The cover features a large, detailed photograph of various cutting tools, including end mills, drills, and inserts, arranged on a dark surface with blue lighting. This image is partially obscured by a large, light blue geometric pattern of triangles in the bottom half. Scattered throughout the white background are several light blue line-art icons representing different types of cutting tools: a large gear-like circular tool, a square insert, a drill bit, a triangular insert, a cylindrical tool, a long thin tool, a double-flute drill bit, a square insert, a long thin tool with a cutting edge, and another square insert.

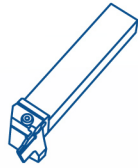
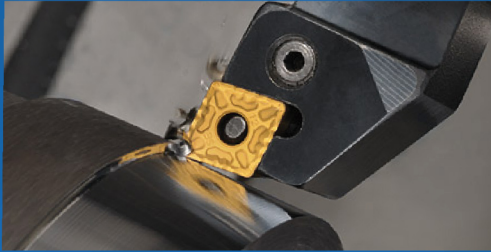
Technical Guidance for **Cutting Tools**



SUMITOMO

CARBIDE - CBN - DIAMOND

Technical Guidance for **Cutting Tools**



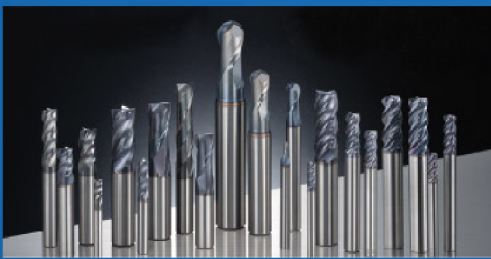
งานกลึง

N 10



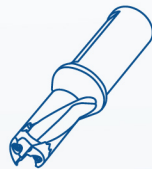
งานกัด

N 15



งานเอ็นมิลด์

N 19



งานเจาะ

N 22



ข้อมูลเกี่ยวกับ
SUMIBORON

N 27

**INDUSTRIAL
STANDARDS**

N 31

การคำนวณอัตราเร็วตัด

(1) การคำนวณความเร็วรอบ จากอัตราเร็วตัด

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

n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)
 v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
 D_m : ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางชิ้นงาน (มม.)
 π : ≈ 3.14

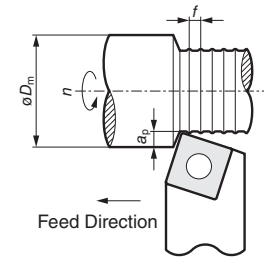
(ตัวอย่าง) $v_c=150$ ม./นาที, $D_m=100$ มม.

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

(2) การคำนวณอัตราเร็วตัด จากความเร็วรอบ

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

อ้างอิงตามตารางด้านบน



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

การคำนวณหากำลัง

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

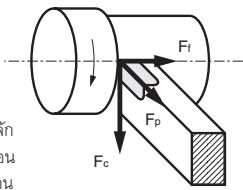
$$H = \frac{P_c}{0.75}$$

P_c : กำลังที่ต้องการ (KW)
 v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
 f : อัตราป้อน (มม./รอบ)
 a_p : ความลึกตัด (มม.)
 k_c : แรงตัดจำเพาะ (MPa)
 H : แรงม้าที่ต้องการ (HP)
 η : ประสิทธิภาพเครื่องจักร (0.70 ~ 0.85)

ค่าแรงตัดจำเพาะ k_c

- อลูมิเนียม : 800MPa
- เหล็กทั่วไป : 2,500 ~ 3,000MPa
- เหล็กหล่อ : 1,500MPa

แรงตัด



- F_c : แรงหลัก
- F_t : แรงป้อน
- F_p : แรงด้าน

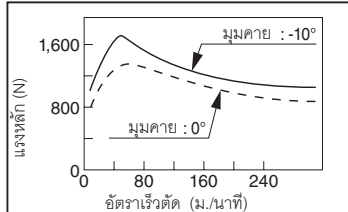
การคำนวณแรงตัด

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

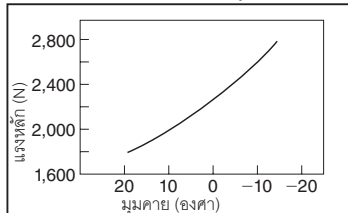
$$= \frac{k_c \times a_p \times f}{1,000}$$

P : แรงตัด (kN)
 k_c : แรงตัดจำเพาะ (MPa)
 q : พื้นที่เศษเหล็ก (มม.²)
 a_p : ความลึก (มม.)
 f : อัตราการป้อน (มม./รอบ)

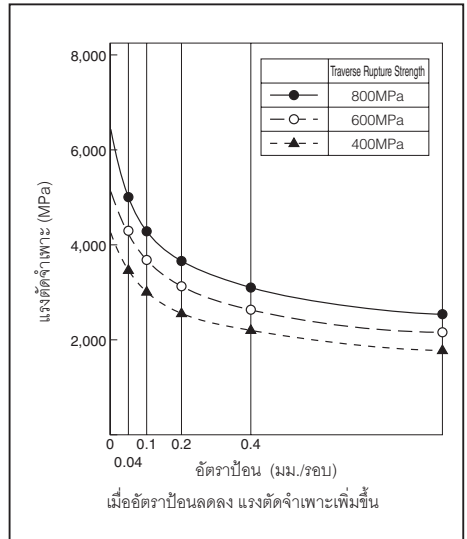
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วตัดและแรงตัด



ความสัมพันธ์ระหว่างมุมคายและแรงตัด



ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อนและแรงตัดจำเพาะ (สำหรับเหล็กเหนียวคาร์บอน)

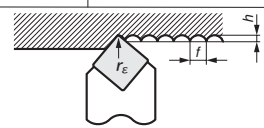


ความเรียบผิว

ทฤษฎีความเรียบผิว

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

h : ความเรียบผิว (μm)
 f : อัตราป้อน (มม./รอบ)
 r_e : รัศมีมุมมีด (มม.)



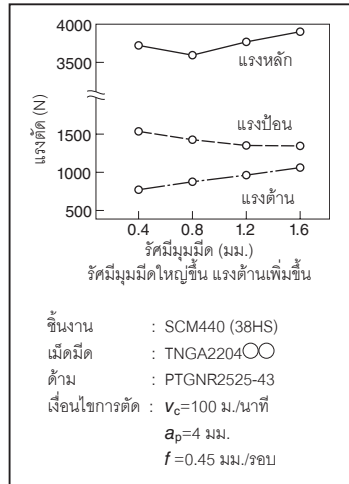
ความเรียบผิวจริง

- เหล็กเหนียว : ความเรียบผิวทฤษฎี $\times 1.5 \sim 3$
- เหล็กหล่อ : ความเรียบผิวทฤษฎี $\times 3 \sim 5$

แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพผิว

- 1 ใช้มุมมีดรัศมีใหญ่ขึ้น
- 2 ใช้อัตราเร็วตัด และอัตราป้อนที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิด การพอกตัวที่คมมีด
- 3 เลือกเกรดให้ถูกต้อง
- 4 ใช้เม็ดมีด Wiper

ความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีเม็ดมีด และแรงตัด



รูปแบบของความเสียหาย

	ชนิด	อันดับ	ความเสียหาย	สาเหตุของความเสียหาย
	ผลจากทางกล	(1) ~ (5)	การสึกหรอด้านข้าง	เกิดจากการเสียดสีของอนุภาคที่แข็งของชิ้นงาน
		(6)	การแตกบิ่น	การแตกบิ่นเล็กน้อยจากแรงกระทำหรือจากการสะท้อน
		(7)	การเสียรูป	เกิดจากการกระแทกด้วยแรงที่มีขนาดมากกว่ากระทำที่คมตัด
ผลจากปฏิกิริยาเคมี	(8)	หลุมด้านบน	เกิดจากเศษโลหะไหลไปด้านบนของเครื่องมือตัดจนกระทั่งเป็นหลุมที่อุณหภูมิสูง	
	(9)	การหลอมละลาย	คมตัดเกิดการเปลี่ยนรูปร่างเนื่องจากการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง	
	(10)	แตกร้าวจากอุณหภูมิ	การแตกจากวัฏจักรอุณหภูมิร้อน-เย็น สลับกันไป-มา อย่างรวดเร็ว	
	(11)	การพอกตัวที่คมตัด	วัสดุชิ้นงานเกิดการหลอมละลายไปพอกตัวอยู่บนคมตัด	

การสึกหรอ

รูปแบบการสึกหรอ

การควบคุมเศษไม่ตัด คมตัดแตก

เกิดรอย BURR

สึกหรอเป็นหลุมด้านบน KT

สึกหรอด้านข้าง VN₁

สึกหรอด้านหน้า VN₂

สึกหรอด้านหน้า V_B

การสึกหรอตรงขอบ V_c

ความเที่ยงตรงไม่ตัด เกิดรอย BURR

แรงตัดสูงขึ้น

สึกหรอด้านข้าง	สึกหรอเป็นหลุม
<p>ขนาดรอยสึก V_B (ม.ม.)</p> <p>เวลาตัด T (นาที)</p>	<p>ขนาดรอยหลุม KT (ม.ม.)</p> <p>เวลาตัด T (นาที)</p>
<ul style="list-style-type: none"> เกิดการสึกหรอเบื้องต้นขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะคงที่จนกระทั่งถึงระยะหนึ่งจากนั้น จะเกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้งหนึ่ง 	<ul style="list-style-type: none"> การสึกหรอเป็นหลุมจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น ไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด

อายุการใช้งาน (กราฟ V-T)

· การวัดความสัมพันธ์ระหว่างอายุการใช้งานเครื่องมือกับขนาดรอยสึกหรอตามช่วงของอัตราเร็วตัด จากนั้นเขียนกราฟอายุบนแกน X และอัตราเร็วตัดบนแกน Y บนกราฟ double logarithm graph

	สึกหรอด้านข้าง	สึกหรอเป็นหลุม
การสึกหรอ	<p>ความกว้างของรอยสึก (ม.ม.)</p> <p>เวลาตัด (นาที)</p>	<p>ความลึกหลุม (ม.ม.)</p> <p>เวลาตัด (นาที)</p>
อายุการใช้งาน	<p>อัตราเร็วตัด (ม.ม./นาที)</p> <p>อายุการใช้งาน (นาที)</p>	<p>อัตราเร็วตัด (ม.ม./นาที)</p> <p>อายุการใช้งาน (นาที)</p>

■ การแก้ไขปัญหาสำหรับงานกลึง

ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไข
<p>การสึกหรอด้านข้าง</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรตมีดด้านทานการสึกหรอไม่ดีพอ • อัตราเร็วตัดสูงเกินไป • อัตราป้อนต่ำมากเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่มีความต้านทานการสึกหรอสูง P30→P20→P10 K20→K10→K01 • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมคายใหญ่ขึ้น • ลดอัตราเร็วตัด • เพิ่มอัตราป้อน
<p>การสึกหรอเป็นหลุม</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรตมีดด้านทานการสึกหรอเป็นหลุมไม่ดีพอ • มุมคายเล็กเกินไป • อัตราเร็วตัดสูงเกินไป • อัตราป้อนและความลึกกินงานมากเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่มีความต้านทานการสึกหรอเป็นหลุมสูง • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมคายใหญ่ขึ้น • เลือกใช้ร่องหักเศษที่เหมาะสม • ลดอัตราเร็วตัด • ลดอัตราป้อนและความลึกกินงานให้น้อยลง
<p>การแตกบิ่น</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรตมีดมีความเหนียวน้อยเกินไป • คมตัดที่เนื่องจากการพอกของเศษ • คมตัดไม่แข็งแรงพอ • อัตราป้อนและความลึกกินงานมากเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่มีความเหนียวสูง P10→P20→P30 K01→K10→K20 • เพิ่มขนาด Honing ที่คมตัด • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมคายเล็กลง • ลดอัตราป้อนและความลึกกินงานให้น้อยลง
<p>การแตกหัก</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรตมีดมีความเหนียวน้อยเกินไป • คมตัดไม่แข็งแรงพอ • ความแข็งแรงของด้ามจับไม่ดีพอ • อัตราการป้อนสูงมากเกินไป ความลึกกินงานมากเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่มีความเหนียวมากขึ้น P10→P20→P30 K01→K10→K20 • เลือกใช้ร่องหักเศษที่คมตัดมีความแข็งแรงสูง • เลือกด้ามจับที่มีมุม Approach ใหญ่ขึ้น • เลือกด้ามจับที่ขนาดใหญ่ขึ้น • ลดอัตราป้อนและความลึกกินงานให้น้อยลง
<p>การพอกตัวที่คมตัด</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกใช้เกรตที่ไม่เหมาะสม • การตัดที่ไม่ดี • อัตราเร็วตัดต่ำเกินไป • อัตราป้อนต่ำเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่วัสดุชิ้นงานเกาะติดได้ยาก จำพวกเกรตเคลือบผิว / เซอร์เมท • เลือกเกรตที่มีการเคลือบผิวเรียบมากขึ้น • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมคายใหญ่ขึ้น • ลดขนาด Honing • เพิ่มอัตราเร็วตัด • เพิ่มอัตราป้อน
<p>การหลอมตัว</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรตมีดด้านทานความร้อนไม่ดีพอ • อัตราเร็วตัดสูงเกินไป • อัตราการป้อนสูงมากเกินไป ความลึกกินงานมากเกินไป • สารหล่อเย็นน้อยเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่มีความต้านทานความร้อนมากขึ้น • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมคายใหญ่ขึ้น • ลดอัตราเร็วตัด • ลดอัตราป้อนและความลึกกินงานให้น้อยลง • ใช้สารหล่อเย็นในปริมาณที่เหมาะสม
<p>การสึกหรอเป็นรอยบาก</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรตมีดด้านทานการสึกหรอไม่ดีพอ • มุมคายเล็กเกินไป • อัตราเร็วตัดสูงเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เลือกเกรตที่มีความต้านทานการสึกหรอมากขึ้น P30→P20→P10 K20→K10→K01 • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมคายใหญ่ขึ้น • ปรับระยะลึกกินงานเพื่อเปลี่ยนตำแหน่งขอบ

