ตัดทวน	ตัดตาม	ตัดทวน	ตัดตาม	ตัดทวน	ตัดตาม	ตัดทวน	ตัดตาม
GSX20800S-2D	2	30°								
GSX40800S-2D	4	30°								
ผลลัพธ์			- ปลายของเครื่องมือมีแนวโน้มที่จะเบี่ยงกลับเมื่อตัดตาม - รุ่น 4 ฟันให้ความแข็งแรงที่มากกว่าและมีการเบี่ยงกลับน้อยกว่า				- ผิวด้านข้างของร่องมีแนวโน้มที่จะกัดเข้าด้านที่ตัดทวนไปทางด้านล่างของร่อง - รุ่น 4 ฟันให้ความแข็งแรงที่มากกว่าและการโก่งตัวที่น้อยกว่า			



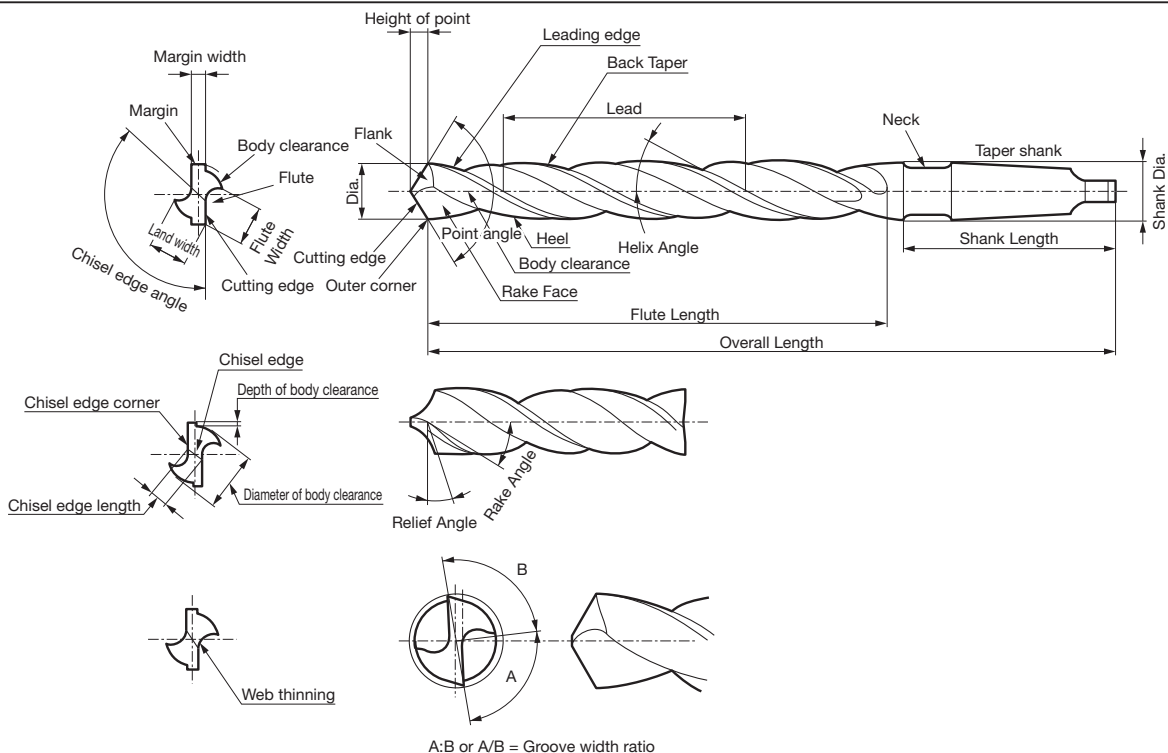
งานเอ็นมิลล์ - การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานเอ็นมิลล์

■ การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานเอ็นมิลล์

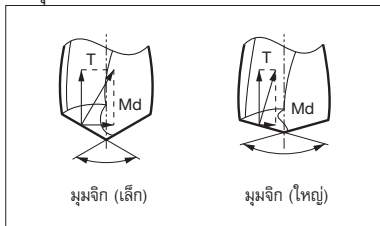
ปัญหา		สาเหตุ		วิธีการแก้ไข
ปัญหาของคมตัด	การสึกหรอที่มากกว่าปกติ	• เงื่อนไขการตัด	• อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัดและอัตราป้อน
			• อัตราป้อนมากเกินไป	
		• รูปทรงเครื่องมือ	• มุมหลบด้านข้างเล็กเกินไป	• เปลี่ยนใช้ขนาดมุมหลบด้านข้างที่เหมาะสม
		• วัสดุเครื่องมือ	• ด้านทานการสึกหรอได้ไม่เพียงพอ	• เลือกเนื้อวัสดุที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น • ใช้เครื่องมือที่มีการเคลือบผิว
	แตกบิ่น	• เงื่อนไขการตัด	• อัตราป้อนมากเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัด
			• ความลึกตัดมากเกินไป	• ลดความลึกตัด
			• ระยะยื่นเครื่องมือยาวเกินไป	• ปรับระยะยื่นเครื่องมือให้มีความยาวที่ถูกต้อง
	แตกหัก	• บริเวณเครื่องจักร	• การจับยึดชิ้นงานไม่แข็งแรงพอ	• จับยึดชิ้นงานให้แน่นพอ
			• การติดตั้งเครื่องมือไม่มั่นคง	• ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ยึดเครื่องมือเข้ากับหัวจับอย่างถูกต้อง
อื่นๆ	การโค้งตัวของผิวบ่างาน	• เงื่อนไขการตัด	• อัตราป้อนมากเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัด
			• ความลึกตัดมากเกินไป	• ลดความลึกตัด
			• ระยะยื่นเครื่องมือยาวเกินไป	• ปรับระยะยื่นเครื่องมือให้มีความยาวที่ถูกต้อง
			• ใช้การตัดแบบตัดตาม	• เปลี่ยนทิศทางการตัดเป็นตัดทวน
	ผิวงานไม่เรียบได้คุณภาพตามที่ต้องการ	• รูปทรงเครื่องมือ	• มุมเกลียวใหญ่เกินไป	• ใช้เครื่องมือที่มีมุมเกลียวเล็กลง
			• ความหนาแกนกลาง (Web) เล็กเกินไป	• ใช้เครื่องมือที่มีความหนาแกนกลางที่เหมาะสม
	เกิดการสะท้อน	• เงื่อนไขการตัด	• อัตราป้อนมากเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัด
			• เกิดการขูดของเศษ	• ใช้การเป่าลม
				• ใช้เม็ดมีดที่มีร่องหักเศษใหญ่ขึ้น
	เศษอุดตัน	• เงื่อนไขการตัด	• อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัด
			• อัตราป้อนมากเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัด
			• ใช้การตัดแบบตัดทวน	• เปลี่ยนทิศทางการตัดเป็นตัดตาม
			• ระยะยื่นเครื่องมือยาวเกินไป	• ปรับระยะยื่นเครื่องมือให้มีความยาวที่ถูกต้อง
	เกิดการสะท้อน	• รูปทรงเครื่องมือ	• มุมคายใหญ่เกินไป	• ใช้เครื่องมือที่มีมุมคายที่เหมาะสม
			• การจับยึดชิ้นงานไม่แข็งแรงพอ	• จับยึดชิ้นงานให้แน่นพอ
			• การติดตั้งเครื่องมือไม่มั่นคง	• ตรวจสอบให้แน่ใจว่าได้ยึดเครื่องมือเข้ากับหัวจับอย่างถูกต้อง
	เศษอุดตัน	• เงื่อนไขการตัด	• อัตราป้อนมากเกินไป	• ลดอัตราเร็วตัด
			• ความลึกตัดมากเกินไป	• ลดความลึกตัด
			• จำนวนฟันมากเกินไป	• ลดจำนวนฟัน
			• เกิดการขูดของเศษ	• ใช้การเป่าลม

งานเจาะ - พื้นฐานงานเจาะ

■ ชิ้นส่วนดอกสว่าน

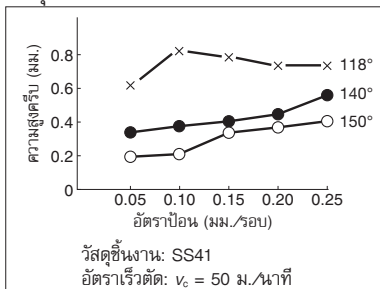


● มุมจิกและแรงต้าน



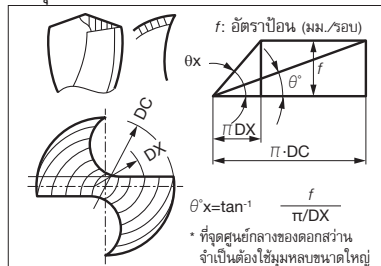
เมื่อมุมจิกมีขนาดใหญ่ แรงขับจะเพิ่มขึ้นและแรงบิดจะลดลง

● มุมจิกและครีป

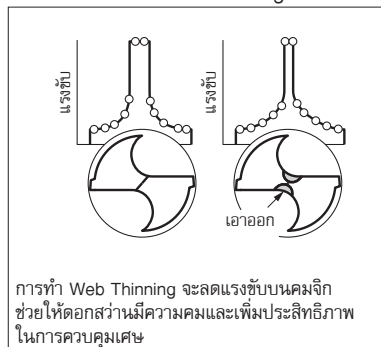


เมื่อมุมจิกมีขนาดใหญ่ ความสูงของครีปจะลดลง

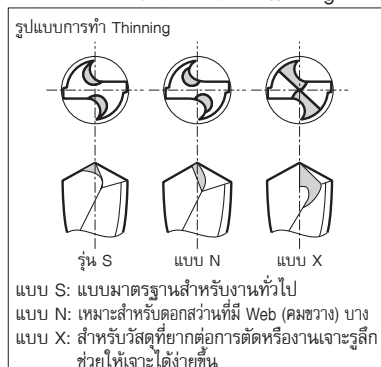
● มุมหลบชั้นสำหรับงานเจาะ



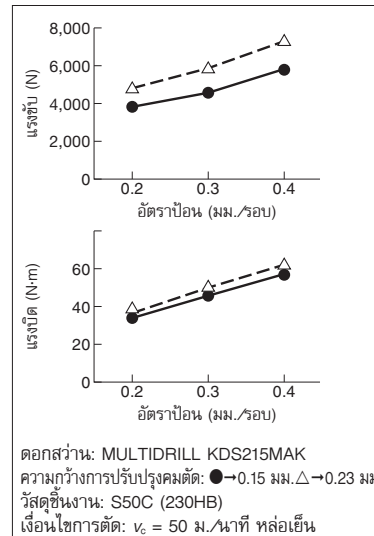
● ผลของการทำ Web Thinning



● ลดขนาดคมจิกโดยการทำ Thinning

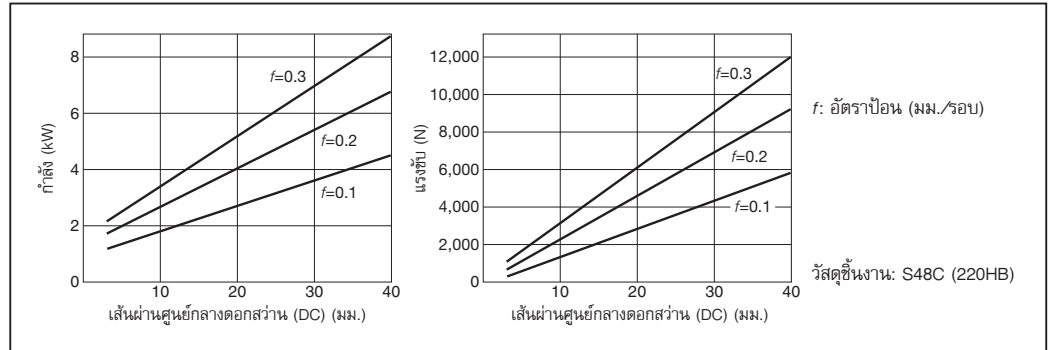


● ความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุงคมตัดและแรงตัด



งานเจาะ - พื้นฐานงานเจาะ

■ ข้อมูลอ้างอิงกำลังเครื่องและแรงขับ



■ การเลือกเงื่อนไขการตัด

- ควบคุมแรงตัด สำหรับเครื่องจักร ความแข็งแรงต่ำ

ตารางต่อไปนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างการปรับปรุงคมตัดและแรงตัด กรณีแรงตัดมากเกินไปจนทำให้เกิดปัญหา ให้ทำการแก้ไขโดยการลดอัตราป้อนหรือลดการปรับปรุงคมตัดของดอกสว่าน

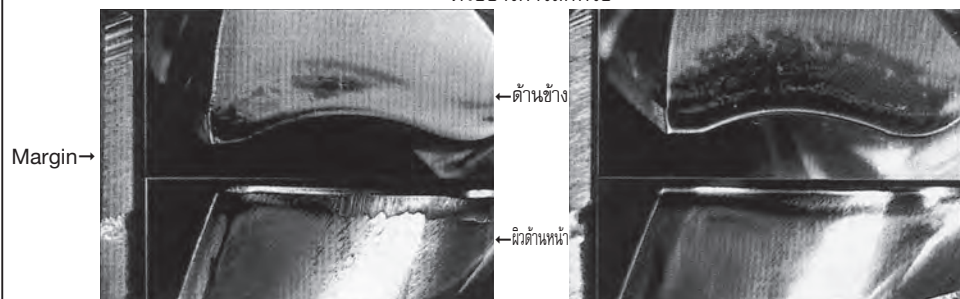
เงื่อนไขการตัด		ความกว้างการปรับปรุงคมตัด			
		0.15 มม.		0.05 มม.	
V_c (ม./นาที)	f (มม./รอบ)	แรงบิด (N/m)	แรงขับ (N)	แรงบิด (N/m)	แรงขับ (N)
40	0.38	12.8	2,820	12.0	2,520
50	0.30	10.8	2,520	9.4	1,920
60	0.25	9.2	2,320	7.6	1,640
60	0.15	6.4	1,640	5.2	1,100

เส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน: ๑10 มม.
วัสดุชิ้นงาน: S50C (230HB)

- คำแนะนำสำหรับงานกลึง อัตราเร็วสูง

เมื่อเครื่องจักรมีกำลังและความแข็งแรงที่เพียงพอ จะช่วยให้สามารถใช้งานเครื่องมือได้นานตามอายุการใช้งานแนะนำมาใช้ในงานที่ต้องการประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ต้องทำการจ่ายปริมาณสารหล่อเย็นให้เพียงพอ

ตัวอย่างการสึกหรอ



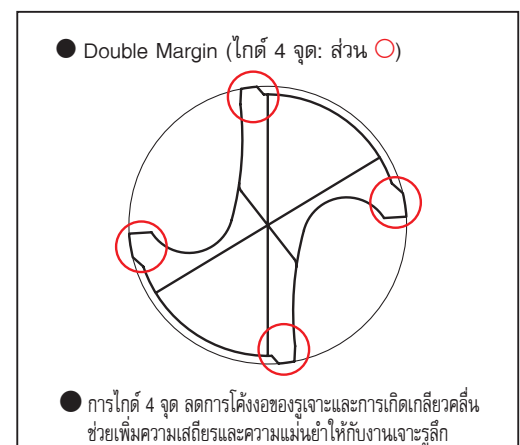
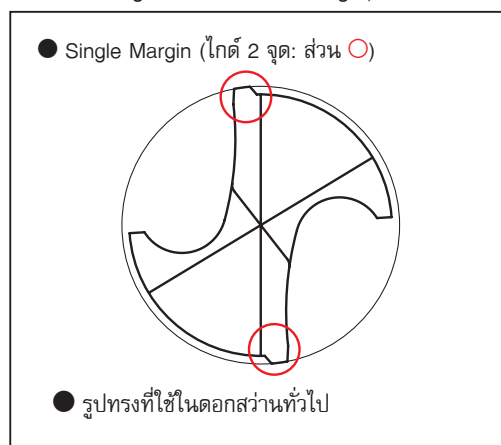
$V_c = 60$ ม./นาที

วัสดุชิ้นงาน : S50C (230HB)
เงื่อนไขการตัด : $f = 0.3$ มม./รอบ
H = 50 มม.

อายุการใช้งานเครื่องมือ : 600 รู (ระยะการตัด: 30 ม.)