ชนิดของการเกิดเศษ

	แบบมัน	แบบเงื่อน	แบบฉีก	แบบแตกหัก
รูปร่าง				
เงื่อนไข	เศษไหลต่อเนื่อง คุณภาพผิวงานดี	เศษถูกเข็นออกและ แยกออกที่มุมเงื่อน	เศษถูกทำให้ฉีกขาด จากผิวชิ้นงาน	เศษแตกก่อนที่เกิด การตัด
การใช้งาน	เหล็กเหนียว สแตนเลสตีล	เหล็กเหนียว สแตนเลส (อัตราเร็วตัดต่ำ)	เหล็กเหนียว, เหล็กหล่อ (ด้วยอัตราเร็วตัด, อัตราป้อนต่ำมาก)	เหล็กหล่อ, คาร์บอน
ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	ง่าย ← ชิ้นงานเปลี่ยนรูปร่าง → ยาก ใหญ่ ← มุมคาย → เล็ก เล็ก ← ความลึกตัด → ใหญ่ เร็ว ← อัตราเร็วตัด → ช้า			

ชนิดของการควบคุม

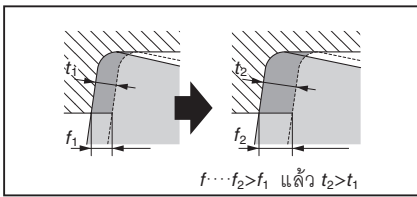
ชนิดของ พิเศษ	ความ ลึกตัด	A	B	C	D	E
	มาก					
น้อย						
เครื่องจักร	เครื่องกลึง NC	×	×	○	○	△
	เครื่องกลึงทั่วไป	×	○	○	○~△	×

การควบคุมเศษดี : ชนิด C, D

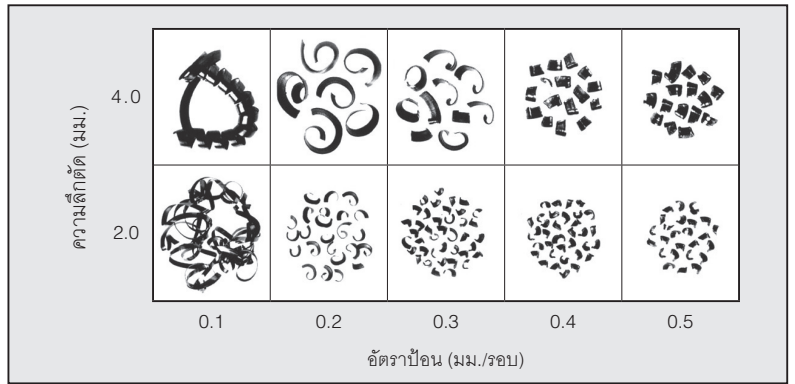
การควบคุมเศษไม่ดี { ชนิด A : เศษพันรอบมีดหรือชิ้นงาน ทำให้ผิวชิ้นงานเสีย และไม่ปลอดภัย
 ชนิด B : อาจเกิดปัญหาในระบบลำเลียงเศษ และเกิดการแตกมันได้ง่าย
 ชนิด E : เศษจะแตกกระจาย ผิวชิ้นงานไม่ดีเนื่องจากเกิดสะเก็ดมัน, แตกมัน
 ให้แรงตึงสูง และเกิดอุณหภูมิสูง

ปัจจัยของการปรับปรุงเศษ

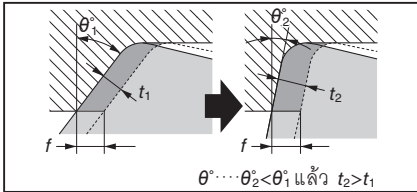
(1) เพิ่มอัตราป้อน (f)



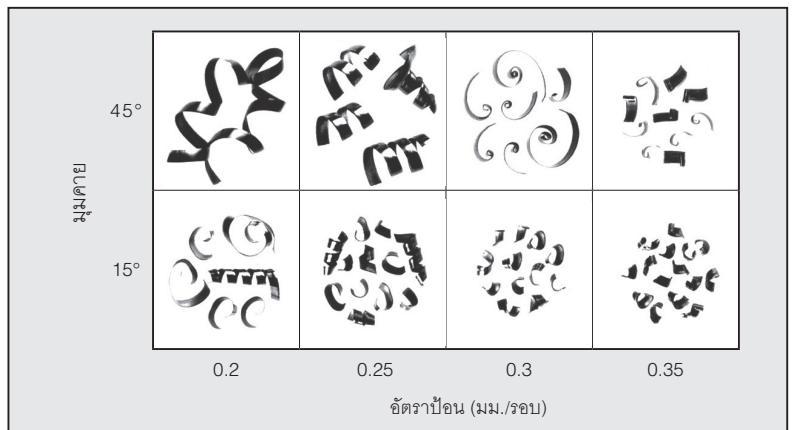
เมื่ออัตราป้อนเพิ่มขึ้น เศษจะหนาขึ้น และหักได้ง่าย



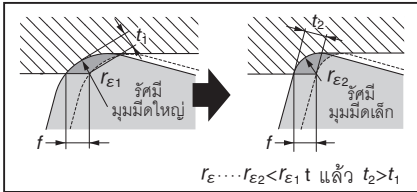
(2) ลดมุมคาย (θ)



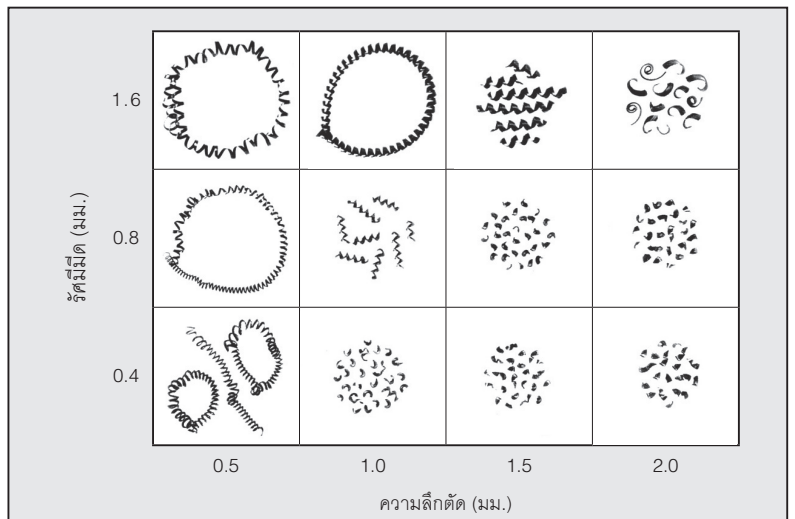
ที่อัตราป้อนเท่ากัน เมื่อมุมคายเล็กลง ทำให้เศษหนาขึ้น และหักได้ง่าย



(3) ลดขนาดรัศมีมีด (r_e)

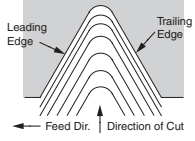
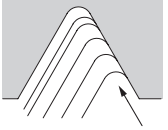

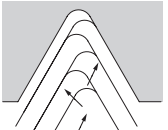


ที่อัตราป้อนเท่ากัน รัศมีมีดขนาดเล็ก ทำให้เศษหนาขึ้น และหักได้ง่าย



* แรงตัดเพิ่มขึ้นตามความกว้างของหน้าสัมผัส ดังนั้นเมื่อรัศมีมีดขนาดใหญ่ แรงตัดและแรงต้าน จะเพิ่มขึ้น อาจเกิดการสะท้านได้ อย่างไรก็ตาม ที่อัตราป้อนเดียวกัน รัศมีมีดขนาดเล็ก ทำให้คุณภาพผิวไม่ดี

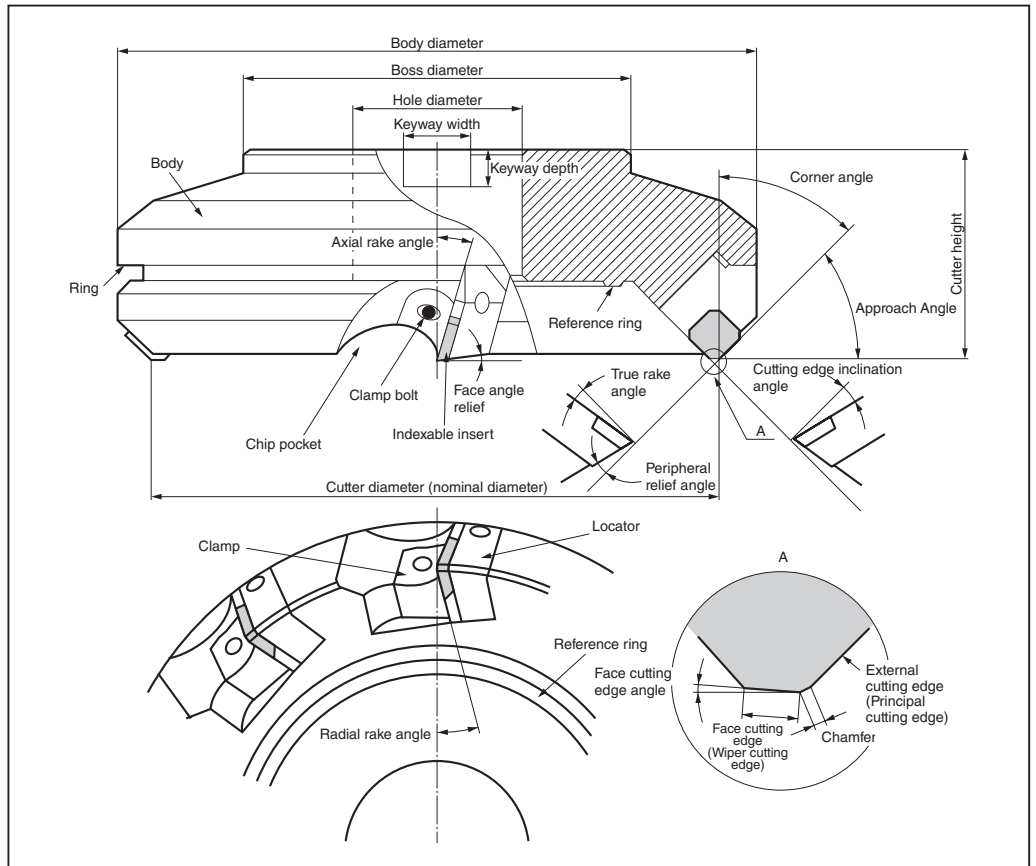
■ งานกลึงเกลียว

วิธีกลึงเกลียว	ลักษณะพิเศษ
Radial Infeed 	<ul style="list-style-type: none"> เป็นเทคนิคที่นิยมใช้กับเกลียวที่มีขนาด Pitch เล็ก สามารถเปลี่ยนเงื่อนไขการตัดง่าย เช่น ความลึกตัด การสึกหรอของคมตัดจะเท่ากันทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ซึ่งทำให้เกิดหน้าสัมผัสที่กว้างและมีโอกาสเกิดการสะท้อน ควบคุมเศษได้ยาก ความเสียหายบริเวณคมตัดจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว
Flank Infeed 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ได้กับเกลียวที่มีขนาด Pitch ใหญ่ เศษเกิดขึ้นด้านเดียวทำให้ควบคุมได้ง่าย เกิดรอยสึกหรอขนาดใหญ่ทางด้านขวา
Corrected Flank Infeed 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ได้กับเกลียวที่มีขนาด Pitch ใหญ่ เศษเกิดขึ้นด้านเดียวทำให้ควบคุมได้ง่าย ลดขนาดรอยสึกหรอทางด้านขวา
Alternating Flank Infeed 	<ul style="list-style-type: none"> ใช้ได้กับเกลียวที่มีขนาด Pitch ใหญ่ รอยสึกหรอเกิดขึ้นทั้งด้านขวาและด้านซ้ายของคมตัด มีโอกาสเกิดเศษเป็นก้อนตัดจากการไหลของเศษทั้งด้านซ้ายและขวา

■ การแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาในงานกลึงเกลียว

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ไขปัญหา
ปัญหาที่เกิดขึ้นในคมตัด	กรณีที่มีการสึกหรอปลายคมตัดมากเกินไปปกติ	<ul style="list-style-type: none"> วัสดุของเครื่องมือ เลือกเกรดที่มีความทนทานต่อการสึกหรอมากขึ้น เงื่อนไขการตัด ลดความลึกตัดลง ใช้สารหล่อเย็น เปลี่ยนจำนวนรอบในการกลึง
	เกิดการสึกหรอที่ไม่คงที่ (เกิดการสึกซ้ายบ้างขวาบ้าง)	<ul style="list-style-type: none"> ลักษณะการใส่เม็ดมีด ตรวจสอบมุมมองศาความลาดเอียงของคมตัดให้มีความเหมาะสมโดยการจับยึดมุมสกรู ให้ตรวจสอบการจับยึดเม็ดมีดตัด
	การแตกบิ่น	<ul style="list-style-type: none"> เงื่อนไขการตัด ถ้าหากเกิดการพอกติดปลายคมตัดให้เพิ่มความเร็วตัด
	เกิดการแตกหัก	<ul style="list-style-type: none"> การใส่เม็ดมีด ให้ฉีดน้ำหล่อเย็นไปยังบริเวณคมตัดในปริมาณเพียงพอ
		<ul style="list-style-type: none"> เงื่อนไขการตัด ให้เพิ่มจำนวนรอบในการกลึงงานในขณะที่ลดความลึกตัดต่อการกลึงงานหนึ่งรอบ ให้ใช้เครื่องมือตัดแยกกันระหว่างกระบวนการกลึงหยาบและกลึงเก็บผิว
รูปร่างและความแม่นยำ	ผิวงานไม่ดี	<ul style="list-style-type: none"> เงื่อนไขการตัด ถ้าเกิดรอยในขณะที่ใช้ความเร็วรอบต่ำ ให้เพิ่มความเร็วดัดขึ้น ถ้าเกิดการสะท้อน ให้ลดความเร็วดัดลง ถ้าความลึกตัดในรอบสุดท้ายน้อยไป ให้เพิ่มความลึกตัดมากขึ้น
		<ul style="list-style-type: none"> วัสดุของเครื่องมือ เลือกเกรดที่มีความทนทานต่อการสึกหรอ
		<ul style="list-style-type: none"> ใส่เม็ดมีดในองศาที่ไม่ถูกต้อง ให้ทำการเลือกแผ่นรองให้สอดคล้องกับองศาหลบของเม็ดมีด
	รูปทรงเกลียวไม่เหมาะสม	<ul style="list-style-type: none"> ลักษณะการใส่เม็ดมีด ให้ตรวจสอบการจับยึดเม็ดมีดตัด
	ความลึกกัดมีความตื้น	<ul style="list-style-type: none"> ความลึกตัดขนาดเล็ก ตรวจสอบความลึกตัด เครื่องมือมีความลึก ตรวจสอบความเสียหายของมุมคมตัด

■ ชิ้นส่วนของหัวปาด



■ สูตรการคำนวณของงานกัด

● การคำนวณหาอัตราเร็วตัด

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

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

● การคำนวณหาอัตราป้อน

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

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

v_c : อัตราการเร็วตัด (ม./นาที)

π : ≈ 3.14

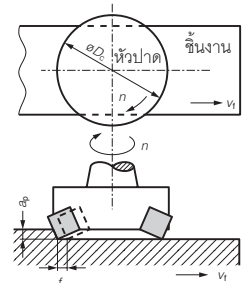
D_c : ขนาดหัวปาด (มม.)

n : ความเร็วรอบ (นาที⁻¹)

v_f : อัตราการป้อนต่อหน้าที (มม./นาที)

f_z : อัตราการป้อนต่อฟัน (มม./ฟัน)

z : จำนวนฟัน



■ การคำนวณหากำลัง

● กำลังเครื่อง

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

P_c : กำลังเครื่องจักร (kw)

H : แรงม้า (HP)

Q : อัตราการระบายเศษ (ซม.³/นาที)

a_e : ความกว้างของการตัด (มม.)

v_f : อัตราการป้อน (มม./นาที)

a_p : ความลึกการตัด (มม.)

k_c : แรงตัดจำเพาะ (MPa)

ค่าประมาณ เหล็กเหนียว : 2500 ~ 3000MPa

เหล็กหล่อ : 1500MPa

อลูมิเนียม : 800MPa

η : ประสิทธิภาพเครื่องจักร (ประมาณ 0.75)

● แรงม้า

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

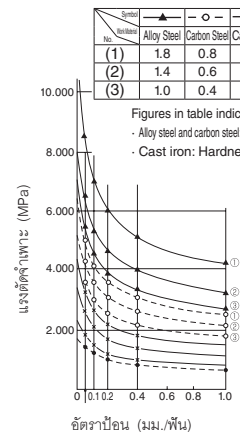
● จำนวนระบายเศษ

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

● ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราป้อน, วัสดุ, ชิ้นงาน, แรงตัด

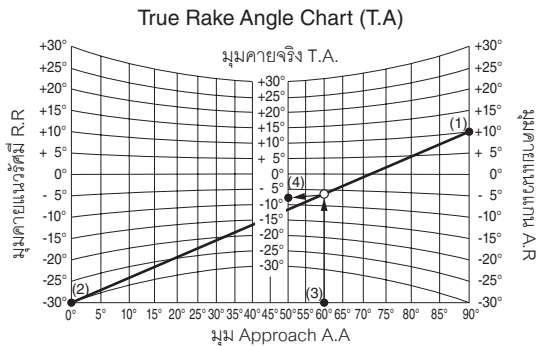
System No.	Material		
	Alloy Steel	Carbon Steel	Cast Iron
(1)	1.8	0.8	200
(2)	1.4	0.6	160
(3)	1.0	0.4	120

Figures in table indicate these characteristics.
 - Alloy steel and carbon steel: Traverse rupture strength σ_B (GPa)
 - Cast iron: Hardness HB



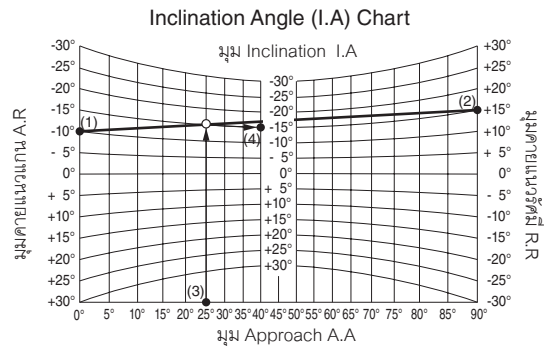
■ หน้าทีของมุมต่างๆ

	รุ่น	สัญลักษณ์	หน้าที่	ผลกระทบ
(1) (2)	มุมคายแนวแกน มุมคายแนวรัศมี	A.R. R.R.	กำหนดทิศทางการไหลเศษ, การพอกหน้าคมตัด, แรงตัด	Available in positive to negative (large to small) rake angles; Typical combinations: Positive and Negative, Positive and Positive, Negative and Negative
(3)	มุม Approach	A.A.		
(4)	มุมคายจริง	T.A.	มุมคาย	บวก (ใหญ่) : ตัดเฉือนได้ดี เศษยึดเกาะต่ำ คมตัดมีความแข็งแรงต่ำ ลบ (เล็ก) : คมตัดแข็งแรง และเศษเกิดการยึดเกาะง่าย
(5)	มุมคมตัด Indination	I.A.	กำหนดทิศทางการไหลของเศษ	บวก (ใหญ่) : เศษควบคุมได้ง่ายและแรงตัดต่ำ ความแข็งแรงคมตัดต่ำ
(6)	มุม Face cutting edge	F.A.	กำหนดความเรียบผิว	เล็ก : ความเรียบผิวดี
(7)	มุมหลบ		กำหนดความแข็งแรงคมตัด, อายุ, การสะท้อน	



(Ex.) (1) A.R (Axial rake angle) = +10°
 (2) R.R (Radial rake angle) = -30° } → T.A. (True rake angle) = -8° (4)
 (3) A.A (Approach angle) = 60°

<สูตร> $\tan T.A = \tan R.R \cdot \cos A.A + \tan A.R \cdot \sin A.A$



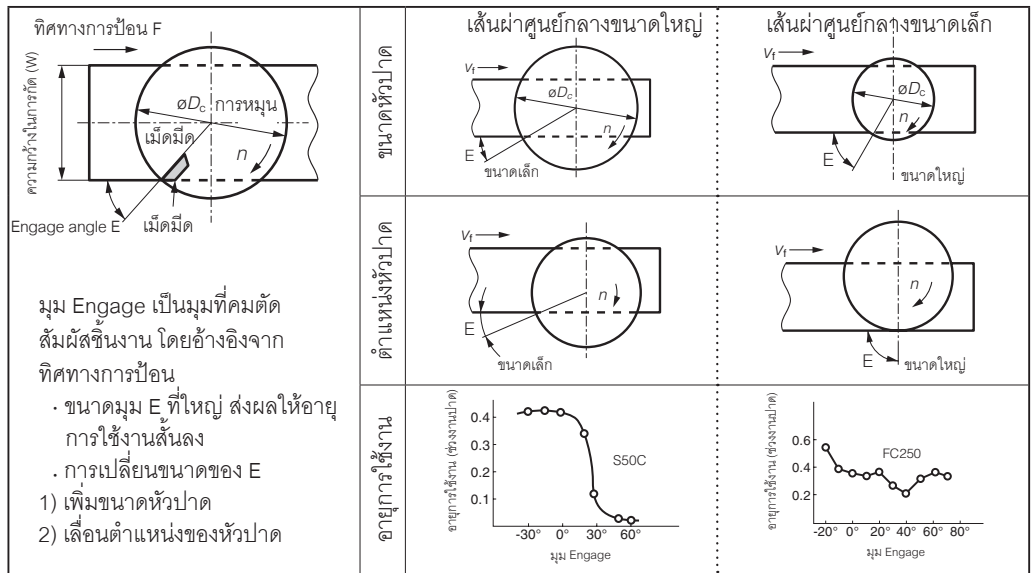
(Ex.) (1) A.R (Axial rake angle) = -10°
 (2) R.R (Radial rake angle) = +15° } → I (Inclination angle) = -15° (4)
 (3) A.A (Approach angle) = 25°

<สูตร> $\tan I.R = \tan A.R \cdot \cos A.A - \tan R.R \cdot \sin A.A$

■ การผสมผสานกันของมุมคาย

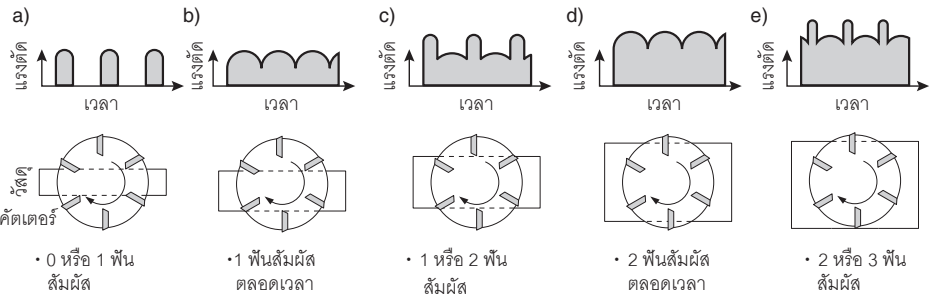
	ชนิด ลบ - บวก	ชนิด บวก - บวก	ชนิด ลบ - ลบ
การผสมผสานของมุมและการไหลของเศษ	A.A (30° to 45°) 	A.A (15° to 30°) 	A.A (15° to 30°)
ข้อดี	การไหลของเศษดี และเกิดการตัดที่ดี การตัดที่ดี	การตัดที่ดี	ใช้เม็ดมีดได้สองด้านและคมตัดแข็งแรงสูง
ข้อเสีย	ใช้เม็ดมีดได้เพียงด้านเดียว	ความแข็งแรงของคมตัดต่ำ และใช้เม็ดมีดได้เพียงด้านเดียว	การตัดที่ไม่ดี
การใช้งาน	สำหรับเหล็กเหนียว, เหล็กหล่อ, สแตนเลสสตีล, โลหะผสม	สำหรับงานปาดทั่วไป เหล็กเหนียว สำหรับชิ้นงานที่มีความแข็งแรงต่ำ	สำหรับงานปาดละเอียด เหล็กหล่อ และ เหล็กเหนียว
รุ่น	รุ่น WGC, รุ่น UFO	รุ่น DPG	รุ่น DNX, รุ่น DGC, รุ่น DNF
ตัวอย่างเศษ			
ตัวอย่างเศษ	<ul style="list-style-type: none"> Work : SCM435 $v_c = 130$ ม./นาที $f_z = 0.23$ มม./ฟัน $a_p = 3$ มม. 		