$V_c = 120$ ม./นาที

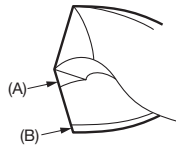
■ เกี่ยวกับ Margin (ความแตกต่างระหว่าง Single และ Double Margin)



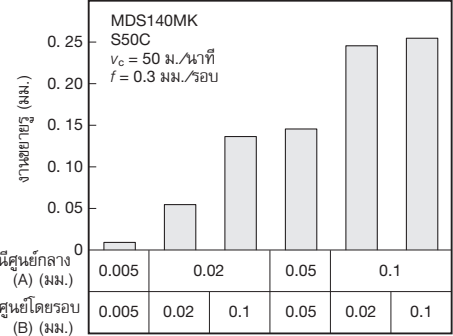
งานเจาะ - พื้นฐานงานเจาะ

■ ความเที่ยงตรงค่าหนีศูนย์

กรณีดอกสว่านที่ผ่านการ Web Thinning ควรให้ความสำคัญกับความเที่ยงตรงค่าหนีศูนย์ทั้ง ค่าหนีศูนย์หลังการ Thinning (A) และความแตกต่างของความสูงคมตัด (Lip)



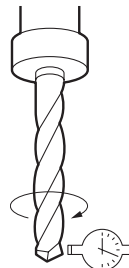
(A): ความเที่ยงตรงค่าหนีศูนย์ของจุดที่มีการ Thinning
(B): ความแตกต่างของความสูงคมตัด



■ ความเที่ยงตรงค่าหนีศูนย์โดยรอบการติดตั้งดอกสว่าน

● เมื่อเครื่องมือหมุน

ความเที่ยงตรงค่าหนีศูนย์โดยรอบดอกสว่านที่ติดตั้งบนสปินเดิลไม่ควรเกิน 0.03 มม. กรณีค่าหนีศูนย์มากกว่าที่กำหนดไว้ รูเจาะจะกว้างขึ้นและแรงตัดในแนววนจะเพิ่มขึ้น อาจส่งผลให้ดอกสว่านเกิดการแตกหักได้



ค่าหนีศูนย์: ภายใน 0.03 มม.

ค่าหนีศูนย์โดยรอบ (มม.)	งานขยายรู (มม.)	แรงตัด* (กก.)
0	0.05	0
0.005		10
0.09		

* แรงตัดในแนววน

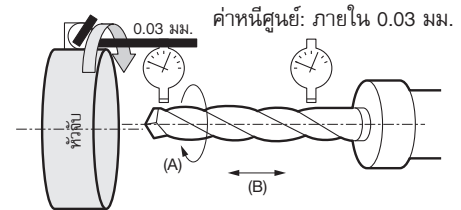
ดอกสว่าน: MDS120MK, วัสดุชิ้นงาน: S50C (230HB)

เงื่อนไขการตัด: $v_c = 50$ ม./นาที, $f = 0.3$ มม./รอบ, $H = 38$ มม.

สารหล่อเย็นชนิดละลายในน้ำ

● เมื่อวัสดุชิ้นงานหมุน

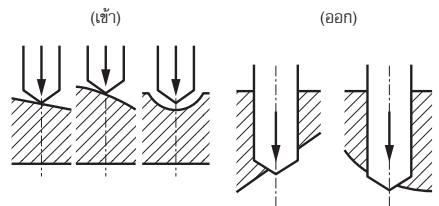
ค่าหนีศูนย์โดยรอบขอบดอกสว่าน (A) และความร่วมศูนย์ (B) ไม่ควรเกิน 0.03 มม.



■ ผิววัสดุชิ้นงานและประสิทธิภาพดอกสว่าน

● วัสดุชิ้นงานที่มีผิวเอียงและไม่สม่ำเสมอ

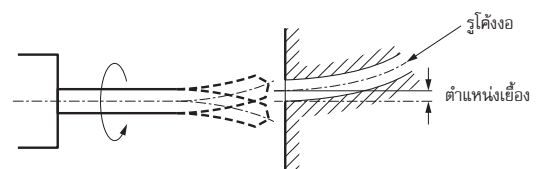
กรณีผิวบริเวณรูเข้าและรูออกมีลักษณะเอียงหรือไม่สม่ำเสมอ ให้ลดอัตราป้อนเหลือ 1/3 ถึง 1/2 ของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำ



■ วิธีการใช้ดอกสว่านยาว

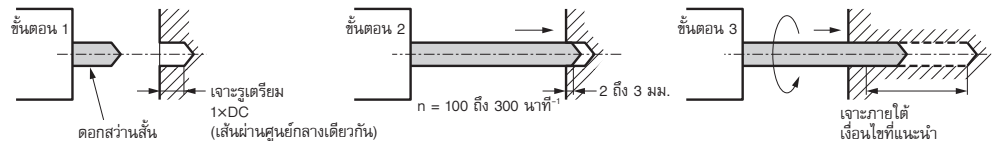
● ปัญหา

กรณีใช้ดอกสว่านยาว (เช่น รุ่น XHGS), ดอกสว่านรุ่น SMDH-D หรือ SMDH-12D ที่ความเร็วรอบสูง ค่าหนีศูนย์ของปลายดอกสว่านอาจทำให้เกิดความเบี่ยงเบนของการเจาะตามรูปด้านขวา ส่งผลให้เกิดการโค้งงอของรูเจาะและดอกสว่านเกิดการแตกหักได้

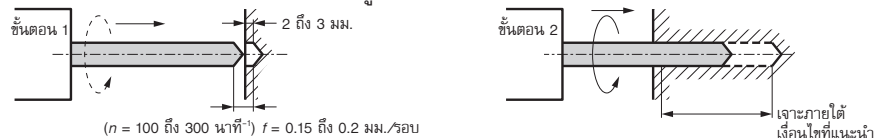


● การแก้ไข

วิธี 1



วิธี 2 * การลดความเร็วรอบจะช่วยลดแรงหนีศูนย์กลางและป้องกันการโค้งงอของดอกสว่าน



งานเจาะ - คำแนะนำการใช้งาน MULTIDRILL

■ การจับยึดดอกสว่าน

(1) การเลือกใช้และการบำรุงรักษา Collet

- ตรวจสอบการจับยึดของดอกสว่าน เพื่อป้องกันการสั่นสะเทือน แนะนำให้ใช้หัวจับรุ่น Collet ที่ให้ความแข็งแรงในการจับและใช้งานง่าย (หัวจับดอกสว่าน (Drill Chuck) และหัวจับแบบใช้มือหมุน (Keyless Chuck) มีแรงในการจับยึดต่ำ ไม่เหมาะกับการใช้งานกับ MULTIDRILL)
- เมื่อทำการเปลี่ยนดอกสว่าน ให้ใช้น้ำมันทำความสะอาดเศษติดภายใน Collet และสปีนดีสออก และซ่อมแซมส่วนที่เกิดรอยขีดข่วนด้วยหินน้ำมัน

(2) การติดตั้งดอกสว่าน

- ค่าหนีศูนย์กลางโดยรอบดอกสว่านที่ติดตั้งในสปีนดีสห้ามเกิน 0.03 มม.
- ห้ามจับยึดกับร่องเกลียวของดอกสว่าน (ร่องเกลียวดอกสว่านที่อยู่ภายในด้านจะทำหน้าที่ดูดการคายเศษและทำให้ดอกสว่านเกิดความเสียหาย)

หัวจับ Collet หัวจับดอกสว่าน

Collet

กรณีมีรอยขีดข่วนให้ซ่อมแซมด้วยหินน้ำมันหรือเปลี่ยนใหม่

ค่าหนีศูนย์กลางโดยรอบภายใน 0.03 มม.

ห้ามจับยึดกับร่องเกลียวของดอกสว่าน

■ การคำนวณกำลังและแรงขับ

- การคำนวณอัตราเร็วตัด**

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1,000}$$

$$n = \frac{1,000 \times v_c}{\pi \times DC}$$
- การคำนวณอัตราป้อนต่อรอบและต่อฟุต**

$$v_f = n \times f$$

$$f = \frac{v_f}{n}$$

v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
 π : ≈ 3.14
 DC : เส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน (มม.)
 n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)
 v_f : อัตราป้อน (มม./นาที)
 f : อัตราป้อนต่อรอบ (มม./รอบ)
 H : เส้นผ่านศูนย์กลางดอกสว่าน (มม.)
 T : เวลาในการตัด (นาที)
 HB : ความแข็งบรินเนลล์ของวัสดุชิ้นงาน
- การคำนวณเวลาในการตัด**

$$T = \frac{H}{v_f}$$
- การคำนวณกำลังและแรงขับ <ทดสอบ>**

กำลัง (kW) = $HB \times DC^{0.68} \times v_c^{1.27} \times f^{0.59} / 36,000$

แรงขับ (N) = $0.24 \times HB \times DC^{0.95} \times f^{0.61} \times 9.8$

* เมื่อออกแบบเครื่องจักร ให้เผื่อกำลังไว้ 1.6 เท่าและแรงขับไว้ 1.4 เท่า

■ การใช้น้ำมันงานตัด

(1) การเลือกน้ำมันงานตัด

- กรณีอัตราเร็วตัดมากกว่า 40 ม./นาที แนะนำให้ใช้น้ำมันงานตัด (JISW1 รุ่น 2) ที่มีคุณสมบัติการหล่อเย็นและควบคุมเศษ รวมถึงคุณสมบัติการละลายน้ำที่ดีเยี่ยม
- เพื่อถนอมอายุการใช้งานเครื่องมือให้ยาวนาน แนะนำให้ใช้น้ำมันซิลิโกลีน (JISA1 รุ่น 1) ที่มีคุณสมบัติหล่อเย็นและไม่ละลายในน้ำ ในงานที่มีอัตราเร็วตัดต่ำกว่า 40 ม./นาที * น้ำมันงานตัดที่ไม่ละลายในน้ำเป็นสารไวไฟ ให้ใช้น้ำมันในปริมาณมากเพื่อทำให้ชิ้นส่วนเย็นลง ป้องกันการเกิดควันและความร้อนอันเป็นสาเหตุให้เกิดไฟไหม้

(2) การจ่ายสารหล่อเย็น

- จ่ายสารหล่อเย็นภายนอก
 ให้อยู่ที่แรงดันสูงที่ตำแหน่งให้เพียงพอ แรงดันสารหล่อเย็น 0.3 ถึง 0.5 MPa, ปริมาณสารหล่อเย็น 3 ถึง 10 ลิ/นาที เป็นคำแนะนำสำหรับอ้างอิง
- จ่ายสารหล่อเย็นภายใน
 สำหรับรูขนาด $\phi 4$ หรือเล็กกว่า ต้องใช้แรงดันน้ำมันอย่างน้อย 1.5 MPa เพื่อให้แน่ใจว่าการจ่ายสารหล่อเย็นทำได้เพียงพอ สำหรับรูขนาด $\phi 6$ ขึ้นไป กรณี $L/D < 3$ ให้ใช้แรงดันในช่วง 0.5 ถึง 1.0 MPa กรณี $L/D > 3$ แนะนำให้ใช้แรงดันไฮดรอลิกอย่างน้อย 1 ถึง 2 MPa

จ่ายสารหล่อเย็นภายนอก

การเจาะแนวตั้ง

ใช้แรงดันสูงที่ทางเข้า

ใช้งานง่าย

การเจาะแนวขนาน

ใช้แรงดันสูงที่ทางเข้า

จ่ายสารหล่อเย็นภายใน

อุปกรณ์จ่ายสารหล่อเย็น

จ่ายสารหล่อเย็นจากเครื่องจักร

■ การจับยึดชิ้นงาน

ในระหว่างงานเจาะประสิทธิภาพสูง จะเกิดแรงสั่นสูง ให้ใช้ฐานค้ำยันชิ้นงานให้แข็งแรงเพื่อป้องกันการแตกหักจากการเปลี่ยนรูป อาจเกิดแรงบิดและแรงตัดในแนวขนานสูงด้วยเช่นกัน ให้จับยึดชิ้นงานให้แน่นพอเพื่อป้องกันแรงเหล่านี้

โดยเฉพาะดอกสว่านขนาดใหญ่

เปลี่ยนรูป → แตกบิ่น

ใช้ฐานค้ำยัน

■ การลับคมดอกสว่าน

- เวลาในการลับคม**
 เมื่อเกิดรอยคมมืด (รอยเส้น) หนึ่งถึงสองรอบบน Margin, เมื่อรอยสึกหรอบริเวณมุมแตกไปถึงส่วน Margin หรือเมื่อมีการแตกบิ่นขึ้นเพียงเล็กน้อย ทั้งหมดนี้เป็นสัญญาณว่าถึงเวลาในการลับคมดอกสว่านแล้ว
- วิธีการลับคมและส่วนการลับคม**
 แนะนำให้ใช้วิธีการลับคม + เคลือบผิวใหม่ การลับคมอย่างเดียวจะเพียงพอสำหรับวัสดุชิ้นงานทั่วไป กรณีใช้วัสดุเหล็กควรใช้การเคลือบผิวเพิ่มเติมเพื่อรักษาอายุการใช้งานเครื่องมือ หมายเหตุ: โปรดติดต่อเราหรือตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการรับรองเพื่อการเคลือบผิวใหม่ด้วยผิวเคลือบเอกสิทธิ์เฉพาะของซูมิโตโม
- การลับคมด้วยตนเอง**
 ลูกค้าสามารถลับคมดอกสว่านได้ด้วยตนเอง โดยสามารถขอรับคำแนะนำในการลับคม MULTIDRILL ได้จากเราหรือตัวแทนจำหน่ายที่ได้รับการรับรอง
- ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งาน**
 รอยคมมืด 1 ถึง 2 รอบ
- อายุการใช้งานเหมาะสม**
- รอยมากกว่าปกติ**
- ใช้งานมากเกินไป**

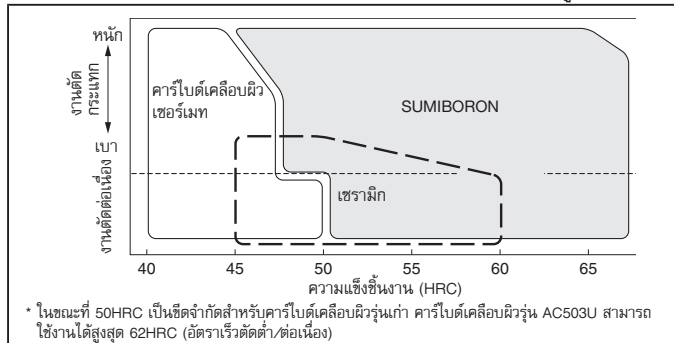
งานเจาะ - การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานเจาะ

■ การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานเจาะ

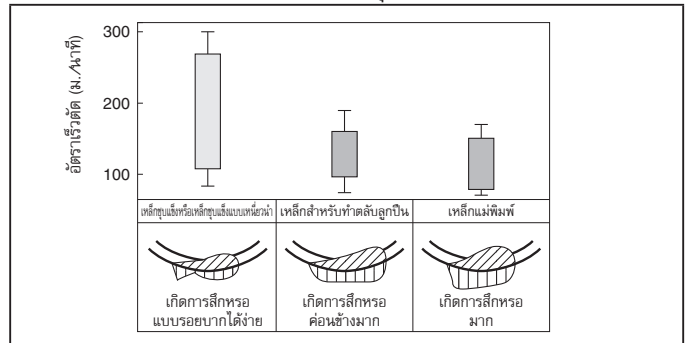
ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไขเบื้องต้น	ตัวอย่างวิธีการแก้ไข
ปัญหาของดอกสว่าน	การสึกหรอที่มากกว่าปกติบนผิวด้านหน้า	- เพิ่มอัตราเร็วตัด - เพิ่มอัตราป้อน	- อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ 1.5MPa หรือต่ำกว่า (สามารถจ่ายสารหล่อเย็นภายนอกได้ด้วยความลึก (LD) 2 หรือต่ำกว่า) - ใช้เกรด JIS A1 No. 1 หรือเทียบเท่า
	คมจิกเกิดการแตกหัก	- หลุดจากศูนย์กลางเริ่มต้น - อุปกรณ์ วัสดุชิ้นงานและอื่นๆ ขาดความแข็งแรง - คมตัดไม่แข็งแรงพอ	- ลดอัตราป้อนที่ทางเข้า - เตรียมผิวงานให้เรียบในกระบวนการก่อนหน้า - เปลี่ยนเงื่อนไขการตัดเพื่อลดแรงต้าน - เพิ่มแรงจับยึดวัสดุชิ้นงาน - f=0.08 ถึง 0.12 มม./รอบ - ใช้ MULTIDRILL เตรียมผิวให้เรียบ - เพิ่ม vc เพื่อลด f (ลดแรงขับ)
	การแตกหักรอบคมตัด	- เงื่อนไขการตัดที่ไม่เหมาะสม - สารหล่อเย็นไม่เหมาะสม - อุปกรณ์ วัสดุชิ้นงานและอื่นๆ ขาดความแข็งแรง - คมตัดไม่แข็งแรงพอ - กัดเข้าจากรอบคมตัด - การกระแทกขณะใช้ดอกสว่าน	- ลดอัตราเร็วตัด - ลดอัตราป้อน - ใช้สารหล่อเย็นที่มีคุณสมบัติหล่อลื่นมากขึ้น - เพิ่มแรงจับยึดวัสดุชิ้นงาน - เพิ่มปริมาณการลบคมบนคมตัด - ลดมุมหลบด้านหน้า - เพิ่มความกว้าง Margin (Double Margin) - ลดอัตราป้อน - เพิ่มปริมาณการลบคมบนคมตัด - ลดมุมหลบด้านหน้า - เพิ่มความกว้าง Margin (Double Margin) - อ้างอิงขีดจำกัดล่างของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - เพิ่มความกว้างของคมตัดภายนอก 1.5 เท่า - เพิ่มความกว้าง Margin 2 ถึง 3 เท่า - อ้างอิงขีดจำกัดล่างของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - เพิ่มความกว้างของคมตัดภายนอก 1.5 เท่า - ลดมุมหลบด้านหน้า 2 ถึง 3°
	การสึกหรอของ Margin	- เงื่อนไขการตัดที่ไม่เหมาะสม - สารหล่อเย็นไม่เหมาะสม - การสึกหรอของ Margin ที่มีอยู่แล้ว - การออกแบบเครื่องมือที่ไม่เหมาะสม	- ลดอัตราเร็วตัด - ใช้สารหล่อเย็นที่มีคุณสมบัติหล่อลื่นมากขึ้น - เพิ่มปริมาณสารหล่อเย็น - กำหนดเวลาการกลับคมให้เร็วขึ้นและตรวจสอบ Back Taper - เพิ่มขนาด Back Taper - ลดความกว้าง Margin - อ้างอิงขีดจำกัดล่างของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - ใช้เกรด JIS A1 No. 1 หรือเทียบเท่า - เปลี่ยนจากการจ่ายสารหล่อเย็นภายนอกเป็นการจ่ายสารหล่อเย็นภายใน - กรณี Margin เกิดความเสียหาย ให้ลับคมด้วยขนาด 1 มม. หรือต่ำกว่า - เปลี่ยนขนาด Back Taper เป็น 0.5/100 - ลดความกว้าง Margin ลงเหลือ 2/3
	การแตกหักของดอกสว่าน	- เศษอุดตัน - Collet จับยึดไม่แข็งแรงพอ - อุปกรณ์ วัสดุชิ้นงานและอื่นๆ ขาดความแข็งแรง	- ใช้เงื่อนไขการตัดและเครื่องมือที่เหมาะสม - เพิ่มปริมาณสารหล่อเย็น - เลือกใช้ Collet ที่ให้แรงยึดเกาะที่แข็งแรง - เพิ่มแรงจับยึดวัสดุชิ้นงาน - อ้างอิงเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - เปลี่ยนจากการจ่ายสารหล่อเย็นภายนอกเป็นการจ่ายสารหล่อเย็นภายใน - เปลี่ยนหัวจับ Collet ใหม่หากเกิดความเสียหาย - เปลี่ยนใช้ด้าม Collet ขนาดใหญ่ขึ้นหนึ่งขนาด
	รูมีขนาดใหญ่เกินไป	- หลุดจากศูนย์กลางเริ่มต้น - ดอกสว่านขาดความแข็งแรง - ดอกสว่านมีค่าหุนันย์ - อุปกรณ์ วัสดุชิ้นงานและอื่นๆ ขาดความแข็งแรง	- ลดอัตราป้อนที่ทางเข้า - ลดอัตราเร็วตัด - เตรียมผิวงานให้เรียบในกระบวนการก่อนหน้า - ใช้รูดอกสว่านที่เหมาะสมกับความลึก - เพิ่มความแข็งแรงของดอกสว่านโดยรวม - เพิ่มความเที่ยงตรงของการติดตั้งดอกสว่าน - เพิ่มความแข็งแรงของการจับยึดดอกสว่าน - เพิ่มแรงจับยึดวัสดุชิ้นงาน - f=0.08 ถึง 0.12 มม./รอบ - อ้างอิงขีดจำกัดล่างของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - ใช้เอ็นมิลส์เตรียมผิวให้เรียบ - อ้างอิงตามที่ระบุไว้ในแคตตาล็อกเล่มนี้ - คมขวางกว้าง ร่องลึก - เปลี่ยนหัวจับ Collet ใหม่หากเกิดความเสียหาย - เปลี่ยนใช้ด้าม Collet ขนาดใหญ่ขึ้นหนึ่งขนาด
	ผิวงานไม่ได้คุณภาพ	- เงื่อนไขการตัดที่ไม่เหมาะสม - สารหล่อเย็นไม่เหมาะสม	- เพิ่มอัตราเร็วตัด - ลดอัตราป้อน - ใช้สารหล่อเย็นที่มีคุณสมบัติหล่อลื่นมากขึ้น - อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - อ้างอิงขีดจำกัดล่างของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - ใช้เกรด JIS A1 No. 1 หรือเทียบเท่า
	รูไม่ตรง	- หลุดจากศูนย์กลางเริ่มต้น - ติดตั้งดอกสว่านไม่ถูกต้อง - อุปกรณ์ วัสดุชิ้นงานและอื่นๆ ขาดความแข็งแรง	- เพิ่มอัตราป้อน - เพิ่มความเที่ยงตรงของการติดตั้งดอกสว่าน - เพิ่มความแข็งแรงของการจับยึดดอกสว่าน - เพิ่มแรงจับยึดวัสดุชิ้นงาน - เลือกใช้เครื่องมือแบบ Double Margin - อ้างอิงตามที่ระบุไว้ในแคตตาล็อกเล่มนี้ - เปลี่ยนหัวจับ Collet ใหม่หากเกิดความเสียหาย - เปลี่ยนใช้ด้าม Collet ขนาดใหญ่ขึ้นหนึ่งขนาด
	การควบคุมเศษทำได้ไม่ดีพอ	- เศษอุดตัน - เศษมีลักษณะเป็นเส้นยาว - ผลกระทบจากการหล่อเย็น - คมตัดที่	- เพิ่มอัตราเร็วตัด - เพิ่มอัตราป้อน - เพิ่มปริมาณ (การคายเศษ) ให้มากขึ้นเมื่อใช้สารหล่อเย็นภายใน - เพิ่มอัตราป้อน - เพิ่มอัตราเร็วตัด - ลดแรงดันเมื่อใช้สารหล่อเย็นภายใน - ลดปริมาณการลบคมบนคมตัด - อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - อ้างอิงขีดจำกัดบนของเงื่อนไขการตัดที่แนะนำที่ระบุในแคตตาล็อกเล่มนี้ - รักษาแรงดันให้อยู่ที่ 1.5 MPa หรือต่ำกว่าเมื่อใช้สารหล่อเย็นภายใน - ลดความกว้างลงเหลือ 2/3

งานกลึงเหล็กชุบแข็งด้วย SUMIBORON

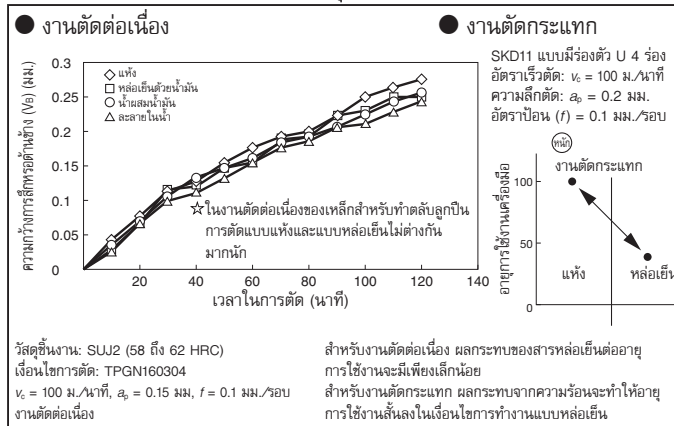
พื้นที่การทำงานที่แนะนำสำหรับ SUMIBORON ตามความแข็งและรูปทรงชิ้นงาน



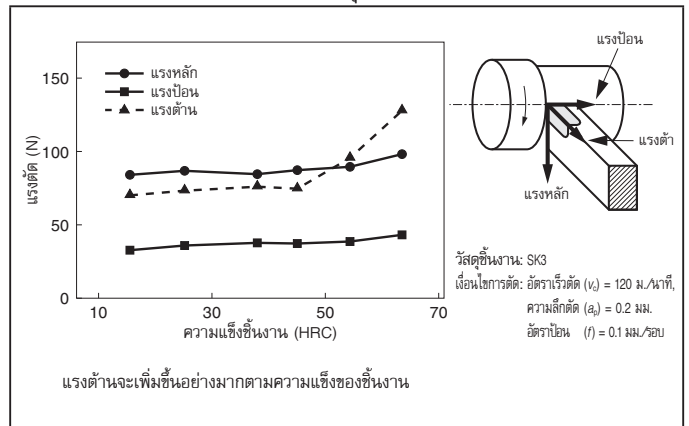
อัตราเร็วตัดที่แนะนำสำหรับแต่ละวัสดุชิ้นงาน



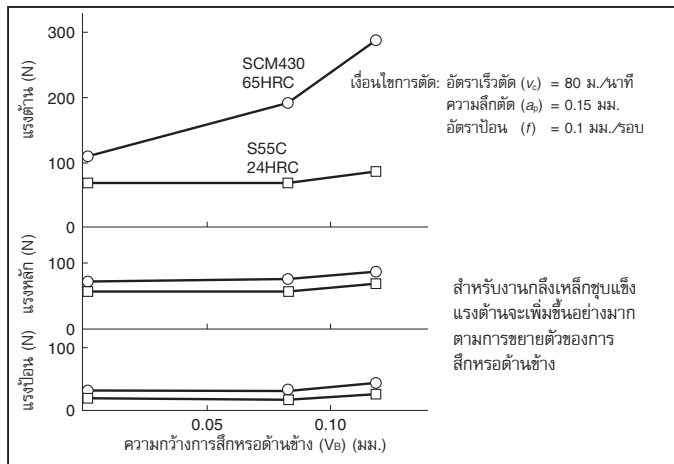
ผลกระทบของสารหล่อเย็นต่ออายุการใช้งาน



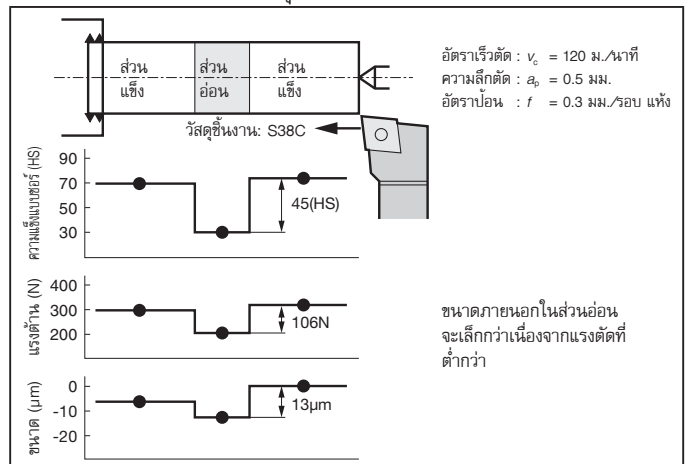
ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งวัสดุชิ้นงานและแรงตัด



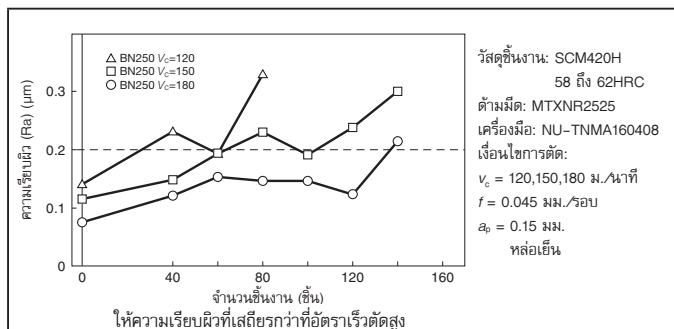
ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอด้านข้างและแรงตัด



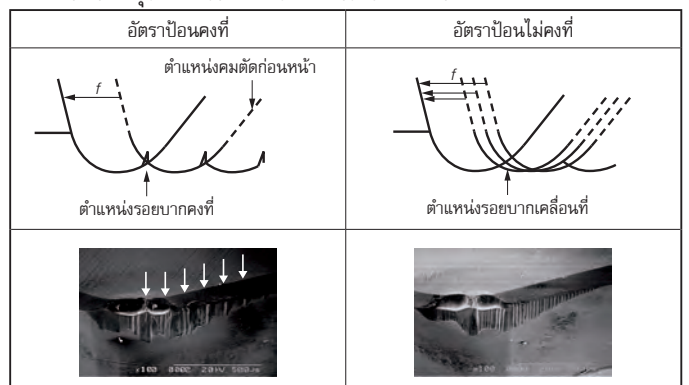
ผลกระทบของความแข็งวัสดุชิ้นงานต่อแรงตัดและความแม่นยำ



ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วตัดและความเรียบผิว



การปรับปรุงความเรียบผิวโดยการเปลี่ยนอัตราป้อน



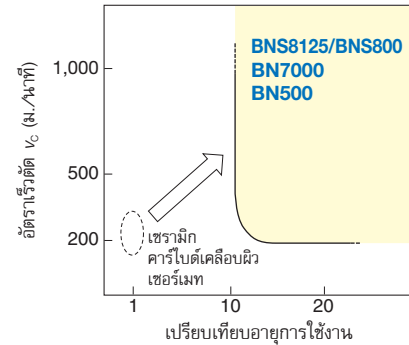
★ การเปลี่ยนอัตราป้อนให้แตกต่างกันจะช่วยกระจายตำแหน่งรอยบากไปในวงกว้าง
→ ได้รับความเรียบผิวที่ดีขึ้นและรอยบากน้อยลง

งานกลึงอัตราเร็วสูงของเหล็กหล่อด้วย SUMIBORON

ข้อดีของการใช้ SUMIBORON ในงานกลึงเหล็กหล่อ

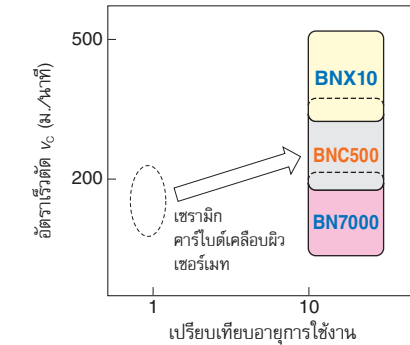
งานกลึงอัตราเร็วสูง

● เหล็กหล่อเทา

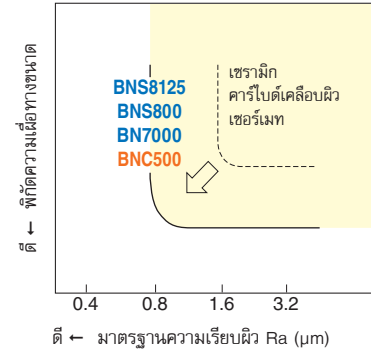


งานกลึงอัตราเร็วสูง

● เหล็กหล่อเหนียว



งานกลึงความเที่ยงตรงสูง

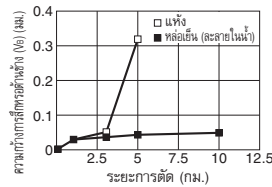


งานกลึง

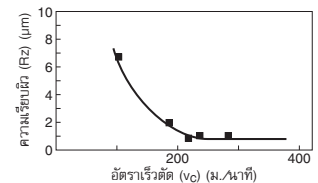
● โครงสร้างเหล็กหล่อและตัวอย่างรูปทรงการสึกหรอ

โครงสร้าง	FC	FCD
โครงสร้าง		
เพอร์ไลต์		
เพอร์ไลต์ + เฟอไรต์		
รูปทรงการสึกหรอเครื่องมือ		
หล่อเย็น		
แห้ง		
	การสึกหรอเป็นหลุม	

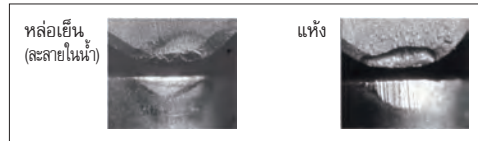
($v_c = 200$ ถึง 500 ม./นาที)



วัสดุชิ้นงาน : งานตัดต่อเนื่องด้วย FC250
วัสดุเครื่องมือ : BN500
รูปทรงเครื่องมือ : SNGN120408
เงื่อนไขการตัด : $v_c = 450$ ม./นาที
 $a_p = 0.25$ มม.
 $f = 0.15$ มม./รอบ
แห้งและหล่อเย็น (ละลายในน้ำ)



เครื่องจักร : เครื่องกลึง N/C
วัสดุชิ้นงาน : FC250 200HB
ด้ามจับ : MTJNP2525
เกรดเครื่องมือ : BN500
รูปทรงเครื่องมือ : TNMA160408
เงื่อนไขการตัด : $v_c = 110$ ถึง 280 ม./นาที
 $f = 0.1$ มม./รอบ
 $a_p = 0.1$ มม.
หล่อเย็น



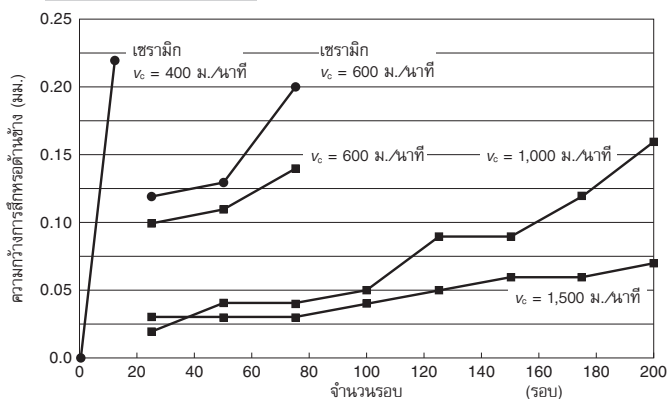
สำหรับงานกลึงเหล็กหล่อด้วย SUMIBORON ควรใช้อัตราเร็วตัด (v_c) ตั้งแต่ 200 ม./นาที ขึ้นไป และแนะนำให้ใช้การตัดแบบหล่อเย็น