มุมต่างความสัมพันธ์ระหว่างมุม Engage และอายุการใช้งาน



ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนฟัน simultaneously engage และแรงตัด

ปกติช่วงกว้างระยะตัดที่เหมาะสมคือ 70-80% ของเส้นผ่านศูนย์กลาง Cutter ลักษณะตาม (2) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังเครื่องจักร ตลอดจนความแข็งแรงของเครื่องจักรและชิ้นงาน

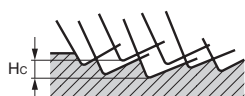


การปรับปรุงความเรียบผิว

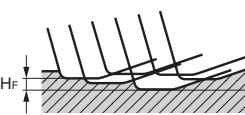
- เม็ดมีดที่มี Wiper Flat**
เมื่อคมตัดมี Wiper Flat จะทำหน้าที่ยื่นออกมาเป็น Wiper insert
• เม็ดมีดมี Wiper Flat ตรง (มุม Face ประมาณ : 15°-1° องศา)
• เม็ดมีดมี Wiper Flat โค้ง (เช่น R 500)

- ระบบที่มี Wiper Insert**
ระบบที่มีฟันของเม็ดมีด Wiper 1 ถึง 2 ฟันยื่นออกมาจากรัศมีโค้งที่ยื่นเกินฟันอื่นๆ ออกแบบจะปาดผิวให้เรียบ (เช่น รุ่น WGC, RF)

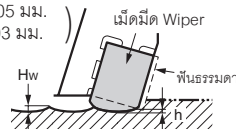
● ความเรียบผิวไม่มี Wiper Flat



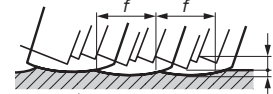
● ความเรียบผิวด้วย Wiper Flat



h : ภาพฉายของเม็ดมีด Wiper (Fc : 0.05 มม. Al : 0.03 มม.)

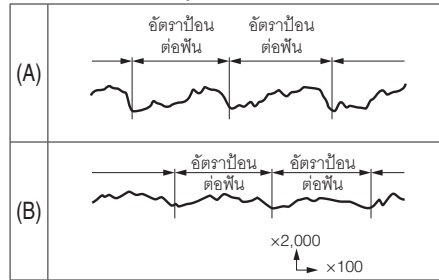


f : อัตราป้อนต่อรอบ (มม./รอบ)



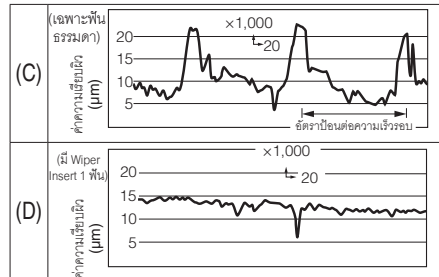
Hc : ความเรียบผิวจากฟันธรรมดา
Hw : ความเรียบผิวจากเม็ดมีด Wiper

● ผลกระทบของมุม Face กับความเรียบผิว

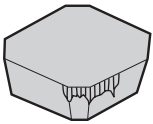
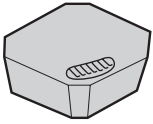
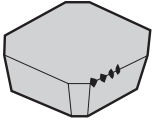
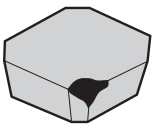


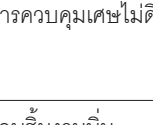




- ชิ้นงาน : SCM435
- คัดเตอร์ : DPG5160R (เม็ดเดี่ยว)
- $v_c = 154$ ม./นาที
- $f_z = 0.234$ มม./ฟัน
- $a_p = 2$ มม.
- Face angle (A): 28° (B): 6°

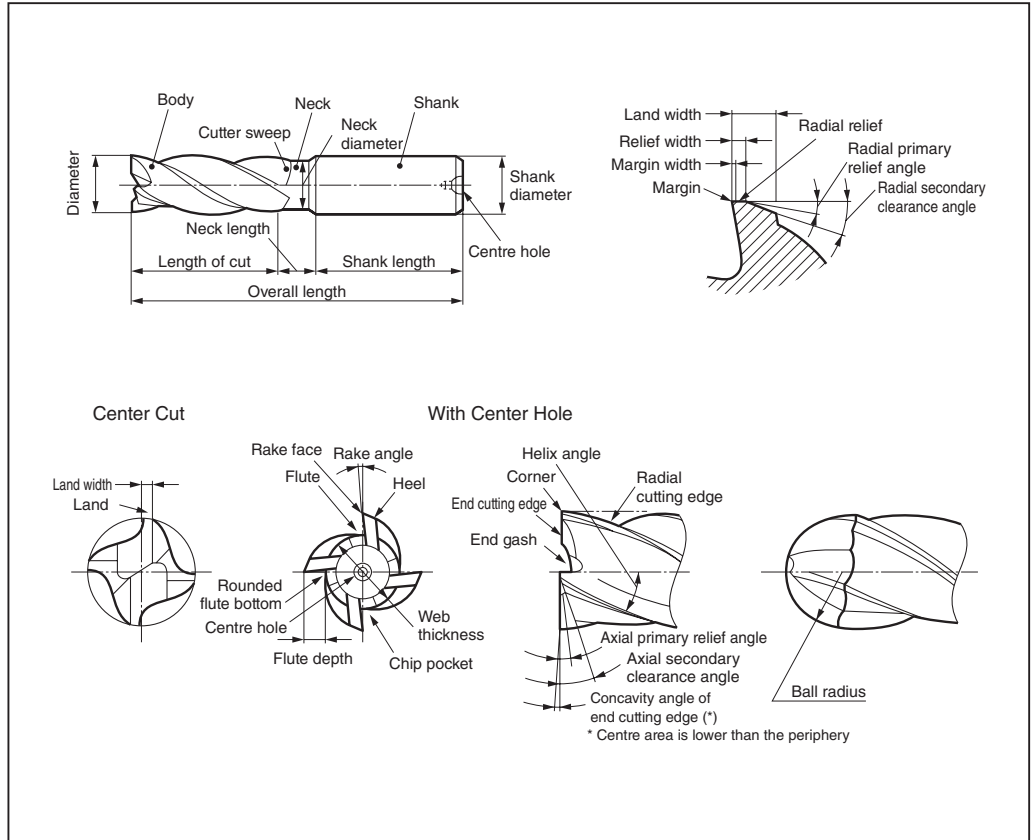
● ผลจากการใช้เม็ดมีด Wiper (ตัวอย่าง)



การแก้ไขปัญหาสำหรับงานปาด

ความเสียหาย		การแก้ไขเบื้องต้น		ตัวอย่างการแก้ไข																	
ความเสียหายคมตัด	สึกหรอด้านข้าง 	วัสดุ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> เลือกเกรดที่ต้านทานการสึกหรอมากขึ้น คาร์ไบด์ (P30→P20) { เซอร์เมท (K20→K10) { เคลือบผิว ลดอัตราเร็วตัด, เพิ่มอัตราป้อน 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำเกรดมีด <table border="1"> <tr> <td></td> <td>เหล็กเหนียว</td> <td>เหล็กหล่อ</td> <td>โลหะนอกกลุ่มเหล็ก</td> </tr> <tr> <td>ตัดละเอียด</td> <td>T250A (เซอร์เมท)</td> <td>ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ) BN700(SUMIBORON)</td> <td>DA1000 (SUMIDIA)</td> </tr> <tr> <td>ตัดหยาบ</td> <td>ACP100 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> </tr> </table>					เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	โลหะนอกกลุ่มเหล็ก	ตัดละเอียด	T250A (เซอร์เมท)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ) BN700(SUMIBORON)	DA1000 (SUMIDIA)	ตัดหยาบ	ACP100 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)		
		เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	โลหะนอกกลุ่มเหล็ก																	
	ตัดละเอียด	T250A (เซอร์เมท)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ) BN700(SUMIBORON)	DA1000 (SUMIDIA)																	
	ตัดหยาบ	ACP100 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)																	
สึกหรอด้านบนเป็นหลุม 	วัสดุ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> เลือกเกรดที่ต้านทานการเกิดหลุมด้านบน ลดอัตราเร็วตัด ลดระยะกินลึก และอัตราป้อน 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำเกรดมีด <table border="1"> <tr> <td></td> <td>เหล็กเหนียว</td> <td>เหล็กหล่อ</td> <td>โลหะนอกกลุ่มเหล็ก</td> </tr> <tr> <td>ตัดละเอียด</td> <td>T250A (เซอร์เมท)</td> <td>ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>DA1000 (SUMIDIA)</td> </tr> <tr> <td>ตัดหยาบ</td> <td>ACP100 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> </tr> </table>					เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	โลหะนอกกลุ่มเหล็ก	ตัดละเอียด	T250A (เซอร์เมท)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	DA1000 (SUMIDIA)	ตัดหยาบ	ACP100 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)			
	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	โลหะนอกกลุ่มเหล็ก																		
ตัดละเอียด	T250A (เซอร์เมท)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	DA1000 (SUMIDIA)																		
ตัดหยาบ	ACP100 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)																		
คมตัดบิ่น, กะเทาะ 	วัสดุ การออกแบบ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> เลือกเกรดที่เหนียวขึ้น P10 → P20 → P30 K01 → K10 → K20 ลดอัตราป้อน เลือกหัวปาดชนิด ลบ-บวก โดยมีมุม Approach ขนาดใหญ่ เพิ่มความแข็งแรงคมตัด (Honing) เลือกเม็ดมีดที่มีคมตัดแข็งแรง (G → H) 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำเกรดมีด <table border="1"> <tr> <td></td> <td>เหล็กเหนียว</td> <td>เหล็กหล่อ</td> </tr> <tr> <td>ตัดละเอียด</td> <td>ACP200 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ) EH20 (คาร์ไบด์)</td> </tr> <tr> <td>ตัดหยาบ</td> <td>ACP300 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>ACK300 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> แนะนำหัวปาดรุ่น : SEC-Wave Mill WGC เงื่อนไขการตัด : อ้างอิงตามหน้า H22 					เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	ตัดละเอียด	ACP200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ) EH20 (คาร์ไบด์)	ตัดหยาบ	ACP300 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK300 (คาร์ไบด์เคลือบ)						
	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ																			
ตัดละเอียด	ACP200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ) EH20 (คาร์ไบด์)																			
ตัดหยาบ	ACP300 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK300 (คาร์ไบด์เคลือบ)																			
คมตัดแตก 	วัสดุ การออกแบบ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> ถ้าเกิดจากอัตราเร็วตัดต่ำ หรืออัตราป้อนต่ำ เลือกใช้เกรดที่ต้านทานการยึดเกาะ ถ้าเกิดจากการแตกร้าวจากอุณหภูมิ เลือกใช้เกรดที่ต้านทานอุณหภูมิได้ดี เลือกใช้เงื่อนไขให้เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะ เลือกใช้หัวปาดชนิด ลบ-บวก (หรือ ลบ) ที่มีมุม Approach ขนาดใหญ่ เพิ่มความแข็งแรงคมตัด (Honing) เลือกเม็ดมีดที่มีคมตัดแข็งแรง (G → H) เพิ่มขนาดเม็ดมีด (ความหนา) 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำเกรดมีด <table border="1"> <tr> <td></td> <td>เหล็กเหนียว</td> <td>เหล็กหล่อ</td> </tr> <tr> <td>ตัดหยาบ</td> <td>ACP300 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>ACK300 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> แนะนำหัวปาดรุ่น : SEC-Wave Mill WGC ความหนาเม็ดมีด : 3.18 → 4.76 มม. เม็ดมีดรุ่น : มาตรฐาน → รุ่นคมตัดแข็งแรง เงื่อนไขการตัด : อ้างอิงตามหน้า H22 					เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	ตัดหยาบ	ACP300 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK300 (คาร์ไบด์เคลือบ)									
	เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ																			
ตัดหยาบ	ACP300 (คาร์ไบด์เคลือบ)	ACK300 (คาร์ไบด์เคลือบ)																			
อื่นๆ	ผิวหยาบ 	วัสดุ การออกแบบ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> Select appropriate condition with regards to the particular application. เลือกเกรดที่ต้านทานการยึดเกาะ คาร์ไบด์ → เซอร์เมท เพิ่มอัตราเร็วตัด ปรับปรุง Run-out แนวแกนของคมตัด (ใช้หัวปาดที่มีค่า Run-out น้อย ใช้เม็ดมีดที่ถูกต้อง) ใช้ Wiper insert ใช้หัวปาดพิเศษสำหรับงานละเอียด 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำเกรดมีด <table border="1"> <tr> <td></td> <td>เหล็กเหนียว</td> <td>เหล็กหล่อ</td> <td>โลหะนอกกลุ่มเหล็ก</td> </tr> <tr> <td>งานทั่วไป</td> <td>เม็ดมีดของหัวปาด</td> <td>รุ่น WGC * ACP200 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>รุ่น DNX* ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> <td>รุ่น RF * H1 (คาร์ไบด์) DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)</td> </tr> <tr> <td>งานละเอียด</td> <td>เม็ดมีดของหัวปาด</td> <td>รุ่น WGC T1200A (เซอร์เมท)</td> <td>รุ่น FMU BN700 (SUMIBORON)</td> <td>รุ่น RF DA1000 (SUMIDIA)</td> </tr> </table> <p>* marked cutters can be fitted with wiper inserts.</p>					เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	โลหะนอกกลุ่มเหล็ก	งานทั่วไป	เม็ดมีดของหัวปาด	รุ่น WGC * ACP200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	รุ่น DNX* ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	รุ่น RF * H1 (คาร์ไบด์) DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)	งานละเอียด	เม็ดมีดของหัวปาด	รุ่น WGC T1200A (เซอร์เมท)	รุ่น FMU BN700 (SUMIBORON)	รุ่น RF DA1000 (SUMIDIA)
		เหล็กเหนียว	เหล็กหล่อ	โลหะนอกกลุ่มเหล็ก																	
	งานทั่วไป	เม็ดมีดของหัวปาด	รุ่น WGC * ACP200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	รุ่น DNX* ACK200 (คาร์ไบด์เคลือบ)	รุ่น RF * H1 (คาร์ไบด์) DL1000 (คาร์ไบด์เคลือบ)																
	งานละเอียด	เม็ดมีดของหัวปาด	รุ่น WGC T1200A (เซอร์เมท)	รุ่น FMU BN700 (SUMIBORON)	รุ่น RF DA1000 (SUMIDIA)																
	การสะท้อน 	การออกแบบ เงื่อนไขการตัดอื่นๆ	<ul style="list-style-type: none"> เพิ่มความเร็วในการตัด ลดอัตราป้อน เลือกหัวปาดที่มีมุมคายสูง และคมตัดที่คม ใช้หัวปาดที่มีระยะ Pitched ไม่สม่ำเสมอ ปรับปรุงความแข็งแรงของระบบจับยึดชิ้นงานและหัวปาด 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำหัวปาด สำหรับเหล็กเหนียว : รุ่น SEC-Wave Mill WG สำหรับเหล็กหล่อ : รุ่น SEC- Sumi Dual Mill DGC สำหรับโลหะนอกกลุ่มเหล็ก : รุ่น RF เพื่อตัดเตอร์ความเร็วสูงสำหรับงานอลูมิเนียม 																	
การควบคุมเศษไม่ดี 	การออกแบบ	<ul style="list-style-type: none"> เลือกหัวปาดที่มีคุณสมบัติระบายเศษได้ดี ลดจำนวนฟัน ใช้รุ่นที่ช่องระบายเศษกว้าง 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำหัวปาด : รุ่น SEC-Wave Mill WG 																		
ขอบชิ้นงานบิ่น 	การออกแบบ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> เลือกมุม Approach ขนาดใหญ่ เลือกเม็ดมีดที่มีคมตัดคม (G → L) ลดอัตราป้อน 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำหัวปาด : รุ่น SEC-Wave Mill WG 																		
ชิ้นงานมีการเกิดครีป 	การออกแบบ เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> เลือกหัวปาดที่มีคมตัดที่คม เพิ่มอัตราป้อน เลือกเม็ดมีดที่ออกแบบสำหรับลบบรอ 	<ul style="list-style-type: none"> แนะนำหัวปาด : รุ่น SEC- Wave Mill WGX+หลายหน้ามีดรุ่น FG รุ่น SEC- Wave Mill DGC+หลายหน้ามีดรุ่น FG 																		

■ ส่วนประกอบของดอกกัด



■ การคำนวณเงื่อนไขการตัด (เอ็นมิลด์หัวตัด)

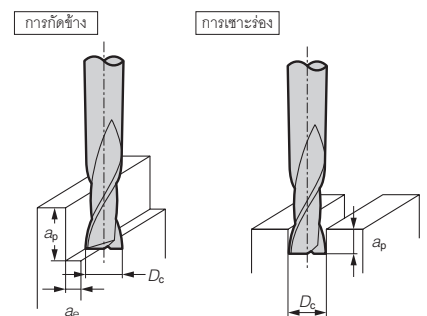
● อัตราเร็วตัด

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

● อัตราป้อน/ต่อรอบ/ต่อจำนวนฟัน

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

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

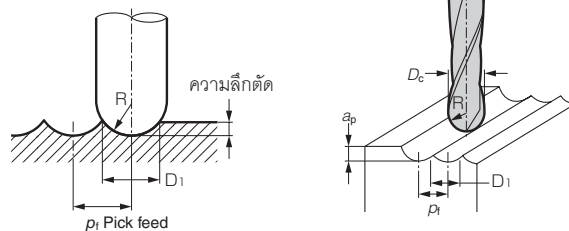


(เอ็นมิลด์หัวกลม)

● ระยะเวลา Notch (D1)

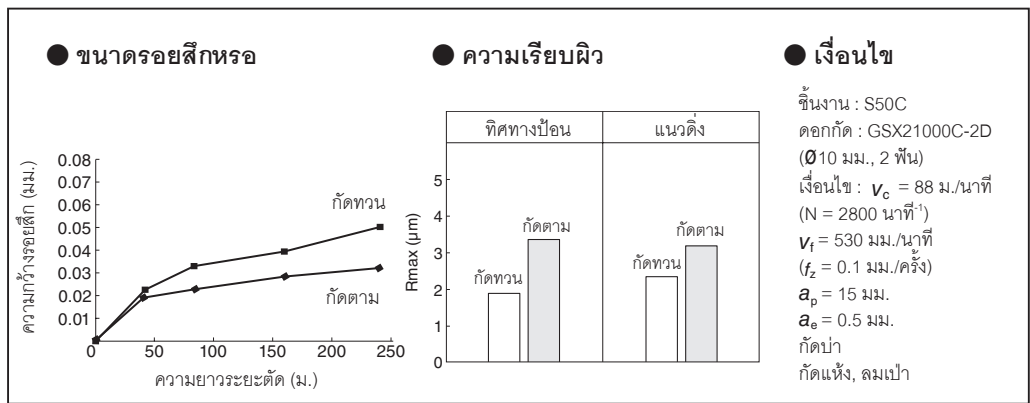
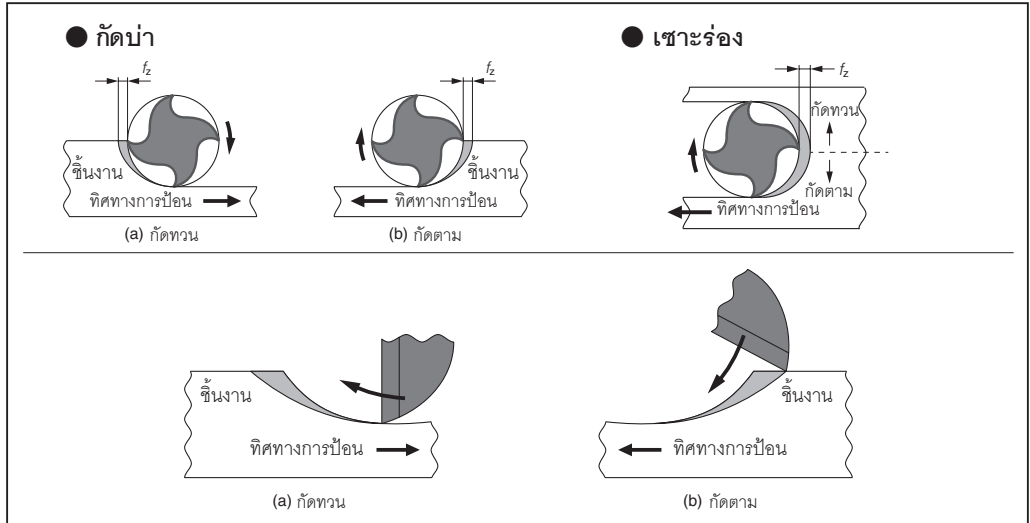
$$D_1 = 2 \times \sqrt{2 \times R \times a_p - a_p^2}$$

● อัตราเร็วตัด และอัตราป้อน คำนวณเหมือนเอ็นมิลด์หัวตัด



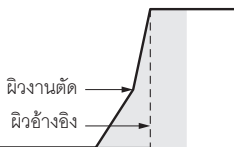
- v_c : อัตราเร็วตัด (ม./นาที)
- π : 3.14
- D_c : ขนาดดอกกัด (มม.)
- n : อัตราเร็วรอบ (นาที⁻¹)
- v_f : อัตราเร็วป้อน (มม./นาที)
- f : อัตราป้อนต่อรอบ (มม./รอบ)
- f_z : อัตราป้อนต่อฟัน (มม./ฟัน)
- z : จำนวนฟัน
- a_p : ความลึกตามแนวแกน (มม.)
- a_e : ความลึกตามแนวรัศมี (มม.)
- R : รัศมีมุมมีด

■ กัดทวนและกัดตาม



■ ความสัมพันธ์ระหว่าง
เงื่อนไขการตัดและ
ความตึงฉาก

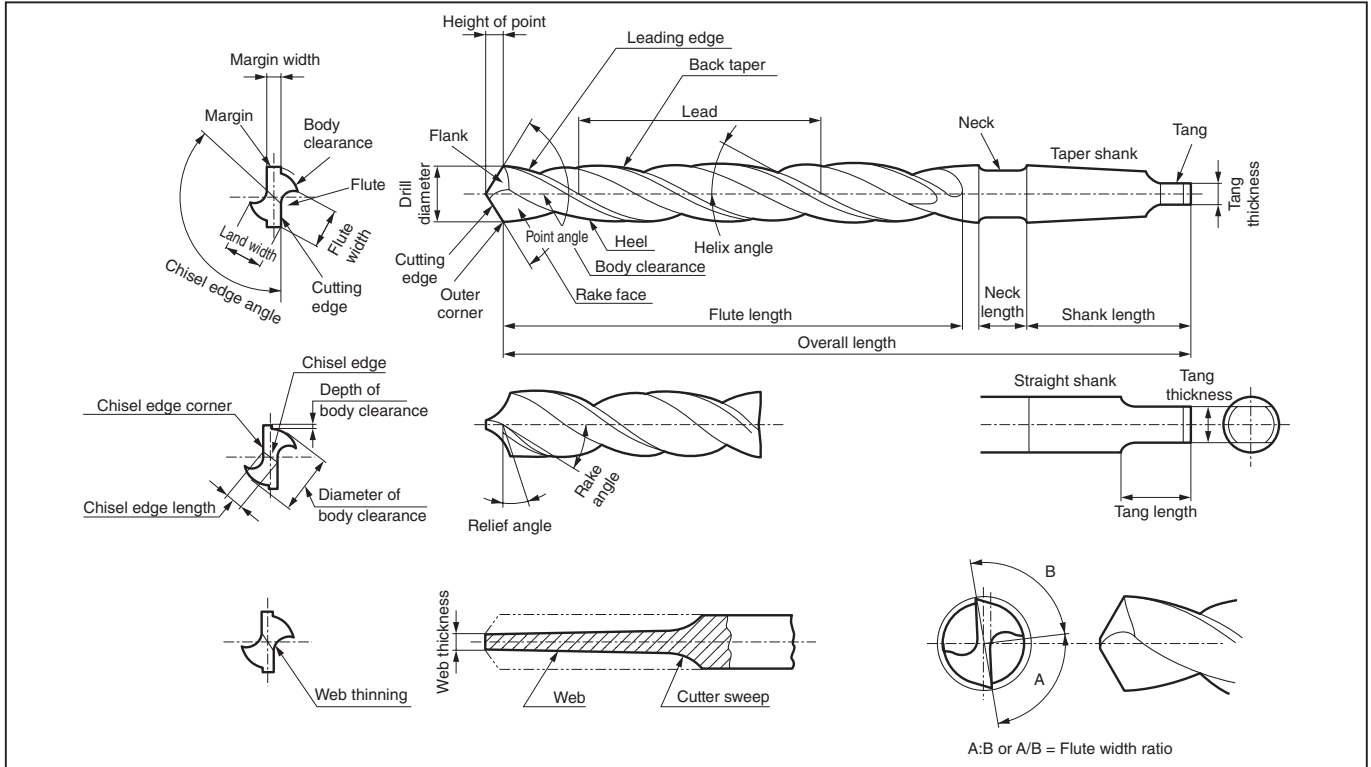
ข้อมูลจำเพาะ ของเอ็นมิลล์			กัดบ่า				เซาะร่อง			
			ชิ้นงาน : Pre-hardened steel (40HRC) เงื่อนไข : $v_c = 25$ ม./นาที $a_p = 12$ มม. $a_e = 0.8$ มม.		ชิ้นงาน : Pre-hardened steel (40HRC) เงื่อนไข : $v_c = 25$ ม./นาที $a_p = 8$ มม. $a_e = 8$ มม.					
รุ่น	จำนวน ฟัน	มุม เกลียว	อัตราป้อน		อัตราป้อน		อัตราป้อน		อัตราป้อน	
			0.16 มม./รอบ	0.11 มม./รอบ	0.05 มม./รอบ	0.03 มม./รอบ				
			ลักษณะ		ลักษณะ		ลักษณะ		ลักษณะ	
			กัดทวน	กัดตาม	กัดทวน	กัดตาม	กัดทวน	กัดตาม	กัดทวน	กัดตาม
GSX20800S-2D	2	30°								
GSX40800S-2D	4	30°								
Results			<ul style="list-style-type: none"> แนวของชิ้นงานจะมีเนื้อหลวมออกมาจากแนวฉากเมื่อเป็นกัดตาม เอ็นมิลล์แบบ 4 ฟัน จะให้ค่างานที่แน่นอนกว่ารวมถึงค่าแนวฉากที่ดีกว่าด้วย 				<ul style="list-style-type: none"> ในการกัดแบบเซาะร่อง กัดแบบทวนค่าแนวฉากจะถูกกินเนื่องจากเข้าไปด้านในบริเวณด้านล่าง เอ็นมิลล์แบบ 4 ฟัน จะให้ค่างานที่แน่นอนกว่ารวมถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าด้วย 			