งานกัด

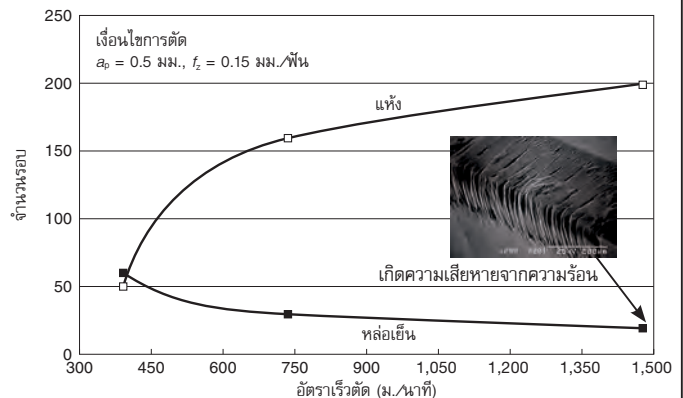
BN Finish Mill EASY (สำหรับงานเก็บผิวละเอียดอัตราเร็วสูงของเหล็กหล่อ)



- ให้งานตัด v_c ที่ $2,000$ ม./นาที
- ความเรียบผิว $3.2R_z$ ($1.0R_a$)
- เม็ดมีรูพรุนละเอียด ช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน
- รูปแบบชุดช่วยให้สามารถปรับค่าหนีศูนย์กลางได้ง่าย
- ใช้โครงสร้างการป้องกันแรงหนีศูนย์กลางที่ให้ความปลอดภัยในเงื่อนไขอัตราเร็วสูง



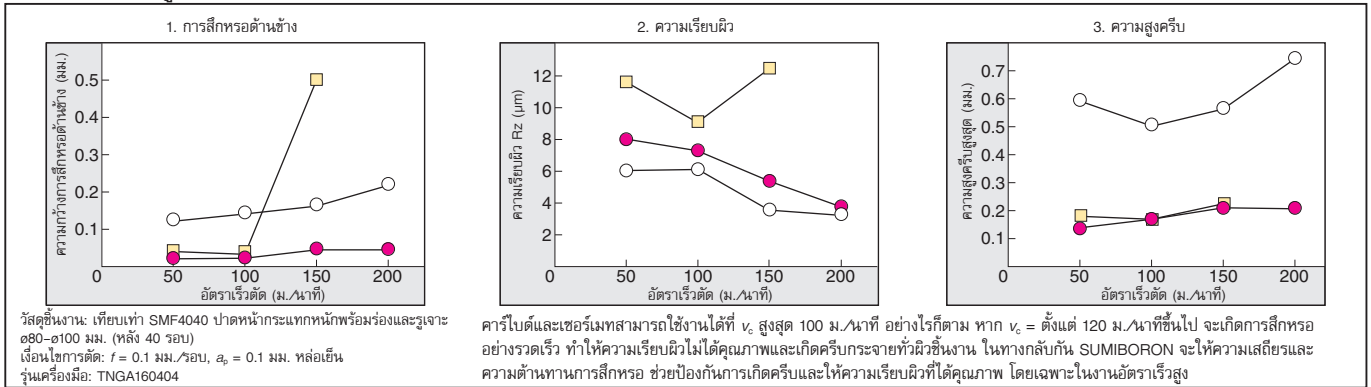
· วัสดุชิ้นงาน: เหล็กหล่อเทา (FC250)
· เงื่อนไขการตัด: $a_p = 0.5$ มม., $f_z = 0.1$ มม./ฟัน แห้ง
· เกรดเครื่องมือ: BN7000



แนะนำให้ใช้การตัดแห้งสำหรับงานกัดอัตราเร็วสูงของเหล็กหล่อด้วย SUMIBORON

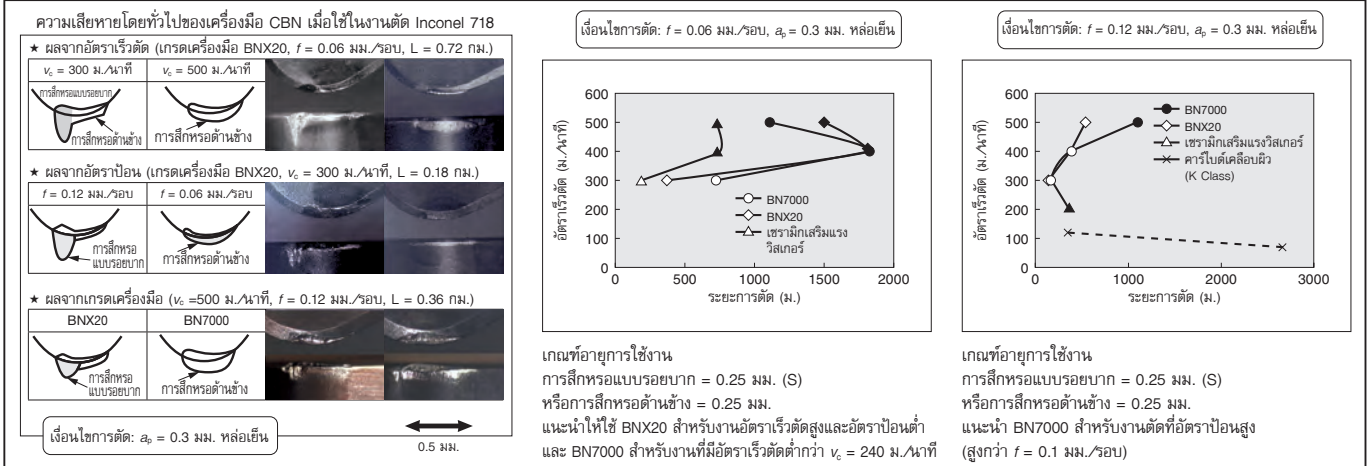
งานกลึงโลหะผสม Exotic ด้วย SUMIBORON

โลหะผงดัดขึ้นรูป



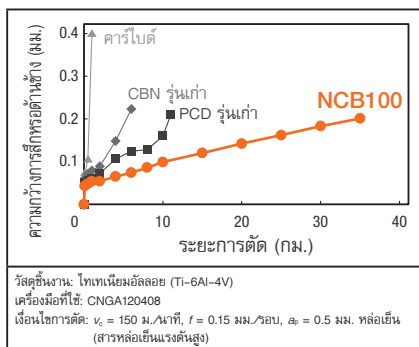
อัลลอยทนความร้อน

อัลลอยผสมนิกเกิล

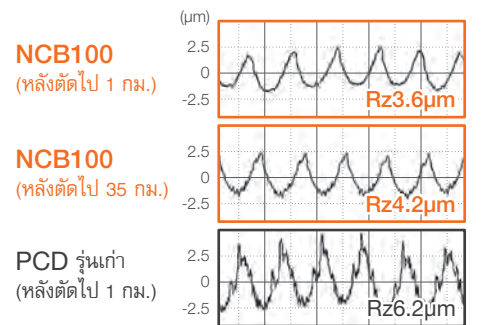
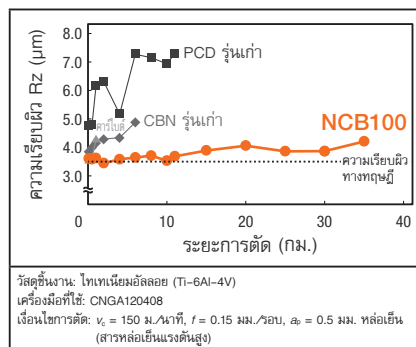


ประสิทธิภาพการตัด (งานกลึงไทเทเนียมอัลลอย)

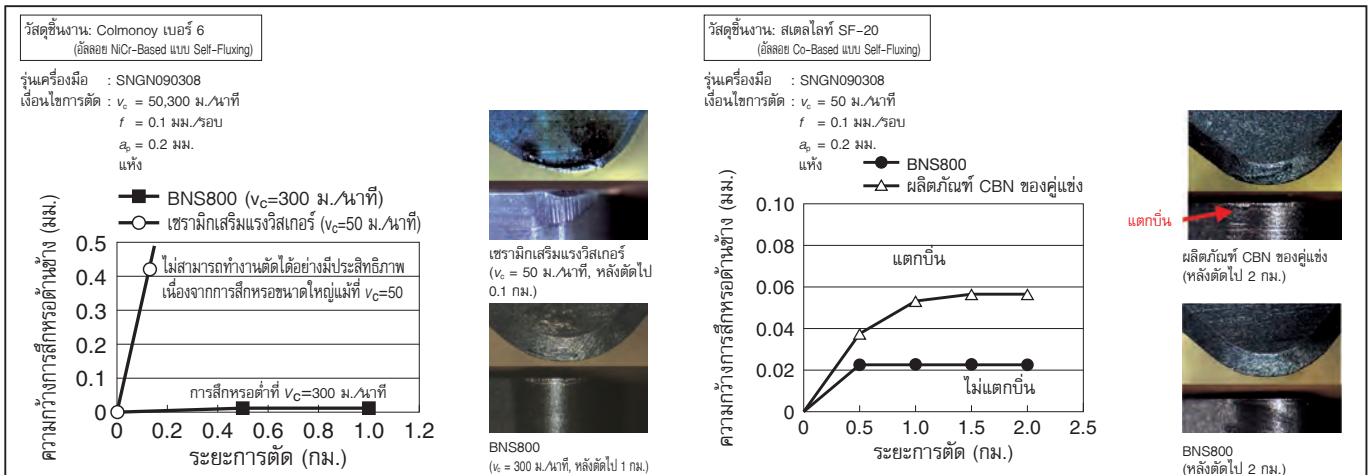
ความต้านทานการสึกหรอ



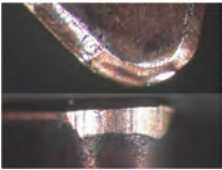
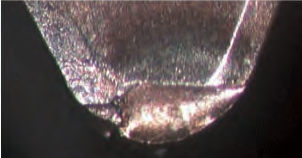
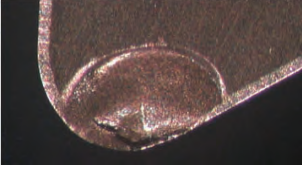
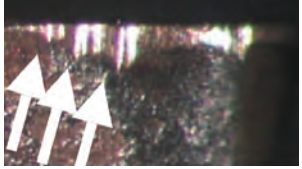
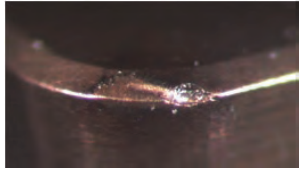
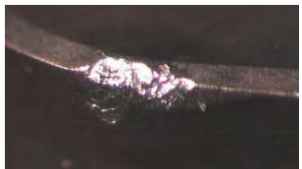
ความเรียบผิว



อัลลอยผิวหนาแข็ง



ปัญหาของคมตัดและวิธีการแก้ไขในงานกลึงเหล็กชุบแข็ง

ปัญหาของเม็ดมีด	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
การสึกหรอด้านข้าง 	- เกรดไม่มีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอ - อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป	- เลือกเกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอได้มากขึ้น (เช่น BNC2115, BNC2010, BN1000 หรือ BN2000) - ลดอัตราเร็วตัดไปที่ $v_c=200$ ม./นาที่ หรือต่ำกว่า (อัตราป้อนที่สูงขึ้นจะลดเวลาสัมผัสของเครื่องมือกับชิ้นงาน) - ใช้เม็ดมีดที่มีมุมหลบใหญ่ขึ้น
การสึกหรอเป็นหลุม 	เกรดไม่มีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอเป็นหลุม	เลือกเกรดที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (เช่น BNC2115, BNC2010, BNX25 หรือ BNX20)
การแตกหักบริเวณด้านล่างหลุม 	อัตราเร็วตัดเร็วเกินไป	ลดอัตราเร็วตัดไปที่ $v_c=200$ ม./นาที่ หรือต่ำกว่า และเพิ่มอัตราป้อน (อัตราเร็วตัดต่ำ, อัตราป้อนสูง) (อัตราป้อนที่สูงขึ้นจะลดเวลาสัมผัสของเครื่องมือกับชิ้นงาน)
การแตกเป็นแผ่น 	- เกรดมีความเหนียวน้อยเกินไป - แรงต้านสูงเกินไป	- เลือกเกรดที่มีความเหนียวสูง (เช่น BNC2125, BNC2020 หรือ BN2000) - เลือกเม็ดมีดที่มีคมตัดแข็งแรงมากขึ้น (เพิ่มองศาการเจียรวารบและทำการลบคม) - กรณีที่มีเม็ดมีดเหนียวทนทานพออยู่แล้ว ให้เพิ่มความคมของคมตัด
การสึกหรอแบบรอยบาก 	ขอบมีความเค้นสูง	- เปลี่ยนใช้เกรดที่สามารถต้านทานการสึกหรอแบบรอยบากได้มากขึ้น (เช่น BNC2115, BNC2010 หรือ BN2000) - เพิ่มอัตราเร็วตัด (ตั้งแต่ 150 ม./นาที่ ขึ้นไป) - เปลี่ยนใช้อัตราป้อนไม่คงที่ ซึ่งจะเปลี่ยนอัตราป้อนทุกครั้งตามช่วงที่กำหนด - เพิ่มองศาการเจียรวารบและทำการลบคม
การแตกเป็นรอยบากหน้า 	การกระทบบนด้านหน้าคมตัดมีขนาดใหญ่เกินไปหรือเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ	- เปลี่ยนใช้เกรดขนาดเล็กที่สามารถต้านทานการแตกหักได้มากขึ้น (เช่น BNC300 และ BN350) - เพิ่มอัตราป้อน (แนะนำให้ใช้อัตราป้อนที่สูงขึ้นเพื่อลดการแตกเป็น) - เลือกเม็ดมีดที่มีคมตัดแข็งแรงมากขึ้น (เพิ่มองศาการเจียรวารบและทำการลบคม)
การแตกเป็นรอยบากข้าง 	การกระทบบนด้านข้างคมตัดมีขนาดใหญ่เกินไปหรือเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ	- เปลี่ยนใช้เกรดที่สามารถต้านทานการแตกหักได้มากขึ้น (เช่น BN350 หรือ BNC300) - ลดอัตราป้อน - ใช้เม็ดมีดที่มีมุมตัดด้านข้างใหญ่ขึ้น - ใช้เม็ดมีดที่มีรัศมีมุมมีดใหญ่ขึ้น - เลือกเม็ดมีดที่มีคมตัดแข็งแรงมากขึ้น (เพิ่มองศาการเจียรวารบและทำการลบคม)
ความเสียหายจากความร้อน 	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างเฉียบพลันรุนแรงมากเกินไป	- แนะนำให้ใช้เงื่อนไขการตัดแบบแห้งทั้งกระบวนการ - เลือกเกรดที่มีคุณสมบัติต้านความร้อนได้ดี - ลดอัตราเร็วตัด อัตราป้อน และความลึกตัดลง เพื่อลดโหลดในการทำงาน

ข้อมูลอ้างอิง: ตารางแปลงหน่วย SI

■ หน่วย SI พื้นฐาน

● ปริมาณอ้างอิงตามหน่วย SI

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร	m
มวล	กิโลกรัม	kg
เวลา	วินาที	s
กระแส	แอมแปร์	A
อุณหภูมิ	เคลวิน	K
ปริมาณมวลสาร	โมล	mol
ความส่องสว่าง	แคนเดลา	cd

● หน่วยพื้นฐานที่มีชื่อและสัญลักษณ์เฉพาะ (บทคัดลอก)

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
ความถี่	เฮิรตซ์	Hz
แรง	นิวตัน	N
แรงดันและความเค้น	ปาสกาล	Pa
พลังงาน งาน ปริมาณความร้อน	จูล	J
กำลังและประสิทธิภาพ	วัตต์	W
แรงดันไฟฟ้า	โวลต์	V
ความต้านทานไฟฟ้า	โอห์ม	Ω

■ คำนำหน้าหน่วย SI

● คำนำหน้าแสดงกำลังรวมของ 10 รวมกับหน่วย SI

ค่าสัมประสิทธิ์	ชื่อ	สัญลักษณ์	ค่าสัมประสิทธิ์	ชื่อ	สัญลักษณ์	ค่าสัมประสิทธิ์	ชื่อ	สัญลักษณ์
10^{24}	Yotta	Y	10^3	Kilo	k	10^{-9}	Nano	n
10^{21}	Zeta	Z	10^2	Hecto	h	10^{-12}	Pico	p
10^{18}	Exa	E	10^1	Deca	da	10^{-15}	Femto	f
10^{15}	Peta	P	10^{-1}	Deci	d	10^{-18}	Atto	a
10^{12}	Tera	T	10^{-2}	Centi	c	10^{-21}	Zepto	z
10^9	Giga	G	10^{-3}	Milli	m	10^{-24}	Yocto	y
10^6	Mega	M	10^{-5}	Micro	μ			

■ ตารางแปลงหน่วย SI หลัก (ส่วนที่ทำสี เป็นหน่วย SI)