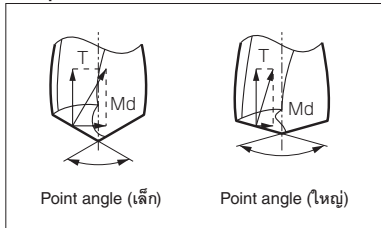
■ ความเสียหายของเครื่องมือและแนวทางแก้ไข

ความเสียหาย		สาเหตุ		แนวทางแก้ไข
ความเสียหายของคมตัด	เกิดสึกหรอมาก	เงื่อนไขการตัด รูปทรง วัสดุ	<ul style="list-style-type: none"> อัตราเร็วตัดสูงเกินไป อัตราป้อนสูงเกินไป มุมหลบด้านหน้าน้อยเกินไป ความต้านทานการสึกหรอไม่เพียงพอ 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัดและอัตราป้อน เปลี่ยนมุมหลบด้านหน้าให้เหมาะสม เลือกวัสดุที่มีความต้านทานการสึกหรอสูงขึ้น ใช้เกรดเคลือบ
	บิ่น	เงื่อนไขการตัด พื้นที่ตัด	<ul style="list-style-type: none"> อัตราป้อนสูงเกินไป ความลึกตัดมากเกินไป จับดอกกัดยาว (Overhang) เกินไป การจับยึดชิ้นงานไม่แข็งแรง การจับยึดไม่ดี 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัด ลดความลึกตัด ปรับความยาวดอกกัด (Overhang) ให้เหมาะสม ตรวจสอบการจับยึดชิ้นงาน ตรวจสอบการจับยึดไม่ดี
	แตก	เงื่อนไขการตัด รูปทรง	<ul style="list-style-type: none"> อัตราป้อนสูงเกินไป ความลึกตัดมากเกินไป จับดอกกัดยาว (Overhang) เกินไป คมตัดยาวเกินไป ความหนาแกนเล็กเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัด ลดความลึกตัด ลดความยาวดอกกัด (Overhang) ให้สั้นที่สุด เลือกใช้มีดที่มีคมตัดสั้น เลือกใช้รุ่นที่มีความหนาแกนเหมาะสม
อื่นๆ	เสียหายที่รอยบ่า	เงื่อนไขการตัด รูปทรง	<ul style="list-style-type: none"> อัตราป้อนสูงเกินไป ความลึกตัดมากเกินไป จับดอกกัดยาว (Overhang) เกินไป ตัดแบบ Down - Cut มุมเกลียวใหญ่เกินไป ความหนาแกนเล็กเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัด ลดความลึกตัด ปรับความยาวดอกกัด (Overhang) ให้เหมาะสม เปลี่ยนทิศทางการตัดเป็นแบบ Up - Cut ใช้ดอกกัดที่มีความหนาแกนเหมาะสม ลดองศาเกลียว
	คุณภาพผิวไม่ดี	เงื่อนไขการตัด	<ul style="list-style-type: none"> อัตราเร็วตัดสูงเกินไป เศษติดกันเป็นก้อน 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัด ใช้ลมเป่า ใช้มีดที่มีช่องระบายเศษใหญ่
	การสะท้อน	เงื่อนไขการตัด รูปทรง พื้นที่ตัด	<ul style="list-style-type: none"> อัตราเร็วตัดสูงเกินไป ตัดแบบ Up - Cut จับดอกกัดยาวเกินไป มุมคายเกินไป การจับยึดชิ้นงานไม่แข็งแรง การจับยึดดอกกัดไม่ดี 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัดลง เปลี่ยนทิศทางการตัดเป็นแบบ Down- Cut ปรับความยาวดอกกัดให้เหมาะสม ใช้ดอกกัดที่มีมุมคายเหมาะสม จับยึดชิ้นงานให้แข็งแรง ตรวจสอบการจับยึดดอกกัด
	เศษติดกันเป็นก้อน	เงื่อนไขการตัด รูปทรง	<ul style="list-style-type: none"> อัตราป้อนสูงเกินไป ความลึกตัดมากเกินไป มีจำนวนฟันมากเกินไป เศษติดกันเป็นก้อน 	<ul style="list-style-type: none"> ลดอัตราเร็วตัด ลดความลึกตัด ลดจำนวนฟัน ใช้ ลมเป่า

ส่วนประกอบของดอกสว่าน

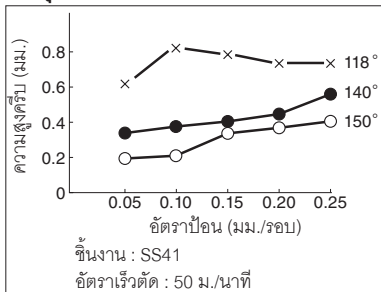


มุมคมตัดและแรงตัด



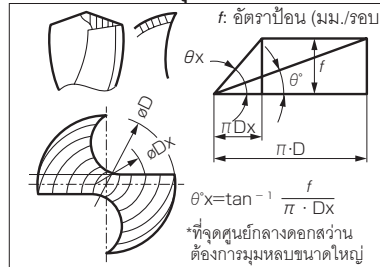
เมื่อมุมคมตัดมีขนาดใหญ่ แรงด้าน จะมาก แต่แรงบิดจะน้อย

มุมคมตัดและการเกิดครีป

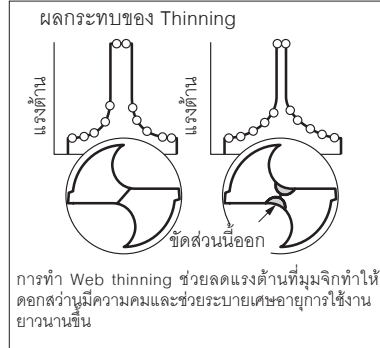


เมื่อมุมคมตัดมีขนาดใหญ่ ความสูงของครีปจะเล็กลง

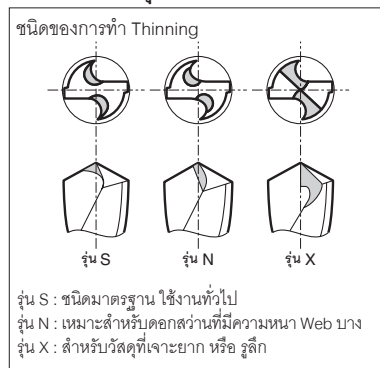
ข้อจำกัดของมุมหลบ



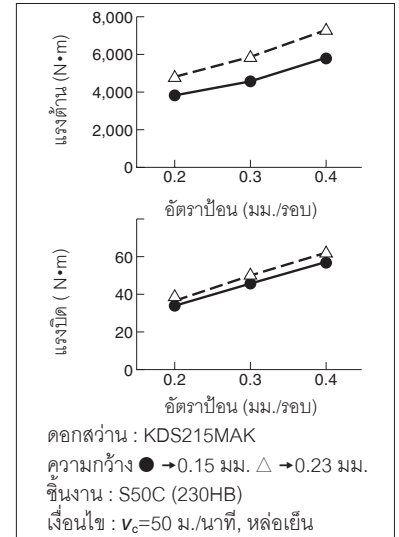
ความหนา Web และแรงด้าน



ลดขนาดมุมจิกโดยการทำให้ Thinning

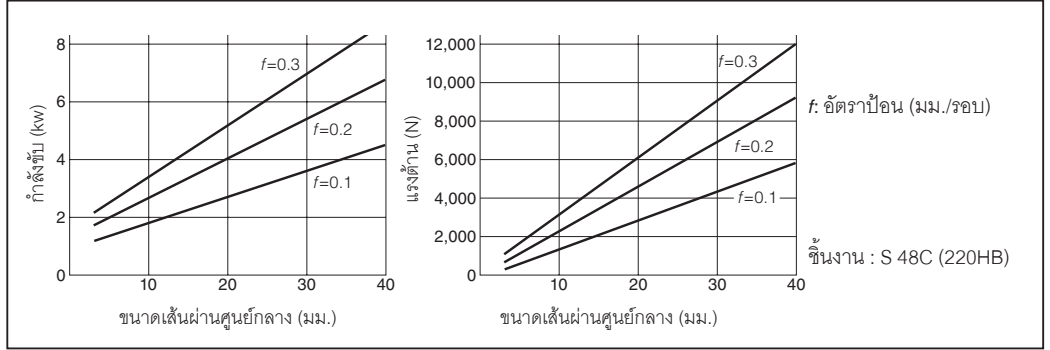


ความสัมพันธ์ระหว่างการรักษา
คมตัดและแรงตัด



งานเจาะ

■ กำลังเครื่องจักรและแรงต้าน (Thrust Force)



■ การเลือกใช้เงื่อนไขการตัด

● การควบคุมแรงตัดสำหรับเครื่องจักรที่มีความแข็งแรงต่ำ

จากตารางด้านล่างความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างมุมคมตัดและแรงตัด ถ้าเกิดปัญหาจากแรงตัดให้ลดอัตราป้อนหรือความกว้างมุมคมตัดลง

เงื่อนไขการตัด		มุมคมตัด			
		0.15 มม.		0.05 มม.	
v_c (ม./นาที)	f (มม./รอบ)	แรงบิด (N-m)	แรงต้าน (N)	แรงบิด (N-m)	แรงต้าน (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

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง : $\phi 10$ มม.
งาน : S50C (230HB)

● คำแนะนำสำหรับเครื่องจักรอัตราเร็วสูง

เมื่อเครื่องจักรมีกำลังและความแข็งแรงเพียงพอ และใช้งานตามเงื่อนไขแนะนำปกติ แนะนำให้ใช้ อัตราเร็วเจาะสูงขึ้น

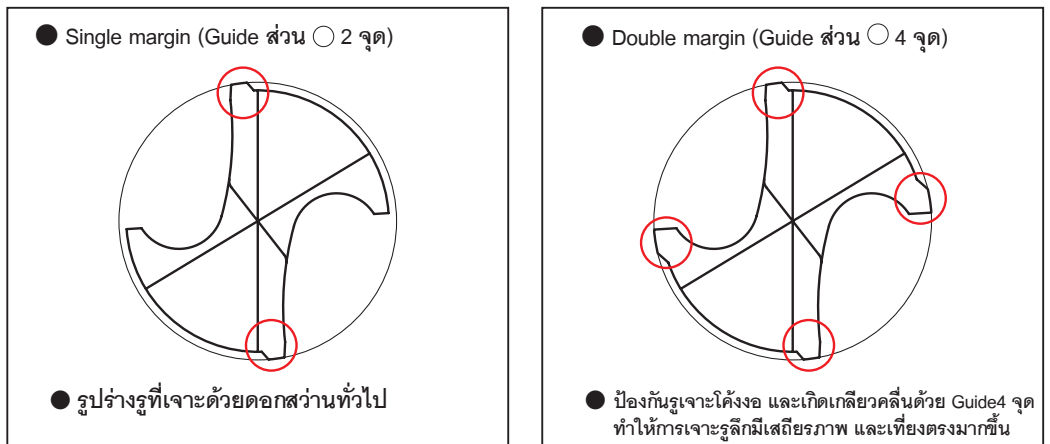
ตัวอย่างรอยสีหระ

Margin ↓
Flank face
Rake face

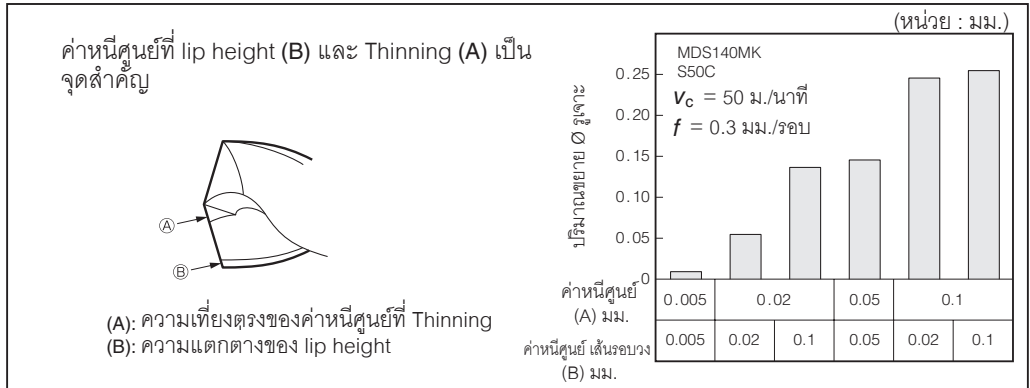
$v_c = 60$ ม./นาที $v_c = 120$ ม./นาที

ชิ้นงาน : S50C 230HB
เงื่อนไข : $f = 0.3$ มม./รอบ
 $H = 50$ มม.
อายุ : 600 holes (Cutting length: 30 ม.)

■ คำอธิบายเกี่ยวกับ Margin (ความแตกต่างระหว่าง Single / Double Margin)



■ ความเที่ยงตรงของ Run-out



■ ความเที่ยงตรงของ Run-out เมื่อดอกสว่านหมุน

● ค่าหนีศูนย์ ของดอกสว่าน เมื่อประกอบเข้ากับเครื่องจักรแล้ว ต้องไม่เกิน 0.03 มม. ถ้าค่าหนีศูนย์ มีค่ามากแล้ว รูเจาะจะ ขยายใหญ่ ขึ้นเนื่องจากแรงตัดในแนววนเพิ่มขึ้น อาจทำให้ดอกสว่าน

ค่าหนีศูนย์ : ไม่เกิน 0.03 มม.

เส้นรอบวง (มม.)	การขยายรู		แรงตัด	
	0	0.05 (มม.)	0	10 (กก.)
0.005	~0.01	~0.02	~0.01	~0.02
0.09	~0.02	~0.04	~0.03	~0.06

* แรงตัดแสดงกำลังกระจายในแนววน
ดอกสว่าน : MDS120MK ชิ้นงาน : S50C (203HB)
เงื่อนไข : $V_c = 50$ ม./นาที, $f = 0.3$ มม./รอบ, $H = 38$ มม.
สารหล่อเย็น

● หักได้ถ้าเครื่องจักรหรือระบบจับยึดชิ้นงานไม่แข็งแรง เมื่อใช้งานกับเครื่องกลึง ค่าหนีศูนย์ ที่ตำแหน่ง A ต้องไม่เกิน 0.03 มม. และยังคงใช้ค่านี้อีกถึงตำแหน่ง B

ค่าหนีศูนย์ : ไม่เกิน 0.03 มม.

■ ผลกระทบต่อผิวชิ้นงาน

● เมื่อผิวชิ้นงานเป็นผิวเอียงหรือไม่เรียบที่ทางเข้าหรือทางออก ให้ลดอัตราป้อน ที่ 0.1-0.15 มม./รอบ ที่ตำแหน่งนั้น

(เข้า) (ออก)

■ การใช้ดอกสว่านยาว

● ปัญหา เมื่อใช้ดอกสว่าน รุ่น DAK หรือ SMDH-D หรือที่รอบสูง ค่าหนีศูนย์ ที่ปลายดอกสว่าน อาจทำให้ตำแหน่งรูเอียง หรือโค้งงอ และส่งผลให้ดอกสว่านหักได้

รูโค้งงอ
ตำแหน่งเอียง

● การแก้ไข

วิธี 1

ขั้นตอน 1 สว่านสั้น เจาะรูกลางของ $1 \times D$ (ใช้ขนาด ϕ เดียวกัน)
ขั้นตอน 2 $n = 100 \sim 300$ นาที $2 \sim 3$ มม.
ขั้นตอน 3 ลักษณะรูที่ใช้เงื่อนไขการเจาะที่แนะนำ

วิธี 2 * ใช้ข้อตรารอบต่ำลดแรงแกว่งและป้องกันดอกสว่านโค้งงอ

ขั้นตอน 1 $2 \sim 3$ มม.
ขั้นตอน 2 ลักษณะรูที่ใช้เงื่อนไขการเจาะที่แนะนำ
($n = 100 \sim 300$ นาที) $f = 0.15 \sim 0.2$ มม./รอบ

■ การบำรุงรักษาดอกสว่าน

① การเลือกใช้และการบำรุงรักษา Collet

- ตรวจสอบการจับยึดดอกสว่านเพื่อป้องกันการสะท้าน Collet Chuck ให้มีความแข็งแรงในการจับยึดที่ดี

Drill Chuck และ Key less Chuck ไม่เหมาะจะสมกับ Multi Drill เนื่องจากแรงในการจับยึดจะต่ำ

เมื่อต้องการเปลี่ยนดอกสว่านใหม่ต้องทำความสะอาดตะกอนตัว Collet และภายใน Spindle ก่อนซ่อมแซมหรือยัดซีตด้วยหินน้ำมัน

② การติดตั้งดอกสว่าน

- Run - Out ของดอกสว่านเมื่อประกอบเข้ากับเครื่องจักรต้องไม่เกิน 0.03 มม.
- ห้ามจับยึดตรงพื้นดอกสว่าน หากส่วนร่องของดอกสว่านอยู่ด้านในของค้ำจับ จะชะงักทางระบายเศษอาจทำให้ดอกสว่านเสียหายได้

Collet Chuck Drill Chuck

Collet

ถ้าหากมีรอยขีดข่วนให้ซ่อมแซมด้วยหินน้ำมันหรือเปลี่ยนใหม่

ค่านี้ศูนย์ของคมตัดไม่เกิน 3 มม.

ห้ามจับส่วนบนร่องเลื่อย

■ การคำนวณหากำลังและแรงต้าน

- อัตราเร็วตัด

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

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

- อัตราการป้อน (ต่อรอบต่อจำนวนฟัน)

$$v_f = n \times f$$

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

- เวลาในการตัด

$$T = \frac{H}{v_f}$$

- การคำนวณหา กำลังและแรงต้าน

แรงในการตัด (KW) = $HB \times D_c \times 0.68 \times v_c \times 1.27 \times f \times 0.59 / 36,000$

เกลียว (N) = $0.24 \times HB \times D_c \times 0.95 \times f \times 0.61 \times 9.8$

* เมื่อต้องการออกแบบเครื่องจักร ต้องใช้ค่า 1.6 เท่าของ การใช้แรง และ 1.4 เท่าของแรงดัน

■ การใช้สารหล่อเย็น

① การเลือกใช้น้ำมัน

- ถ้าอัตราเร็วตัดสูงกว่า 40 ม./นาที ให้ใช้น้ำมัน JISW1 ชนิด 2 ซึ่งสามารถช่วยหล่อเย็นและระบายเศษได้
- ถ้าอัตราเร็วตัดต่ำกว่า 40 ม./นาที และต้องการอายุดอกสว่านที่ยาวนาน ให้ใช้ประเภท Non - Water Cutting oil JISA 1 ชนิด 2
- ประเภท Non - Water Soluble Oil อาจใช้ได้ ควรใช้ในสภาพที่ชื้นส่วนเย็นเพื่อป้องกันการเกิดครันหรือความร้อนขึ้น

- การจ่ายภายนอก
- เจาะแนวตั้ง

ใช้แรงดันสูงตรงทางเข้า ใช้งานได้ง่าย

- เจาะแนวอน

ใช้แรงดันสูงตรงทางเข้า

② การจ่ายสารหล่อเย็น

- ถ้าใช้แบบจ่ายภายนอก ให้ใช้ความดัน 0.3-0.5 MPa ระดับน้ำมันที่ 3-10 /mm
- ถ้าใช้แบบจ่ายภายใน สำหรับขนาดรูน้อยกว่าขนาด Ø4 มม. ใช้แรงดันอย่างน้อย 1.5 MPa ถ้าขนาดรูมากกว่า Ø6 มม. ใช้ 0.5-1.0 Mpa"

- การจ่ายภายใน
- สารหล่อเย็นที่ตัวค้ำ
- สารหล่อเย็นภายในตัวเครื่องจักร

ใช้แรงดันสูงตรงทางเข้า ใช้งานได้ง่าย

■ การจับยึดชิ้นงาน

ในระหว่างการเจาะจะเกิดแรงต้านและแรงบิดสูง อาจทำให้ชิ้นงานเกิดการโก่งงอได้ ดังนั้นจึงต้องออกแบบระบบจับยึดชิ้นงานให้แข็งแรงเพียงพอ

- โดยเฉพาะดอกสว่านขนาดใหญ่

ดี ไม่ดี

■ การลับคมดอกสว่าน

- การลับคมใหม่ ซึ่งแน่นอนเมื่อเกิดการแตกบิ่น เมื่อมีรอยเส้นเกิดขึ้น 1-2 เส้น ที่บริเวณ Margin เมื่อการสึกหรอตรงมุมเพิ่มขึ้นจนถึง Margin เมื่อเกิดรอยบิ่นขึ้น ต้องนำดอกสว่านไปลับคมใหม่
- ลับคมอย่างไร วิธีที่ดีที่สุดคือการลับคม + เคลือบผิวใหม่ บางกรณีอาจลับคมอย่างเดียวก็เพียงพอ แต่ถ้าวัสดุชิ้นงานเป็นเหล็ก ควรลับคมและเคลือบผิวด้วยเพื่อยืดอายุการใช้งาน เราได้ออกแบบน้ำยา เคลือบผิวรุ่นใหม่มาโดยเฉพาะ กรุณาใช้บริการทำผิวใหม่กับเราหรือบริษัทที่เราขึ้นทะเบียนรับรอง
- กรณีลับคมเอง เราได้เตรียมคู่มือแนะนำวิธีการลับคมดอกสว่าน Multi กรณีที่ต้องการลับคมเอง กรุณาแจ้งมาที่บริษัทหรือตัวแทนจำหน่าย

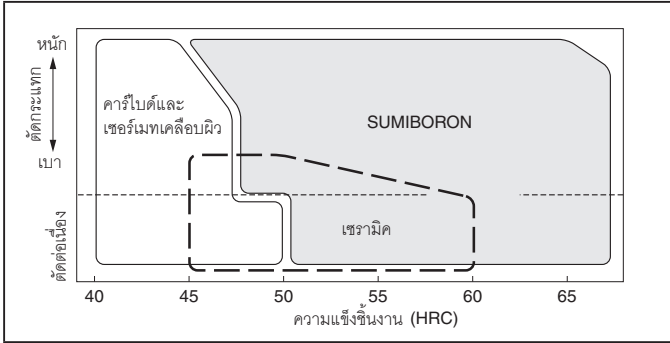
- บัญชีการกำหนดอายุใช้งาน
- การแตกบิ่น 1-2 เส้น
- อายุการใช้งาน มีความเหมาะสม
- ปัญหาของการเกิดรอย
- ใช้งานมากเกินไป