● แรง

N	kgf
1	1.01972×10^{-1}
9.80665	1

● ความเค้น

Pa(N/m ²)	MPa(N/mm ²)	kgf/mm ²	kgf/cm ²	kgf/m ²
1	1×10^{-6}	1.01972×10^{-7}	1.01972×10^{-5}	1.01972×10^{-1}
1×10^6	1	1.01972×10^{-1}	1.01972×10	1.01972×10^5
9.80665×10^6	9.80665	1	1×10^2	1×10^5
9.80665×10^4	9.80665×10^{-2}	1×10^{-2}	1	1×10^4
9.80665	9.80665×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-4}	1

● แรงดัน

$$1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2, 1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2$$

Pa(N/m ²)	kPa	MPa	GPa	bar	kgf/cm ²	mmHg หรือ Torr
1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-9}	1×10^{-5}	1.01972×10^{-5}	7.50062×10^{-3}
1×10^3	1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-2}	1.01972×10^{-2}	7.50062
1×10^6	1×10^3	1	1×10^{-3}	1×10	1.01972×10	7.50062×10^3
1×10^9	1×10^6	1×10^3	1	1×10^4	1.01972×10^4	7.50062×10^6
1×10^5	1×10^2	1×10^{-1}	1×10^{-4}	1	1.01972	7.50062×10^2
9.80665×10^4	9.80665×10	9.80665×10^{-2}	9.80665×10^{-5}	9.80665×10^{-1}	1	7.35559×10^2
1.33322×10^2	1.33322×10^{-1}	1.33322×10^{-4}	1.33322×10^{-7}	1.33322×10^{-3}	1.35951×10^{-3}	1

● งาน/พลังงาน/ปริมาณความร้อน

J	kW·h	kgf·m	kcal
1	2.77778×10^{-7}	1.01972×10^{-1}	2.38889×10^{-4}
3.60000×10^6	1	3.67098×10^5	8.60000×10^2
9.80665	2.72407×10^{-5}	1	2.34270×10^{-3}
4.18605×10^3	1.16279×10^{-3}	4.26858×10^2	1

● กำลัง (ประสิทธิภาพและพลังงานขับเคลื่อน) / การไหลของความร้อน 1J=1W/s, 1J=1N/m

W	kgf·m/s	PS	kcal/h
1	1.01972×10^{-1}	1.35962×10^{-3}	8.60000×10^{-1}
1×10^3	1.01972×10^2	1.35962	8.60000×10^2
9.80665	1	1.33333×10^{-2}	8.43371
7.355×10^2	7.5×10	1	6.32529×10^2
1.16279	1.18572×10^{-1}	1.58095×10^{-3}	1

$$1\text{W} = 1\text{J/s}, \text{PS: แรงม้า}$$

● ความร้อนจำเพาะ

J/(kg·K)	1kcal (kg/°C) cal/(g·°C)
1	2.38889×10^{-4}
4.18605×10^3	1

● การนำความร้อน

W/(m·K)	kcal/(h·m·°C)
1	8.60000×10^{-1}
1.16279	1

● ความเร็วรอบ

min ⁻¹	rpm
1	1

$$1\text{min}^{-1} = 1\text{rpm}$$

ข้อมูลอ้างอิง

■ ตารางสัญลักษณ์โลหะต่างๆ (บทคัดลอก)

● เหล็กคาร์บอนสำหรับงานโครงสร้าง P

JIS	AISI/ASTM	DIN/EN	GB	BS	AFNOR	ГОСТ
S10C	1008 1010	C10E C10R 1.1122	08 10	040A10 045A10 045M10	XC10	08 10
S12C	1012	—	—	040A12	XC12	—
S15C	1015	C15E C15R 1.1132	15	055M15	—	15
S20C	1020	C22 CK22	20	070M20	—	20
S25C	1025	C25 C25E C25R C16D 1.0415	25	—	—	25
S30C	1030	C30 C30E C30R	30	080A30 080M30	—	30
S35C	1035	C35 C35E C35R 1.1172	35	080A35 080M36	—	35
S40C	1040 C40E	C40 C40E C40R 1.1186	40	060A40 080A40 080M40	—	40
S43C	1042 1043	—	—	080A42	XC42H1 XC42H2	40Г
S45C	1045 1045H	C45 C45E C45R 1.1191 1.1192	45	060A45 080M46	XC45	45
S50C	1049	C50 C50E C50R 1.1206	50	080M50	XC50	50
S53C	1050 1053	—	50Mn	080A52	XC54	—
S55C	1055	C55 C55E C55R 1.1203	55	070M55	XC55H1 XC55H2	55
S58C	1060	C60 C60E C60R	60	060A57 080A57	XC60	—
S60C	1059	C60E 1.1221	60 60Mn	—	—	60
S09CK	1010	C10E C10R	—	045A10 045M10	XC10	—
S15CK	1015	C15E C15R	—	—	XC12	—
S20CK	—	CK22	—	—	XC18	—

● เหล็ก Cr P

SCr415	5115	17Cr3 1.7016	15Cr	—	—	15X
SCr420	5120	—	20Cr	—	20MC5	20X
SCr430	5130 5132	34Cr4 34CrS4 1.7033	30Cr	530A30 530A32	32C4	30X
SCr435	5135	37Cr4 1.7034	35Cr	530A36	38C4	35X
SCr440	5140	41Cr4 41CrS4 1.7035	40Cr	530M40 530A40	42C4	40X
SCr445	5147	—	45Cr	—	—	45X

● เหล็กอัลลอยนิกเกิล P

SNC415	4720 4715	20NiCrMo2-2 10NiCr5-4 17CrNi6-6 1.5918 1.5805 1.6523	20CrNi 12CrNi2 15CrNi6K	—	—	20XH 12XH
SNC236	3140 4337	41CrNiMo7-3-2 34CrNiMo6	40CrNi 34CrNi2	—	—	40XH
SNC246	8645	—	45CrNi	—	—	45XH
SNC815	E3310	15NiCr13 1.5752	12CrNi3	—	—	12XH3A
SNC620	—	20NiCrMo13-4 1.6660	20CrNi3	—	—	20XH3A
SNC631	—	30NiCrMo16-6 1.6747	30CrNi3	—	—	30XH3A
SNC836	—	35NiCrMo16 1.6773	37CrNi3	—	—	—

● เหล็ก Ni-Cr-Mo P

SNM220	8615 8617 8620 8622 4718	20NiCrMo2-2 20NiCrMoS2-2 17NiCrMo6 1.6566 1.6523	20CrNiMo 18CrMnNiMo 20NiCrMoK	805A20 805M20 805A22 805M22	20NCD 2	20XH2M 18XH1M
SNM240	8637 8640	39NiCrMo3 1.6510	40CrNiMo	—	—	40XH2MA
SNM415	—	—	—	—	—	—
SNM420	4320	17NiCrMo6-4	20CrNi2Mo	—	—	20XH2M (20XH1M)
SNM439	4340	41NiCrMo7-3-2 1.6563	40CrNi2Mo	—	—	40XH2MA
SNM447	4340	41NiCrMo7-3-2 1.6563	45CrNiMoV	—	—	—

● เหล็ก Cr-Mo P

SCM415	—	18CrMo4 1.7243	15CrMo	—	—	15XM
SCM420	—	20MoCr4 1.7321	20CrMo	708M20	—	20XM

● เหล็ก Cr-Mo (ต่อ) P

JIS	AISI/ASTM	DIN/EN	GB	BS	AFNOR	ГОСТ
SCM421	4121	18CrMo4 22CrMoS35 1.7243	20CrMnMo	—	—	25XГМ
SCM425	—	25CrMo 1.7218	25CrMo	—	—	—
SCM430	4130	—	30CrMo	708A30	30CD4	30XM
SCM435	4135 4137	34CrMo4 1.7220	35CrMo	708A37 709A37	34CD4 38CD4 35CD4	35XM
SCM440	4142 4140	42CrMo4 42CrMoS4 1.7225	42CrMo	708M40 708A40 708A42 709A42 709M40	42CD4	38XM
SCM445	4145 4150	50CrMo4 1.7228	50CrMo	708A47	—	—

● เหล็กแมงกานีสโครเมียม/เหล็กแมงกานีส P

SMn420	1522 1524	18Mn5 1.0436	20Mn2	150M19 120M19	20M5	20Г
SMn433	1330	28Mn6 1.1170	30Mn2	—	—	30Г2
SMn438	1335 1541	—	35Mn2	150M36	40M6	35Г2
SMn443	1340 1345 1541	—	40Mn2 45Mn2	135M40 150M36	35M5	35Г2 45Г2
SMnC420	5120	20MnCr5 1.7147	20CrMn	—	—	18XГ
SMnC443	5140	41Cr4 1.7035	40CrMn	—	—	—

● เหล็กเครื่องมือคาร์บอน P

SK140 SK1	W2-13A W1-13	—	T13	—	Y ₂ 140	—
SK120 SK2	W1-11 1/2	C120U 1.1555	T12	BW1C	Y ₂ 120	y12
SK105 SK3	W1-10 W1-10 1/2	C105U 1.1545 C105W1	T11	BW1B	Y ₁ 105	—
SK95 SK4	W1-9 W1-9 1/2	C105U 1.1545	T10	BW1A	Y ₁ 90 Y ₁ 80	y10
SK85 SK5	W1-8C W1-8	C80W1	T8Mn	BW1A	—	y8Г
SK80	W1-8A	C80U 1.1525	T8	—	—	y8
SK70	1070	C70U 1.1520	T7	—	—	y7

● ไฮสปีดสตีล P

SKH2	T1	HS18-0-1 1.3355	W18Cr4V	BT1	Z80WCV 18-04-01	P18
SKH3	T4	S18-1-2-5	—	BT4	Z80WKC 18-05-04-01	—
SKH4	T5	—	—	BT5	Z80WKC 18-10-04-02	—
SKH10	T15	S12-1-4-5	W12Cr4V5Co5	BT15	Z160WKC 12-05-05-04	P12K5V5
SKH51	M2	S6-5-2 1.3339	W6Mo5Cr4V2	BM2	Z160WDCV 06-05-04-02	P6M5o2
SKH52	M3-1	HS6-6-2 1.3350	W6Mo6Cr4V2	—	—	—
SKH53	M3-2	S6-5-3 HS6-5-3 1.3344	W6Mo5Cr4V3	—	Z160WDCV 06-05-04-03	P6M5o3
SKH54	M4	—	W6Mo5Cr4V4	BM4	Z130WDCV 06-05-04-04	—
SKH55	M35 M41	S6-5-2-5 HS6-5-2-5 1.3243	W6Mo6Cr4V2Co5	BM35	Z190WDCV 06-05-05-04-02	P6M5K5
SKH56	M36	—	—	—	—	—
SKH57	M48	HS10-4-3-10 1.3207	W10Mo4C4V3Co10	—	Z130WKC 10-10-04-04-03	—
SKH58	M7	HS2-8-2 1.3348	W2Mo9Cr4V2	—	Z100DCVW 09-04-02-02	—
SKH59	M42	HS2-10-1-8 1.3247	W2Mo9Cr4VCo8	BM42	Z130DKCW 09-08-04-02-01	P2M9K8o

● เหล็กเครื่องมืออัลลอย P

SKS11	F2	—	—	—	—	—
SKS2	—	105WCr6	—	—	105WC13	—
SKS51	L6	—	—	—	—	—
SKS41	—	—	4CrW2Si	—	—	4XB2C
SKS43	W2-9 1/2	—	—	BW2	Y ₁ 105V	—
SKS44	W2-8 1/2	—	—	—	—	—
SKS3	O1	95MnWCr5 1.2825	9CrWMn	—	—	9XBГ
SKS31	O7	105WCr6	CrWMn	—	105WC31	XBГ
SKD1	D3	X210Cr12 1.2080	Cr12	BD3	X200Cr12	X12
SKD4	—	—	30W4Cr2V	BH21	Z32WCV5	—
SKD5	H21	X30WCrV9-3 1.2581	3Cr2W8V	BH21	Z30WCV9	3X2B8o
SKD6	H11	X37CrMoV5-1 1.2343	4Cr5MoSiV	BH11	X38CrMoV5	4X5MoC
SKD61	H13	X40CrMoV5-1 1.2344	4Cr5MoSiV1	BH13	Z40CDV5	4X5Mo1C
SKD7	H10	X32CrMoV33 1.2365	3Cr3Mo3V	BH10	32DCV28	—
SKD8	H19	38CrCoW18-17-17 1.2861	3Cr3Mo3VCo3	BH19	—	—
SKD10	D2	X153CrMoV12 1.2379	Cr12Mo1V1	—	—	X12M1o1

ข้อมูลอ้างอิง

● เหล็กเครื่องมืออัลลอย (ต่อ) **P**

JIS	AIS/ASTM	DIN/EN	GB	BS	AFNOR	ГОСТ
SKD11	D2 D4	—	Cr12MoV	BD2	X160CrMoV12	X12Mo
SKD12	A2	X100CrMoV5 1.2363	Cr5Mo1V	BA2	Z100CDV5	—

● เหล็กสแตนเลสเฟอร์ริติก **M**

SUS405	405 S40500	X10CrAl13 1.4002	0Cr13Al 06Cr13Al	405S17	26CA13	—
SUS429	429 S42900	—	1Cr15 10Cr15 022Cr15NbTi	—	—	—
SUS430	430 S43000	X6Cr17 1.4016	1Cr17 10Cr15 S11710	430S17	Z8C17	12X17
SUS430F	430F S43020	X12CrMoS17	Y1Cr17 Y10Cr17	—	Z10CF17	—
SUS434	434 S43400	X6CrMo17-1 1.4113	1Cr17Mo 10Cr17Mo	434S17	Z8CD17.01	—

● เหล็กสแตนเลสมาร์เทนซิติค **M**

SUS410	410 S41010	X10Cr13 1.4006	12Cr13 1Cr13	410S21	Z13C13	12X13
SUS403	403 S40300	—	12Cr12 1Cr12	—	—	—
SUS444	444 S44400	X2CrMoTi18-2 1.4521	019Cr18Mo2NbTi 00Cr18Mo2	—	—	—
SUS416	416 S41600	X12CrS13 1.4005	Y12Cr13 Y1Cr13	416S21	Z12CF13	—
SUS420J1	420 S42000	X20Cr13 1.4021	20Cr13 2Cr13	420S29	Z20C13	20X13
SUS420J2	420 S42000	X30Cr13 1.4028	30Cr13 3Cr13	420S45	Z30C13	30X13
SUS420F	420G S42020	X29Cr13 1.4029	Y30Cr13 Y3Cr13	—	Z30CF13	—
SUS431	431 S43100	X17CrNi16-2	17Cr16Ni2	431S29	—	—
SUS440C	440C S44004	—	108Cr17 11Cr17	—	Z100CD17	—

● เหล็กสแตนเลส (โครงสร้างเพิ่มความแข็งแรงโดยการตกตะกอน) **M**

SUS630	630 S17400	X5CrNiCuNb16-4 1.4542	0Cr17NiCuNb 06Cr17NiCuNb	—	Z6CNU17.04	—
SUS631	631 S17700	X7CrNiAl17-7 1.4568	0Cr17NiAl 07Cr17NiAl	—	Z8CNA17.07	09X17H7 IO

● เหล็กสแตนเลสออสเทนนิติก **M**

SUS201	201 S20100	X12CrMnNi17-7-5 1.4372	1Cr17Mn6Ni5N 12Cr17Mn6Ni5N	—	Z12CMN17-07Az	—
SUS202	202 S20200	X12CrMnNi18-9-5 1.4373	1Cr18Mn9Ni5N 12Cr18Mn9Ni5N	284S16	—	—
SUS301	301 S30100	X12CrNi17 7 1.4319 1.4310	1Cr17Ni7 12Cr17Ni7	—	Z12CN17.07	17X18H9
SUS302	302 S30200	X9CrNi18-9 1.4325	1Cr18Ni9 12Cr18Ni9	302S25	Z10CN18.09	12X18H9
SUS302B	302B S30215	—	1Cr18Ni9Si3 12Cr18Ni9Si3	—	—	—
SUS303	303 S30300	X8CrNiS18-9 X10CrNiS18-9 1.4305	Y1Cr18Ni9 Y12Cr18Ni9	303S21	Z10CNF18.09	—
SUS303Se	303Se S30323	—	Y12Cr18Ni9Se Y1Cr18Ni9Se	303S41	—	12X18H10E
SUS304	304 S30400	X5CrNi18-10 1.4301	0Cr18Ni9 06Cr19Ni10	304S31	Z6CN18.09	08X18H10
SUS304L	304L S30403	X2CrNi19-11 1.4306	00Cr19Ni10 022Cr19Ni10	304S11	Z2CN18.10	03X18H11
SUS304N1	304N S30451	X5CrNiN19-9 1.4315	06Cr19Ni10N 06Cr19Ni10NbN	—	Z6CN19-09Az	—
SUS305	305 S30500	X2CrNi18-10 1.4311	1Cr18Ni12 10Cr18Ni12	305S19	Z8CN18.12	—
SUS309S	309S S30908	X6CrNi23-13 1.4950	0Cr23Ni13 06Cr23Ni13	—	—	0X23H12
SUS310S	310S S31008	X6CrNi25-20 1.4951	0Cr25Ni20 06Cr25Ni20	—	—	08X23H20
SUS316	316 S31600	X5CrNiMo17-12-2 1.4401	0Cr17Ni12Mo2 06Cr17Ni12Mo2	316S31	Z7CND17.12	—
SUS316L	316L S31603	X2CrNiMo17-12-2 1.4404	00Cr17Ni12Mo2 022Cr17Ni12Mo2	316S11	Z2CND17.12	03X17H14M2
SUS316N	316N S31651	—	0Cr17Ni12Mo2N 06Cr17Ni12Mo2N	—	—	—
SUS317	317 S31700	—	0Cr19Ni13Mo3 06Cr19Ni13Mo3	317S16	—	—
SUS317L	317L S31703	X2CrNiMo18-15-4 1.4438	00Cr19Ni13Mo3 022Cr19Ni13Mo3	317S12	Z2CND19.15	03X19H13M3
SUS321	321 S32100	X6CrNiTi18-10 1.4541	0Cr18Ni10Ti 06Cr18Ni10Ti	321S31	Z6CNT18.10	08X18H10T
SUS347	347 S34700	X6CrNiNb18-10 1.4550	0Cr18Ni11Nb 06Cr18Ni11Nb	347S31	Z6CNNb18.10	08X18H125

● เหล็กทนความร้อนเฟอร์ริติก **S**

SUH409	409 S40900	X6CrTi12	06Cr11Ti 0Cr11Ti1	409S19	Z6CT12	—
SUH446	446 S44600	—	2Cr25N 16Cr25N	—	Z12C24	—

● เหล็กทนความร้อนมาร์เทนซิติค **S**

SUH1	—	—	45Cr9Si3	401S45	Z45CS9	—
SUH3	—	—	4Cr10Si2Mo 40Cr10Si2Mo	—	Z40CSD10	40X10C2M
SUH4	—	—	8Cr20Si2Ni 80Cr20Si2Ni	443S65	Z80CSN20.02	—

● เหล็กทนความร้อนมาร์เทนซิติค (ต่อ) **S**

JIS	AIS/ASTM	DIN/EN	GB	BS	AFNOR	ГОСТ
SUH11	—	—	4Cr9Si2 42Cr9Si2	—	—	40X 9C2
SUH600	—	—	2Cr12MoVNbN 18Cr12MoVNbN	—	—	—
SUH616	616 S42200	—	2Cr12NiMoWV 22Cr12NiWV	—	—	—

● เหล็กทนความร้อนออสเทนนิติก **S**

SUH31	—	—	4Cr14Ni14W2Mo	331S42	—	45X14H14B2M
SUH35	—	X53CrMnNiN21-9-4 1.4871	50Cr21Mn9Ni4N 53Cr21Mn9Ni4N	349S52	Z52CMN21.09	55X20Г9AH4
SUH36	—	X53CrMnNi21 9	—	349S54	Z55CMN21-09Az	55X20Г9AH4
SUH37	—	X15CrNiSi20-12 1.4828	22Cr21Ni12N 20Cr21Ni12N	381S34	—	—
SUH38	—	—	—	—	—	—
SUH309	309 S30900	X12CrNi23-13 1.4833	16Cr23Ni13 20Cr23Ni13	309S24	Z15CN24.13	20X23H12
SUH310	310 S31000	—	2Cr25Ni21 20Cr25Ni20	310S24	Z15CN25.20	—
SUH330	—	X12CrNiMoNb25-18-6-5 1.4865	1Cr16Ni35 12Cr16Ni35	—	Z12NCS35.16	—

● เหล็กหล่อเทา **K**

FC100	No 20B	GG-10	HT100	100	—	Cy10
FC150	No 25B	GG-15	HT150	150	FGL150	Cy15
FC200	No 30B	GG-20	HT200	200	FGL200	Cy20
FC250	No 35B	GG-25	HT250	250	FGL250	Cy25
FC300	No 45B	GG-30	HT300	300	FGL300	Cy30
FC350	No 50B	GG-35	HT350	350	FGL350	Cy35

● เหล็กหล่อโนดูลาร์ **K**

FCD400	60-40-18	GGG-40	QT400-18	400/17	FGS370-17	By40
FCD450	—	GGG-40.3	QT450-10	420/12	FGS400-12	By45
FCD500	80-55-06	GGG-50	QT500-7	500/7	FGS500-7	By50
FCD600	—	GGG-60	QT600-3	600/7	FGS600-2	By60
FCD700	100-70-03	GGG-70	QT700-2	700/2	FGS700-2	By70
FCD800	120-90-02	GGG-80	—	800/2	FGS800-2	By80

● อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอย - แผ่นบาง แผ่นหนา และแผ่นฉนวน **N**

A1060P	1060	EN AW-1060	L2	—	—	—
A1050P	1050	A199.50	1A50	—	—	—
A1100P	1100	EN AW-1100	L5-1	—	—	—
A1200P	1200	EN AW-1200	L5	EN AW-1200	EN AW-1200	—
A2014P	2014	EN AW-2014	LD10	EN AW-2014	EN AW-2014	—
A2017P	2017	EN AW-2017	2A11(LY11)	EN AW-2017	EN AW-2017	—
A2219P	2219	EN AW-2219	2A16(LY16)	—	—	—
A2024P	2024	EN AW-2024	2A12(LY12)	EN AW-2024	EN AW-2024	—
A2124P	2124	EN AW-2124	2A12(LY12)	—	—	—
A3003P	3003	EN AW-3003	LF21	EN AW-3003	EN AW-3003	—
A3004P	3004	EN AW-3004	3004	—	—	—
A3005P	3005	EN AW-3005	3005	—	—	—
A3015P	3105	EN AW-3105	3105	—	—	—
A5005P	5005	EN AW-5005	5005	—	—	—
A5050P	5050	EN AW-5050	—	—	—	—
A5052P	5052	EN AW-5052	5A02	EN AW-5052	EN AW-5052	—
A5154P	5154	—	LF3	—	—	—
A5254P	5254	—	LF3	—	—	—
A5454P	5454	EN AW-5454	5454	EN AW-5454	EN AW-5454	—
A5456P	5456	EN AW-5456	—	—	—	—
A6101P	6101	EN AW-6101	6101	—	—	—
A6061P	6061	EN AW-6061	6061(LD30)	EN AW-6061	EN AW-6061	—
A7075P	7075	EN AW-7075	7A04	EN AW-7075	EN AW-7075	—
A7178P	7178	EN AW-7178	7A03(LC3)	—	—	—

● งานหล่อฉีดแม่พิมพ์อะลูมิเนียมอัลลอย **N**

ADC1	A413.0	EN AC-44300	YL102	—	—	—
ADC3	A360.0	EN AC-43400	YL104	EN AC-43400	EN AC-43400	—
ADC5	518.0	—	Al-Mg7	—	—	—
ADC10	—	EN AC-46000	YL112	—	—	—
ADC12	—	—	YL113	LM20	—	—
ADC14	B390.0	—	—	—	—	—
AC4C	357	G-AlSi7Mg	ZAlSi7Mg1A	LM25	A-S7G-03	—
AC4CH	356	G-AlSi7Mg	ZAlSi7Mg	LM25	A-S7G	—
—	308	G-AlSi6Cu4	ZAlSi6Cu6Mg	LM21	—	—

● เหล็กชุบแข็ง **H**

C4BS	440A	X100CrMo13	7Cr17	—	—	—
AC4A	610	X110CrMoV15	—	—	—	—
AC4A	0-2	X65CrMo14	—	—	—	—

ข้อมูลอ้างอิง

ตารางสัญลักษณ์เหล็กและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (บทความหลัก)

การแบ่งประเภทและสัญลักษณ์เหล็ก

หมวดหมู่	วัสดุ	สัญลักษณ์	รายละเอียดสัญลักษณ์
เหล็กโครงสร้างรูปพรรณ	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณเชื่อม	SM	"M" = "Marine": ใช้ในโครงสร้างงานเชื่อมเรือ
	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน	SRB	"R" = "Re-rolled" และ "B" = "Bar"
	เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อนสำหรับโครงสร้างทั่วไป	SS	"S" = "Steel" และ "S" = "Structure"
	เหล็ก Light Gauge สำหรับโครงสร้างทั่วไป	SSC	"C" = "Cold" หลัง SS
เหล็กแผ่น	เหล็กเหล็กรีดร้อน (แผ่นบาง/แผ่นหนา) แบบม้วน	SPH	"P" = "Plate" และ "H" = "Hot"
เหล็กกล่อง	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับงานท่อ	SGP	"GP" = "Gas Pipe"
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับหม้อไอน้ำและเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	STB	"T" = "Tube" และ "B" = "Boiler"
	เหล็กกล่อง (ไร้รอยต่อ) สำหรับถังแก๊สแรงดันสูง	STH	"H" = "High Pressure" หลัง ST
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับโครงสร้างทั่วไป	STK	"K" = "Kozo" ("โครงสร้าง" ในภาษาญี่ปุ่น) หลัง ST
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับโครงสร้างเชิงกล	STKM	"M" = "Machine" หลัง STK
	เหล็กกล่องอัลลอยสำหรับโครงสร้างต่างๆ	STKS	"S" = "Special" หลัง STK
	เหล็กกล่องอัลลอยสำหรับงานท่อ	STPA	"A" = "Alloy" หลัง STP
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับงานท่อแรงดัน	STPG	"P" = "Piping" และ "G" = "General" หลัง ST
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับงานท่ออุณหภูมิสูง	STPT	"T" = "Temperature" หลัง ST
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับงานท่อแรงดันสูง	STS	"S" = "Special" หลัง ST
	เหล็กกล่องสแตนเลสสำหรับงานท่อ	SUS-TP	"T" = "Tube" และ "P" = "Piping" หลัง SUS
	เหล็กกล่องคาร์บอนสำหรับโครงสร้างเชิงกล	SxxC	"C" = "Carbon"
เหล็กสำหรับโครงสร้างเชิงกล	เหล็กอะลูมิเนียม-โครเมียม-โมลิบดีนัม	SACM	"A" = "Al", "C" = "Cr" และ "M" = "Mo"
	เหล็กโครเมียมโมลิบดีนัม	SCM	"C" = "Cr" และ "M" = "Mo"
	เหล็กโครเมียม	SCr	"Cr" = "Chromium" หลัง "S" = "Steel"
	เหล็กนิกเกิลโครเมียม	SNC	"N" = "Nickel" และ "C" = "Chromium"
	เหล็กนิกเกิลโครเมียมโมลิบดีนัม	SNCM	"M" = "Molybdenum" ใน SNC
	เหล็กแมงกานีสและเหล็กแมงกานีสโครเมียมสำหรับโครงสร้างเชิงกล	SMn SMnC	"Mn" = "Manganese" "C" = "Chromium" ใน SMn
	เหล็กเครื่องมือคาร์บอน	SK	"K" = "Kogu" ("เครื่องมือ" ในภาษาญี่ปุ่น)
	เหล็กกลึงสำหรับงานเจาะ	SKC	"C" = "Chisel" หลัง SK
	เหล็กเครื่องมืออัลลอย	SKS SKD SKT	"S" = "Special" หลัง SK "D" = "Die" หลัง SK "T" = "Tanzo" ("ตีขึ้นรูป" ในภาษาญี่ปุ่น) หลัง SK
	เหล็กเครื่องมือความเร็วสูง	SKH	"H" = "High speed" หลัง SK
เหล็กพิเศษ	เหล็กกัดมันตัน Free Cutting	SUM	"M" = "Machinability" หลัง SU
	เหล็กสำหรับทำดัดลูปปืน คาร์บอนสูง โครเมียมสูง	SUJ	"J" = "Jikukue" ("ดัดลูปปืน" ในภาษาญี่ปุ่น) หลัง SU
	เหล็กสปริง	SUP	"P" = "Spring" หลัง SU
	เหล็กสแตนเลส	SUS	"S" = "Stainless Steel" หลัง SU
เหล็กทนความร้อน	เหล็กทนความร้อน	SUH	"U" = "Special Usage" และ "H" = "Heat"
	เหล็กทนความร้อน (เส้น)	SUH-B	"B" = "Bar" หลัง SUH
	เหล็กทนความร้อน (แผ่น)	SUHP	"P" = "Plate" หลัง SUH
เหล็กตีขึ้นรูป	เหล็กคาร์บอนตีขึ้นรูปสำหรับงานทั่วไป	SF	"F" = "Forging"
	เหล็กคาร์บอนทั้งขนาดใหญ่อเล็ก (Bloom & Billet) สำหรับตีขึ้นรูป	SFB	"B" = "Billet" หลัง SF
	เหล็กโครเมียมโมลิบดีนัมตีขึ้นรูป	SFCM	"C" = "Chromium" และ "M" = "Molybdenum" หลัง SF
	เหล็กนิกเกิลโครเมียมโมลิบดีนัมตีขึ้นรูป	SFNCM	"N" = "Nickel" in SFCM
เหล็กหล่อ	เหล็กหล่อเทา	FC	"F" = "Ferrous" และ "C" = "Casting"
	กราไฟต์กลม / เหล็กหล่อเหนียว	FCD	"D" = "Ductile" หลัง FC
	เหล็กหล่อเหนียวดำ	FCMB	"M" = "Malleable" และ "B" = "Black" หลัง FC
	เหล็กหล่อเหนียวขาว	FCMW	"W" = "White" หลัง FCM
	เหล็กหล่อเหนียวขาว (เพอร์ไลต์)	FCMP	"P" = "Pearlite" หลัง FCM
เหล็กหล่อ	เหล็กกล้าคาร์บอนหล่อ	SC	"C" = "Casting"
	เหล็กสแตนเลสหล่อ	SCS	"S" = "Stainless Steel" หลัง SC
	เหล็กกล้าหล่อทนความร้อน	SCH	"H" = "Heat" หลัง SC
	เหล็กกล้าหล่อแมงกานีสสูง	SCMnH	"Mn" = "Manganese" และ "H" = "High" หลัง SC

โลหะนอกกลุ่มเหล็ก

หมวดหมู่	วัสดุ	สัญลักษณ์
ทองแดงและทองแดงผสมอัลลอย	ทองแดงและทองแดงผสมอัลลอย - แผ่นบาง	CxxxxP
	แผ่นหนา และแผ่นม้วน	CxxxxPP
		CxxxxR
	ทองแดงและทองแดงผสมอัลลอย - ท่อเชื่อม (Pipe & Tube)	CxxxxBD CxxxxBDS CxxxxBE CxxxxBF
อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอย	อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอย - แผ่นบาง	AxxxxP
	แผ่นหนา และแผ่นม้วน	AxxxxPC
	อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอยเส้นกลม เส้นทั่วไป และลวด	AxxxxBE AxxxxBD AxxxxW
	อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอย - ดัดขึ้นรูป	AxxxxS
	อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอยหล่อ	AxxxxFD AxxxxFH
	แมกนีเซียมอัลลอย แผ่นบางและแผ่นหนา	MP
วัสดุทนไฟ	คิวโปรนิกเกิลอัลลอย แผ่นบางและแผ่นหนา	NCuP
	คิวโปรนิกเกิลอัลลอย เส้นกลมและเส้นทั่วไป	NCuB
วัสดุทนไฟ	ไทเทเนียม เส้นกลมและเส้นทั่วไป	TB
งานหล่อ	งานหล่อทองเหลือง	YBxCx
	งานหล่อทองเหลืองความแข็งแรงสูง	HBxCx
	งานหล่อบรอนซ์	BCx
	งานหล่อฟอสเฟอร์บรอนซ์	PBCx
	งานหล่ออะลูมิเนียมบรอนซ์	AIBCx
	งานหล่ออะลูมิเนียมอัลลอย	AC
	งานหล่อแมกนีเซียมอัลลอย	MC
	งานหล่อฉีดแม่พิมพ์ซิงค์อัลลอย	ZDCx
	งานหล่อฉีดแม่พิมพ์อะลูมิเนียมอัลลอย	ADC
	งานหล่อฉีดแม่พิมพ์แมกนีเซียมอัลลอย	MDC
	โลหะสีขาว	WJ
	งานหล่ออะลูมิเนียมอัลลอยสำหรับดัดลูปปืน	AJ
	งานหล่อทองแดงผสมอัลลอยสำหรับดัดลูปปืน	KJ

ข้อมูลอ้างอิง

■ ตารางเปรียบเทียบสเกลความแข็ง

● ค่าที่สอดคล้องกันโดยประมาณสำหรับความแข็งเหล็กตามสเกลบริเนลล์

Brinell 3,000kgf	Rockwell Hardness				Vickers 50kgf	Shore Hardness	Tensile Strength (GPa)
	A Scale 60kgf brale	B Scale 100kgf 1/10in ball HRB	C Scale 150kgf brale	D Scale 100kgf brale			
HB	HRA	HRB	HRC	HRD	HV	HS	
—	85.6	—	68.0	76.9	940	97	—
—	85.3	—	67.5	76.5	920	96	—
—	85.0	—	67.0	76.1	900	95	—
767	84.7	—	66.4	75.7	880	93	—
757	84.4	—	65.9	75.3	860	92	—
745	84.1	—	65.3	74.8	840	91	—
733	83.8	—	64.7	74.3	820	90	—
722	83.4	—	64.0	73.8	800	88	—
712	—	—	—	—	—	—	—
710	83.0	—	63.3	73.3	780	87	—
698	82.6	—	62.5	72.6	760	86	—
684	82.2	—	61.8	72.1	740	—	—
682	82.2	—	61.7	72.0	737	84	—
670	81.8	—	61.0	71.5	720	83	—
656	81.3	—	60.1	70.8	700	—	—
653	81.2	—	60.0	70.7	697	81	—
647	81.1	—	59.7	70.5	690	—	—
638	80.8	—	59.2	70.1	680	80	—
630	80.6	—	58.8	69.8	670	—	—
627	80.5	—	58.7	69.7	667	79	—
601	79.8	—	57.3	68.7	640	77	—
578	79.1	—	56.0	67.7	615	75	—
555	78.4	—	54.7	66.7	591	73	2.06
534	77.8	—	53.5	65.8	569	71	1.98
514	76.9	—	52.1	64.7	547	70	1.89
495	76.3	—	51.0	63.8	528	68	1.82
477	75.6	—	49.6	62.7	508	66	1.73
461	74.9	—	48.5	61.7	491	65	1.67
444	74.2	—	47.1	60.8	472	63	1.59
429	73.4	—	45.7	59.7	455	61	1.51
415	72.8	—	44.5	58.8	440	59	1.46
401	72.0	—	43.1	57.8	425	58	1.39
388	71.4	—	41.8	56.8	410	56	1.33
375	70.6	—	40.4	55.7	396	54	1.26
363	70.0	—	39.1	54.6	383	52	1.22
352	69.3	(110.0)	37.9	53.8	372	51	1.18
341	68.7	(109.0)	36.6	52.8	360	50	1.13
331	68.1	(108.5)	35.5	51.9	350	48	1.10

Brinell 3,000kgf	Rockwell Hardness				Vickers 50kgf	Shore Hardness	Tensile Strength (GPa)
	A Scale 60kgf brale	B Scale 100kgf 1/10in ball HRB	C Scale 150kgf brale	D Scale 100kgf brale			
HB	HRA	HRB	HRC	HRD	HV	HS	
321	67.5	(108.0)	34.3	50.1	339	47	1.06
311	66.9	(107.5)	33.1	50.0	328	46	1.03
302	66.3	(107.0)	32.1	49.3	319	45	1.01
293	65.7	(106.0)	30.9	48.3	309	43	0.97
285	65.3	(105.5)	29.9	47.6	301	—	0.95
277	64.6	(104.5)	28.8	46.7	292	41	0.92
269	64.1	(104.0)	27.6	45.9	284	40	0.89
262	63.6	(103.0)	26.6	45.0	276	39	0.87
255	63.0	(102.0)	25.4	44.2	269	38	0.84
248	62.5	(101.0)	24.2	43.2	261	37	0.82
241	61.8	100.0	22.8	42.0	253	36	0.80
235	61.4	99.0	21.7	41.4	247	35	0.78
229	60.8	98.2	20.5	40.5	241	34	0.76
223	—	97.3	(18.8)	—	234	—	—
217	—	96.4	(17.5)	—	228	33	0.73
212	—	95.5	(16.0)	—	222	—	0.71
207	—	94.6	(15.2)	—	218	32	0.69
201	—	93.8	(13.8)	—	212	31	0.68
197	—	92.8	(12.7)	—	207	30	0.66
192	—	91.9	(11.5)	—	202	29	0.64
187	—	90.7	(10.0)	—	196	—	0.62
183	—	90.0	(9.0)	—	192	28	0.62
179	—	89.0	(8.0)	—	188	27	0.60
174	—	87.8	(6.4)	—	182	—	0.59
170	—	86.8	(5.4)	—	178	26	0.57
167	—	86.0	(4.4)	—	175	—	0.56
163	—	85.0	(3.3)	—	171	25	0.55
156	—	82.9	(0.9)	—	163	—	0.52
149	—	80.8	—	—	156	23	0.50
143	—	78.7	—	—	150	22	0.49
137	—	76.4	—	—	143	21	0.46
131	—	74.0	—	—	137	—	0.45
126	—	72.0	—	—	132	20	0.43
121	—	69.8	—	—	127	19	0.41
116	—	67.6	—	—	122	18	0.40
111	—	65.7	—	—	117	15	0.38

1) ตัวเลขภายใน () ไม่นิยมใช้

2) สเกลรีคเวลล์ A, C และ D ใช้หัวกดเพชร (Diamond Brale)

3) ตารางนี้อ้างอิงจาก JIS Iron and Steel Handbook (1980)

ข้อมูลอ้างอิง

N

อุปกรณ์

ข้อมูลทางเทคนิค
ข้อมูลอ้างอิง

ข้อมูลอ้างอิง

- พิกัดความเผื่อทางขนาดของงานสวมมาตรฐาน [บทคัดลอกจาก JIS B 0401 (1999)]
- พิกัดความเผื่อทางขนาดที่ใช้สำหรับด้ามของงานสวมมาตรฐาน

ประเภทของขนาดอ้างอิง (มม.)		ระดับพิกัดความเผื่อด้าม																												หน่วย: μm		
หรือมากกว่า	หรือน้อยกว่า	b9	c9	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	g5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	js5	js6	js7	k5	k6	m5	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6	x6
—	3	-140 -165	-60 -85	-20 -34	-20 -45	-14 -24	-14 -28	-14 -39	-6 -12	-6 -16	-8 -20	-2 -6	-2 -8	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	±2	±3	±5	+4 0	+6 0	+6 +2	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	—	+24 +18	+26 +20
3	6	-140 -170	-70 -100	-30 -48	-30 -60	-20 -32	-20 -38	-20 -50	-10 -18	-10 -22	-10 -28	-4 -9	-4 -12	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	±2.5	±4	±6	+6 +1	+9 +1	+9 +4	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	—	+31 +23	+36 +28
6	10	-150 -186	-80 -116	-40 -62	-40 -76	-25 -40	-25 -47	-25 -61	-13 -22	-13 -28	-13 -35	-5 -11	-5 -14	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	±3	±4.5	±7.5	+7 +1	+10 +1	+12 +6	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	—	+37 +28	+43 +34
10	14	-150 -193	-95 -138	-50 -77	-50 -93	-32 -50	-32 -59	-32 -75	-16 -27	-16 -34	-16 -43	-6 -14	-6 -17	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	±4	±5.5	±9	+9 +1	+12 +1	+15 +7	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	—	+44 +33	+51 +40
14	18																															+56 +45
18	24	-160 -212	-110 -162	-65 -98	-65 -117	-40 -61	-40 -73	-40 -92	-20 -33	-20 -41	-20 -53	-7 -16	-7 -20	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	±4.5	±6.5	±10.5	+11 +2	+15 +2	+17 +8	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	—	+54 +41	+67 +54
24	30																															+77 +64
30	40	-170 -232	-120 -182	-80 -119	-80 -142	-50 -75	-50 -89	-50 -112	-25 -41	-25 -50	-25 -64	-9 -20	-9 -25	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	±5.5	±8	±12.5	+13 +2	+18 +2	+20 +9	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+76 +60	—
40	50	-180 -242	-130 -192																													+86 +70
50	65	-190 -264	-140 -214	-100 -146	-100 -174	-60 -90	-60 -106	-60 -134	-30 -49	-30 -60	-30 -76	-10 -23	-10 -29	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	±6.5	±9.5	±15	+15 +2	+21 +2	+24 +11	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+106 +87	—
65	80	-200 -274	-150 -224																													+121 +102
80	100	-220 -307	-170 -257	-120 -174	-120 -207	-72 -107	-72 -126	-72 -159	-36 -58	-36 -71	-36 -90	-12 -27	-12 -34	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	±7.5	±11	±17.5	+18 +3	+25 +3	+28 +13	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+146 +124	—
100	120	-240 -327	-180 -267																													+166 +144
120	140	-260 -360	-200 -300																													+147 +122
140	160	-280 -380	-210 -310	-145 -208	-145 -245	-85 -125	-85 -148	-85 -185	-43 -68	-43 -83	-43 -106	-14 -32	-14 -39	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	±9	±12.5	±20	+21 +3	+28 +3	+33 +15	+40 +15	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+159 +134	—	—
160	180	-310 -410	-230 -330																													+171 +146
180	200	-340 -455	-240 -355																													+151 +122
200	225	-380 -495	-260 -375	-170 -242	-170 -285	-100 -146	-100 -172	-100 -215	-50 -79	-50 -96	-50 -122	-15 -35	-15 -44	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	±10	±14.5	±23	+24 +4	+33 +4	+37 +17	+46 +17	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	—	—	—
225	250	-420 -535	-280 -395																													+169 +140
250	280	-480 -610	-300 -430	-190 -271	-190 -320	-110 -162	-110 -191	-110 -240	-56 -88	-56 -108	-56 -137	-17 -40	-17 -49	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	±11.5	±16	±26	+27 +4	+36 +4	+43 +20	+52 +20	+66 +34	+88 +56	+126 +94	—	—	—	—
280	315	-540 -670	-330 -460																													+130 +98
315	355	-600 -740	-360 -500	-210 -299	-210 -350	-125 -182	-125 -214	-125 -265	-62 -98	-62 -119	-62 -151	-18 -43	-18 -54	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	±12.5	±18	±28.5	+29 +4	+40 +4	+46 +21	+57 +21	+73 +37	+98 +62	+144 +108	—	—	—	—
355	400	-680 -820	-400 -540																													+114 +114
400	450	-760 -915	-440 -595	-230 -327	-230 -385	-135 -198	-135 -232	-135 -290	-68 -108	-68 -131	-68 -165	-20 -47	-20 -60	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	±13.5	±20	±31.5	+32 +5	+45 +5	+50 +23	+63 +23	+80 +40	+108 +68	+166 +126	—	—	—	—
450	500	-840 -995	-480 -635																													+132 +132

N

อุปกรณ์

ข้อมูลทางเทคนิค
ข้อมูลอ้างอิง

ข้อมูลอ้างอิง

■ พิกัดความเผื่อทางขนาดของงานสวมมาตรฐาน [บทคัดลอกจาก JIS B 0401 (1999)]

● พิกัดความเผื่อทางขนาดที่ใช้สำหรับรูของงานสวมมาตรฐาน

ประเภทของขนาดอ้างอิง (มม.)		ระดับพิกัดความเผื่อ																															หน่วย: μm			
หรือมากกว่า	หรือน้อยกว่า	B10	C9	C10	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7	H8	H9	H10	JS6	JS7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	R7	S7	T7	U7	X7	
—	3	+180 +140	+85 +60	+100 +60	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	± 3	± 5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	—	-18 -28	-20 -30	
3	6	+188 +140	+100 +70	+118 +70	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	± 4	± 6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	0 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	—	-19 -31	-24 -36	
6	10	+208 +150	+116 +80	+138 +80	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	± 4.5	± 7.5	+2 -7	+5 -10	-3 -12	0 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	—	-22 -37	-28 -43	
10	14	+220 +150	+138 +95	+165 +95	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	± 5.5	± 9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	0 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	—	-26 -44	-33 -56	
14	18																																			
18	24	+244 +160	+162 +110	+194 +110	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	± 6.5	± 10.5	+2 -11	+6 -15	-4 -17	0 -21	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	—	-33 -54	-46 -67	
24	30																																			
30	40	+270 +170	+182 +120	+220 +120	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	± 8	± 12.5	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64	-51 -76		
40	50	+280 +180	+192 +130	+230 +130	+80 +130	+80 +130	+80 +130	+50 +130	+50 +130	+50 +130	+25 +130	+25 +130	+25 +130	+9 +130	+9 +130	0 +130	0 +130	0 +130	0 +130	0 +130	± 8	± 12.5	+3 -13	+7 -18	-4 -20	0 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-45 -70	-61 -86		
50	65	+310 +190	+214 +140	+260 +140	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	± 9.5	± 15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85	-76 -106		
65	80	+320 +200	+224 +150	+270 +150	+100 +150	+100 +150	+100 +150	+60 +150	+60 +150	+60 +150	+30 +150	+30 +150	+30 +150	+10 +150	+10 +150	0 +150	0 +150	0 +150	0 +150	0 +150	± 9.5	± 15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	0 -30	-14 -33	-9 -39	-26 -45	-21 -51	-32 -62	-48 -78	-64 -94	-91 -121		
80	100	+360 +220	+257 +170	+310 +170	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	± 11	± 17.5	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113	-111 -146		
100	120	+380 +240	+267 +180	+320 +180	+120 +180	+120 +180	+120 +180	+72 +180	+72 +180	+72 +180	+36 +180	+36 +180	+36 +180	+12 +180	+12 +180	0 +180	0 +180	0 +180	0 +180	0 +180	± 11	± 17.5	+4 -18	+10 -25	-6 -28	0 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	-41 -76	-66 -101	-91 -126	-131 -166		
120	140	+420 +260	+300 +200	+360 +200																																
140	160	+440 +280	+310 +210	+370 +210	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +43	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	± 12.5	± 20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	0 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	-50 -90	-85 -125	-119 -159	—	—	
160	180	+470 +310	+330 +230	+390 +230																																
180	200	+525 +340	+355 +240	+425 +240																																
200	225	+565 +380	+375 +260	+445 +260	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	± 14.5	± 23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	0 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	-63 -109	-113 -159	—	—	—	
225	250	+605 +420	+395 +280	+465 +280																																
250	280	+690 +480	+430 +300	+510 +300	+271 +190	+320 +190	+400 +190	+162 +110	+191 +110	+240 +110	+88 +56	+108 +56	+137 +56	+49 +17	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	± 16	± 26	+5 -27	+16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-74 -126	—	—	—	—	
280	315	+750 +540	+460 +330	+540 +330	+190 +190	+190 +190	+190 +190	+110 +110	+110 +110	+110 +110	+56 +56	+56 +56	+56 +56	+17 +17	+17 +17	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	± 16	± 26	+5 -27	+16 -36	-9 -41	0 -52	-25 -57	-14 -66	-47 -79	-36 -88	-78 -130	—	—	—	—	
315	355	+830 +600	+500 +360	+590 +360	+299 +210	+350 +210	+440 +210	+182 +125	+214 +125	+265 +125	+98 +62	+119 +62	+151 +62	+54 +18	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	± 18	± 28.5	+7 -29	+17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	-87 -144	—	—	—	—	
355	400	+910 +680	+540 +400	+630 +400	+210 +210	+210 +210	+210 +210	+125 +135	+125 +135	+125 +135	+62 +68	+62 +68	+62 +68	+18 +20	+18 +20	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	± 18	± 28.5	+7 -29	+17 -40	-10 -46	0 -57	-26 -62	-16 -73	-51 -87	-41 -98	-93 -150	—	—	—	—	
400	450	+1010 +760	+595 +440	+690 +440	+327 +230	+385 +230	+480 +230	+198 +135	+232 +135	+290 +135	+108 +68	+131 +68	+165 +68	+60 +20	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	± 20	± 31.5	+8 -32	+18 -45	-10 -50	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	-103 -166	—	—	—	—	
450	500	+1090 +840	+635 +480	+730 +480	+230 +230	+230 +230	+230 +230	+135 +135	+135 +135	+135 +135	+68 +68	+68 +68	+68 +68	+20 +20	+20 +20	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	± 20	± 31.5	+8 -32	+18 -45	-10 -50	0 -63	-27 -67	-17 -80	-55 -95	-45 -108	-109 -172	—	—	—	—	

ข้อมูลอ้างอิง

N

ขนาด

ข้อมูลทางเทคนิค

ข้อมูลอ้างอิง

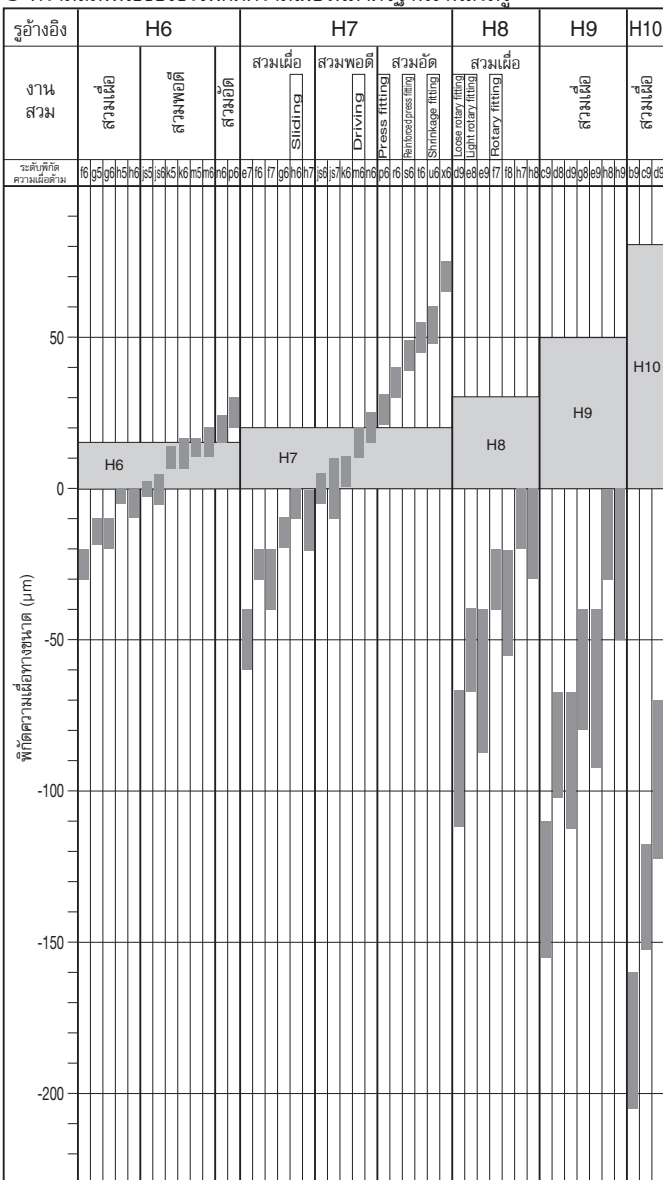
■ พิกัดความเผื่อทางขนาดและงานสวม [บทคัดลอกจาก JIS B 0401 (1999)]

● งานสวมมาตรฐานสำหรับรู

รู อ้างอิง	ระดับพิกัดความเผื่อตัว														
	สวมเผื่อ					สวมพอดี					สวมอัด				
H6					g5	h5	js5	k5	m5						
				f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6*	p6*				
H7				f6	g6	h6	js6	k6	m6	n6	p6*	r6*	s6	t6	u6
			e7	f7		h7	js7								
				f7		h7									
H8				e8	f8	h8									
			d9	e9											
H9			d8	e8		h8									
		c9	d9	e9		h9									
H10	b9	c9	d9												

หมายเหตุ: *อาจมีข้อยกเว้นสำหรับงานสวมเหล่านี้โดยขึ้นอยู่กับประเภทของขนาด

● ความสัมพันธ์ของช่วงพิกัดความเผื่อในมาตรฐานงานสวมรู



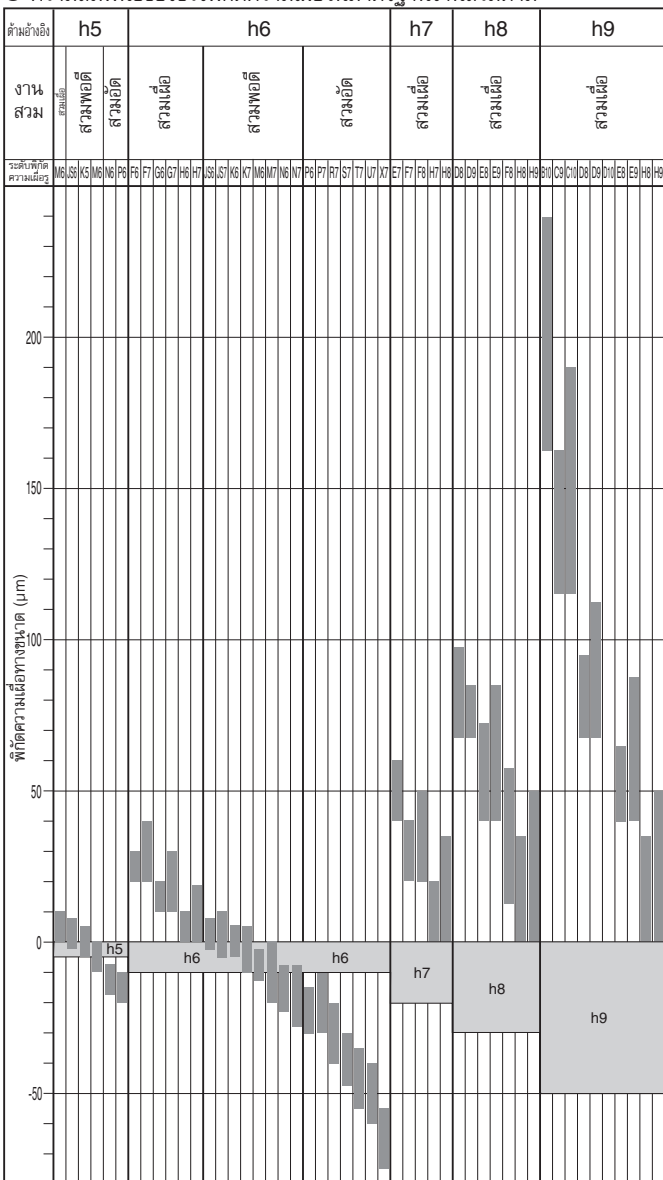
หมายเหตุ: ตารางด้านบนแสดงขนาดอ้างอิงที่มากกว่า 18 มม. สูงสุด 30 มม.

● งานสวมมาตรฐานสำหรับด้าม

ด้าม อ้างอิง	ระดับพิกัดความเผื่อตัว														
	สวมเผื่อ					สวมพอดี					สวมอัด				
h5					H6	JS6	K6	M6	N6*	P6					
				F6	G6	H6	JS6	K6	M6	N6	P6*				
h6				F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7*	R7	S7	T7	U7
			E7	F7		H7									
h7				F8		H8									
h8			D8	E8	F8	H8									
			D9	E9		H9									
			D8	E8		H8									
h9			C9	D9	E9	H9									
		B10	C10	D10											

หมายเหตุ: *อาจมีข้อยกเว้นสำหรับงานสวมเหล่านี้โดยขึ้นอยู่กับประเภทของขนาด

● ความสัมพันธ์ของช่วงพิกัดความเผื่อในมาตรฐานงานสวมด้าม



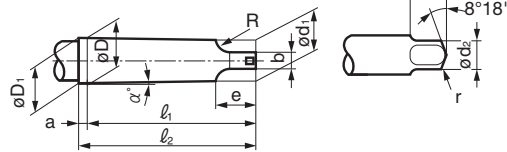
หมายเหตุ: ตารางด้านบนแสดงขนาดอ้างอิงที่มากกว่า 18 มม. สูงสุด 30 มม.

ข้อมูลอ้างอิง

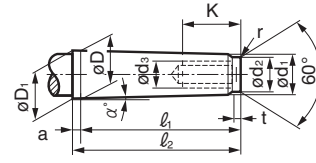
■ มาตรฐานความเรียบ

● Morse Taper (ขนาดความเรียบมาตรฐาน)

รูป 1 มีปลายแบน



รูป 2 รูน Drawing Thread



(หน่วย: มม.)

หมายเลขเลข Morse Taper	Taper ⁽¹⁾		Taper Angle (α)	Taper						Tang						รูป
				D	a	D ₁ ⁽²⁾ (โดยประมาณ)	d ₁ ⁽²⁾ (โดยประมาณ)	ℓ ₁ (สูงสุด)	ℓ ₂ (สูงสุด)	d ₂ (สูงสุด)	b	C (สูงสุด)	e (สูงสุด)	R	r	
0	$\frac{1}{19.212}$	0.05205	1°29'27"	9.045	3	9.2	6.1	56.5	59.5	6.0	3.9	6.5	10.5	4	1	1
1	$\frac{1}{20.047}$	0.04988	1°25'43"	12.065	3.5	12.2	9.0	62.0	65.5	8.7	5.2	8.5	13.5	5	1.2	
2	$\frac{1}{20.020}$	0.04995	1°25'50"	17.780	5	18.0	14.0	75.0	80.0	13.5	6.3	10	16	6	1.6	
3	$\frac{1}{19.922}$	0.05020	1°26'16"	23.825	5	24.1	19.1	94.0	99.0	18.5	7.9	13	20	7	2	
4	$\frac{1}{19.245}$	0.05194	1°29'15"	31.267	6.5	31.6	25.2	117.5	124.0	24.5	11.9	16	24	8	2.5	
5	$\frac{1}{19.002}$	0.05263	1°30'26"	44.399	6.5	44.7	36.5	149.5	156.0	35.7	15.9	19	29	10	3	
6	$\frac{1}{19.180}$	0.05214	1°29'36"	63.348	8	63.8	52.4	210.0	218.0	51.0	19.0	27	40	13	4	
7	$\frac{1}{19.231}$	0.05200	1°29'22"	83.058	10	83.6	68.2	286.0	296.0	66.8	28.6	35	54	19	5	

หมายเลข Morse Taper	Taper ⁽¹⁾		Taper Angle (α)	Taper						สกรู					รูป
				D	a	D ₁ ⁽²⁾ (โดยประมาณ)	d ₁ ⁽²⁾ (โดยประมาณ)	ℓ ₁ (สูงสุด)	ℓ ₂ (สูงสุด)	d ₂ (สูงสุด)	d ₃	K (ต่ำสุด)	t (สูงสุด)	r	
0	$\frac{1}{19.212}$	0.05205	1°29'27"	9.045	3	9.2	6.4	50	53	6	—	—	4	0.2	2
1	$\frac{1}{20.047}$	0.04988	1°25'43"	12.065	3.5	12.2	9.4	53.5	57	9	M 6	16	5	0.2	
2	$\frac{1}{20.020}$	0.04995	1°25'50"	17.780	5	18.0	14.6	64	69	14	M10	24	5	0.2	
3	$\frac{1}{19.922}$	0.05020	1°26'16"	23.825	5	24.1	19.8	81	86	19	M12	28	7	0.6	
4	$\frac{1}{19.254}$	0.05194	1°29'15"	31.267	6.5	31.6	25.9	102.5	109	25	M16	32	9	1	
5	$\frac{1}{19.002}$	0.05263	1°30'26"	44.399	6.5	44.7	37.6	129.5	136	35.7	M20	40	9	2.5	
6	$\frac{1}{19.180}$	0.05214	1°29'36"	63.348	8	63.8	53.9	182	190	51	M24	50	12	4	
7	$\frac{1}{19.231}$	0.05200	1°29'22"	83.058	10	83.6	70.0	250	260	65	M33	80	18.5	5	

หมายเหตุ (1) ค่าเศษส่วนเป็นความเรียบมาตรฐาน

(2) เส้นผ่านศูนย์กลาง D₁ และ d₁ คำนวณจากค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง D, เทเปอร์, a, และ l₁ ปัดขึ้นเป็นทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง

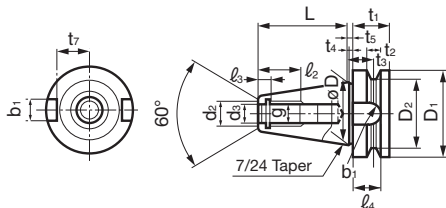
หมายเหตุ 1. เทเปอร์วัดโดยใช้ริงเกจมาตรฐาน JIS B 3301 ต้องมีอัตราสัมผัสอย่างน้อย 75%

2. ใช้สกรูหน่วยเมตริกแบบเกลียวทาบตามมาตรฐาน JIS B 0205 และความเที่ยงตรงระดับ 3 ตามมาตรฐาน JIS B 0209

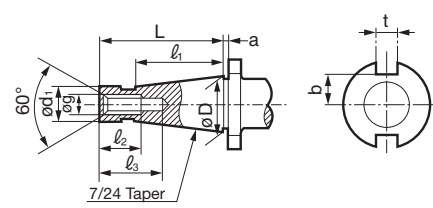
● Bottle Grip Taper

● American Standard Taper (National Taper)

รูป 3



รูป 4



● Bottle Grip Taper

หน่วย: มม.

Taper No.	D (ขนาดมาตรฐาน)	D ₁	D ₂	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	d ₂	d ₃	L	l ₂	l ₃	l ₄	g	b ₁	t ₇	รูป
BT30	31.75	46	38	20	8	13.6	2	2	14	12.5	48.4	24	7	17	M12	16.1	16.3	3
BT35	38.10	53	43	22	10	14.6	2	2	14	12.5	56.4	24	7	20	M12	16.1	19.6	
BT40	44.45	63	53	25	10	16.6	2	2	19	17	65.4	30	8	21	M16	16.1	22.6	
BT45	57.15	85	73	30	12	21.2	3	3	23	21	82.8	36	9	26	M20	19.3	29.1	
BT50	69.85	100	85	35	15	23.2	3	3	27	25	101.8	45	11	31	M24	25.7	35.4	
BT60	107.95	155	135	45	20	28.2	3	3	33	31	161.8	56	12	34	M30	25.7	60.1	

● American Standard Taper (National Taper)

หน่วย: มม.

Taper No.	ขนาดมาตรฐาน	D	d ₁	L	l ₁ (ต่ำสุด)	l ₂ (ต่ำสุด)	l ₃ (ต่ำสุด)	g	a	t	b	รูป
30	1 $\frac{1}{4}$ "	31.750	17.4	68.4	48.4	24	34	1 $\frac{1}{2}$ "	1.6	15.9	16	4
40	1 $\frac{3}{4}$ "	44.450	25.3	93.4	65.4	32	43	5 $\frac{5}{8}$ "	1.6	15.9	22.5	
50	2 $\frac{3}{4}$ "	69.850	39.6	126.8	101.8	47	62	1"	3.2	25.4	35	
60	4 $\frac{1}{4}$ "	107.950	60.2	206.8	161.8	59	76	1 $\frac{1}{4}$ "	3.2	25.4	60	

ข้อมูลอ้างอิง

■ ความเรียบผิว

● ประเภทและค่าจำกัดความของความเรียบผิว

รุ่น	สัญลักษณ์	วิธีการคำนวณ	รูปแสดงลักษณะ
R สูงสุด	⁽¹⁾ Rz	หาค่านี้โดยการแยกความยาวอ้างอิงในทิศทางของเส้นกึ่งกลางจากเส้นโค้งความเรียบผิวออกมา วัดระยะห่างระหว่างยอดและหลุมในช่วงที่แยกออกมาในทิศทางของการขยายตามยาวของเส้นโค้งความเรียบผิว และแสดงค่านี้ในหน่วยไมโครเมตร (μm) หมายเหตุ: เมื่อหาค่า Rz ช่วงใดที่ถือว่าเป็นรอยขีดข่วนจะถูกปล่อยออกก่อนการแยกความยาวอ้างอิงจากช่วงที่ไม่มียอดและหลุม	
ความเรียบผิวที่คำนวณได้	Ra	หาค่านี้โดยการแยกความยาวอ้างอิงในทิศทางของเส้นกึ่งกลางจากเส้นโค้งความเรียบผิวออกมา ให้ทิศทางเส้นเฉลี่ยของช่วงที่แยกออกมาเป็นแกน X และทิศทางการขยายตามยาวเป็นแกน Y และแสดงค่าที่หาได้ตามสมการในหน่วยไมโครเมตร (μm) โดยให้แสดงเส้นโค้งความเรียบผิวด้วย y=f(x)	
ความเรียบผิวเฉลี่ย 10 จุด	⁽²⁾ Rz JIS	หาค่านี้โดยการแยกความยาวอ้างอิงในทิศทางของเส้นกึ่งกลางจากเส้นโค้งความเรียบผิวออกมา หาผลรวมของค่าเฉลี่ยความสูงยอดจากยอดที่สูงที่สุด 5 ยอด (Yp) และค่าเฉลี่ยความสูงหลุมจากหลุมที่ต่ำที่สุด 5 หลุม (Yv) ที่วัดในทิศทางการขยายตามยาวในช่วงที่แยกออกมา และแสดงค่านี้ในหน่วยไมโครเมตร (μm)	

ค่าที่กำหนดสำหรับประเภทของความสูงสูงสุดด้านบน (Rz)⁽¹⁾, ความเรียบผิวเฉลี่ย 10 จุด (Rz JIS⁽²⁾), การแบ่งประเภทความเรียบผิวเฉลี่ยที่คำนวณได้ (Ra) และความยาวอ้างอิง l แสดงในตารางด้านขวาด้วยสัญลักษณ์สามเหลี่ยม

⁽¹⁾ ความสูงสูงสุด (Rz) คำนวณตามมาตรฐานใหม่ JIS B 0601:2001 (ค่านี้คือ Ry ในมาตรฐานเก่า)

⁽²⁾ ความเรียบผิวเฉลี่ย 10 จุด (Rz JIS) คำนวณตามมาตรฐานใหม่ JIS B 0601:2001 (ค่านี้คือ Rz ในมาตรฐานเก่า)

● ความสัมพันธ์กับการแสดงสัญลักษณ์สามเหลี่ยม

ค่าที่กำหนดสำหรับความสูงสูงสุด ⁽¹⁾ (Rz)	ค่าที่กำหนดสำหรับความเรียบผิวเฉลี่ยที่คำนวณได้ ⁽²⁾ (Ra)	ค่าที่กำหนดสำหรับความเรียบผิวเฉลี่ย 10 จุด ⁽²⁾ (Rz JIS)	ค่าความยาว l อ้างอิงมาตรฐาน (มม.)	สัญลักษณ์สามเหลี่ยม *
(0.05) 0.1 0.2 0.4	(0.012) 0.025 0.05 0.10	(0.05) 0.1 0.2 0.4	0.25	
0.8	0.20	0.8		
1.6 3.2 6.3	0.40 0.80 1.6	1.6 3.2 6.3	0.8	
12.5 (18) 25	3.2 6.3	12.5 (18) 25	2.5	
(35) 50 (70) 100	12.5 25	(35) 50 (70) 100	8	
(140) 200 (280) 400 (560)	(50) (100)	(140) 200 (280) 400 (560)	—	—

หมายเหตุ: ค่าที่กำหนดใน () จะใช้เฉพาะกรณีพิเศษเท่านั้น

* สัญลักษณ์การเก็บผิว (สัญลักษณ์สามเหลี่ยม ▽) และตัวทวน (~) ได้ถูกปล่อยจากมาตรฐาน JIS ในการแก้ไขปี 1994