ดี ไม่ดี

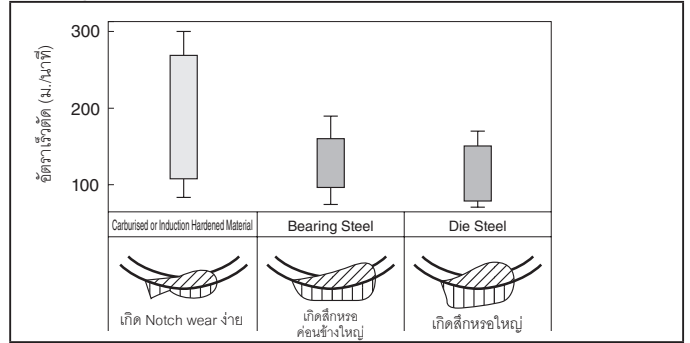
■ แนวทางแก้ปัญหาสำหรับดอกสว่าน

ความเสียหาย	สาเหตุ	แนวทางแก้ไข	ตัวอย่างการแก้ไข	
ดอกสว่านเสียหาย	สลักหรือที่ปลายคมตัด	· ใช้เงื่อนไขการเจาะไม่เหมาะสม	· ใช้อัตราเร็วสูงขึ้น · เพิ่มอัตราป้อน	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น · อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น
		· สารหล่อลื่นไม่เหมาะสม	· ลดแรงดันในกรณีที่ใช้การจ่ายน้ำมันด้านใน · เพิ่มความเข้มข้นให้สารหล่อลื่น	· 1.5 Mpa หรือน้อยกว่า (ใช้จ่ายน้ำด้านนอก ถ้าความลึก L/D=2 หรือต่ำกว่า) · ใช้ JIS A1 เกรด No.1 หรือเทียบเท่า
	มุมจิกแตกบิ่น	· หลุดจากศูนย์กลางเริ่มต้น	· ลดอัตราป้อนที่ทางเข้า · เตรียมผิวให้เรียบในกระบวนการก่อนหน้า	· $f = 0.08$ ถึง 0.12 มม./รอบ · ใช้เอ็นมิลค์เตรียมผิวเรียบก่อน
		· อุปกรณ์หรือชิ้นงานขาดความแข็งแรง	· เปลี่ยนเงื่อนไขการเจาะเพื่อลดแรงต้าน · ปรับปรุงความแข็งแรงของชิ้นงานและการจับยึด	· เพิ่มอัตราเร็ว V_c และลดอัตราป้อน f (ลดแรงสัมผัส)
		· คมตัดไม่แข็งแรง	· เพิ่มความกว้างของคมจิก · เพิ่มขนาดของการลบคม	· ทำความกว้างคมจิกประมาณ 0.1 ถึง 0.2 มม. · เพิ่มพื้นที่ตรงกลางในการทำมุมหลบเป็น 1.5 เท่าของเดิม
	ขอบนอกแตกบิ่น	· เงื่อนไขการเจาะไม่เหมาะสม	· ลดอัตราเร็ว · ลดอัตราป้อน	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านล่างมากขึ้น · อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านล่างมากขึ้น
		· สารหล่อลื่นไม่เหมาะสม	· เพิ่มความเข้มข้นให้สารหล่อลื่น	· ใช้ JIS A1 เกรด No.1 หรือเทียบเท่า
		· อุปกรณ์หรือชิ้นงานขาดความแข็งแรง	· ปรับปรุงความแข็งแรงของชิ้นงานและการจับยึด	
		· คมตัดไม่แข็งแรง	· เพิ่มขนาดของการลบคม · ลดองศาหน้าปัดด้านหน้า	· เพิ่มขนาดขอบนอกเป็น 1.5 เท่าของเดิม · ลดองศาหน้าปัดประมาณ 2° ถึง 3°
		· ขอบนอกทำงานก่อนจุดศูนย์กลาง	· เพิ่มความกว้างขอบคมตัด (W margin)	· เพิ่มความกว้างขอบคมตัดเป็น 2 ถึง 3 เท่าของเดิม
		· การเจาะเป็นแบบกระแทก	· ลดอัตราป้อน · เพิ่มขนาดของการลบคม · ลดองศาหน้าปัดด้านหน้า	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านล่างมากขึ้น · เพิ่มขนาดขอบนอกเป็น 1.5 เท่าของเดิม · ลดองศาหน้าปัดประมาณ 2° ถึง 3°
	สลักหรือขอบคมตัด (margin)	· ใช้เงื่อนไขการเจาะไม่เหมาะสม	· ลดอัตราเร็ว	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านล่างมากขึ้น
· สารหล่อลื่นไม่เหมาะสม		· เพิ่มความเข้มข้นให้สารหล่อลื่น · เพิ่มจุดการใส่สารหล่อลื่น	· ใช้ JIS A1 เกรด No. 1 หรือเทียบเท่า · เปลี่ยนจากการจ่ายสารหล่อลื่นด้านนอกเป็นด้านใน	
· ขอบคมตัดเสียหายอยู่แล้ว		· ความยาวการแต่งลับคมน้อยไป	· แต่งลับคมจนหมดการสึกหรอ	
· การออกแบบไม่เหมาะสม		· เพิ่มขนาด Back Taper · ลดความกว้าง margin	· ทำขนาด Back Taper เป็น 0.5/100 · ลดความกว้าง margin	
ดอกสว่านหัก	· เศษจุดตัน	· ใช้เงื่อนไขการเจาะที่เหมาะสม · เพิ่มจุดการใส่สารหล่อลื่น	· อ้างอิงเงื่อนไขการเจาะตามตารางที่แนะนำในแคตตาล็อก · เปลี่ยนจากการจ่ายสารหล่อลื่นด้านนอกเป็นด้านใน	
	· อุปกรณ์จับยึดไม่แข็งแรง (collet)	· เลือกใช้ collet ที่มีแรงในการจับมากขึ้น	· เปลี่ยน collet ใหม่เมื่อเกิดความเสียหาย · ใช้ collet ใหญ่ขึ้น	
	· อุปกรณ์หรือชิ้นงานขาดความแข็งแรง	· ปรับปรุงความแข็งแรงของชิ้นงานและการจับยึด		
ความเที่ยงตรงของรูไม่เหมาะสม	รูบิด	· หลุดจากจุดศูนย์กลางเริ่มต้น	· ลดอัตราป้อนที่ทางเข้า · ลดอัตราเร็ว · เตรียมผิวให้เรียบในกระบวนการก่อนหน้า	· $f = 0.08$ ถึง 0.12 มม./รอบ · อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านล่างมากขึ้น · ใช้เอ็นมิลค์เตรียมผิวเรียบก่อน
		· ดอกสว่านไม่แข็งแรง	· เลือกดอกสว่านให้ถูกประเภทสำหรับเจาะรูลึก · เพิ่มความแข็งแรงของดอกสว่าน	· อ้างอิงตามแคตตาล็อก · เพิ่มความหนาแกนกลาง ลดความกว้างร่อง
	· ดอกสว่านมีค่าความศูนย์ไม่ดี	· เพิ่มความแม่นยำให้กับการจับยึด · เพิ่มความแข็งแรงให้กับการจับยึด	· เปลี่ยน collet ใหม่เมื่อเกิดความเสียหาย · เพิ่มขนาด collet ให้ใหญ่	
	· อุปกรณ์หรือชิ้นงานขาดความแข็งแรง	· ปรับปรุงความแข็งแรงของชิ้นงานและการจับยึด		
	รูไม่ตี	· ใช้เงื่อนไขการเจาะไม่เหมาะสม	· เพิ่มอัตราเร็วเจาะ · ลดอัตราป้อน	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น · อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านล่างมากขึ้น
		· สารหล่อลื่นไม่เหมาะสม	· เพิ่มความเข้มข้นให้สารหล่อลื่น	· ใช้ JIS A1 เกรด No. 1 หรือเทียบเท่า
	รูไม่ตรง	· หลุดจากจุดศูนย์กลางเริ่มต้น	· เพิ่มอัตราป้อน	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น
		· ดอกสว่านขาดคุณสมบัติ	· เพิ่มความแม่นยำให้กับการจับยึด · เพิ่มความแข็งแรงให้กับการจับยึด	· เปลี่ยน collet ใหม่เมื่อเกิดความเสียหาย · เพิ่มขนาด collet ให้ใหญ่
		· อุปกรณ์หรือชิ้นงานขาดความแข็งแรง	· ปรับปรุงความแข็งแรงของชิ้นงานและการจับยึด · เลือกดอกสว่าน double margin	· อ้างอิงตามแคตตาล็อก
	เศษเป็นก้อน	· ใช้เงื่อนไขการเจาะไม่เหมาะสม	· เพิ่มอัตราเร็ว · เพิ่มอัตราป้อน	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น · อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น
· การคายเศษไม่ดี		· เพิ่มแรงดันมากขึ้นในการจ่ายสารหล่อลื่นด้านใน		
การระบายเศษไม่ดี	· ใช้เงื่อนไขการเจาะไม่เหมาะสม	· เพิ่มอัตราป้อน · เพิ่มอัตราเร็ว	· อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น · อ้างอิงตามคำแนะนำในแคตตาล็อก โดยให้ไปทางด้านบนมากขึ้น	
	· ผลกระทบจากความเย็น	· ลดแรงดันของสารหล่อลื่น	· รักษาระดับความดันเป็น 1.5 Mpa หรือต่ำกว่าในการจ่ายสารหล่อลื่น	
	· คมตัดไม่คม	· ลดขนาดการลบคม	· ลดขนาดความกว้างประมาณ 2 ถึง 3 เท่า	

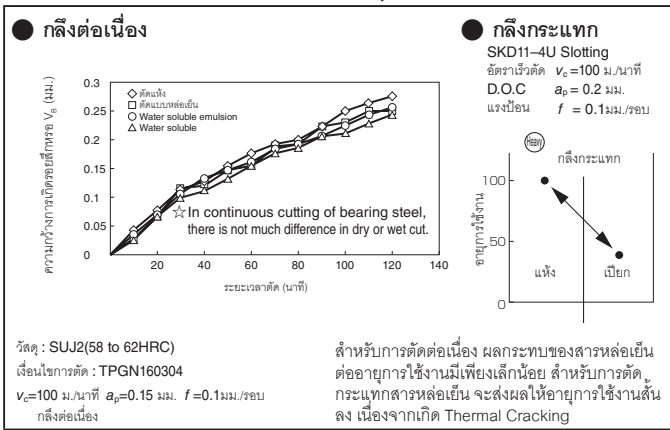
พื้นที่การใช้งานของวัสดุเครื่องมือตัดต่างๆ



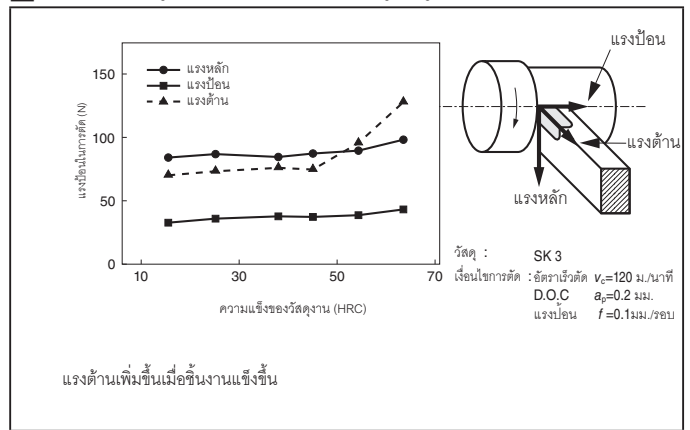
วัสดุชิ้นงานและอัตราเร็วตัดที่แนะนำ



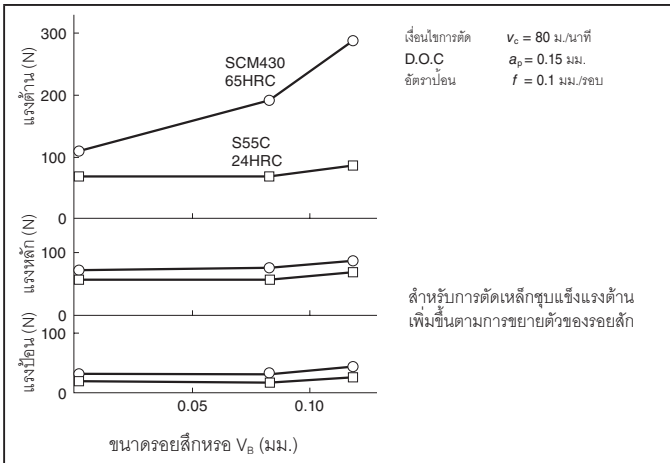
ผลกระทบของสารหล่อเย็นต่ออายุการใช้งาน



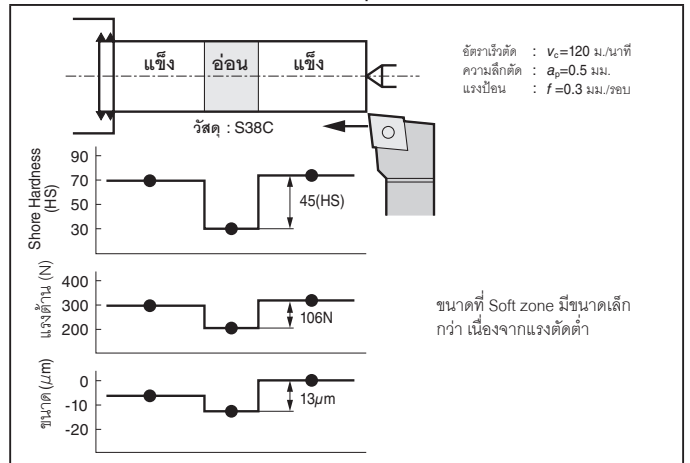
ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งชิ้นงานและแรงตัด



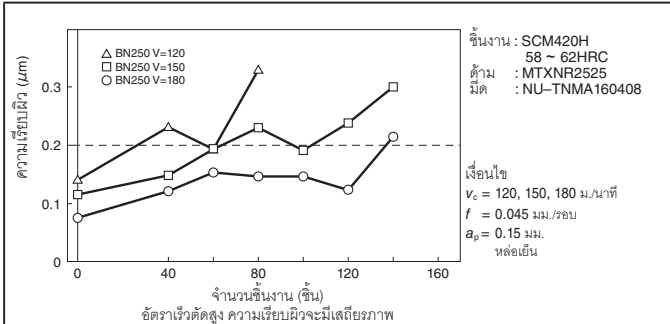
ความสัมพันธ์ระหว่างการสึกหรอและแรงตัด



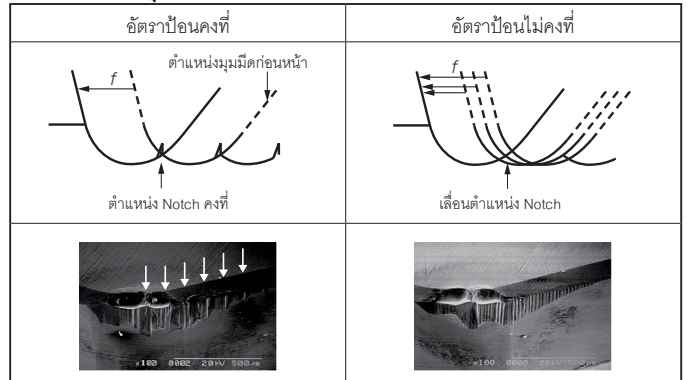
ผลกระทบของความแข็งแรงของวัสดุชิ้นงานต่อแรงตัดและความแม่นยำ



ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วตัดและความเรียบผิว



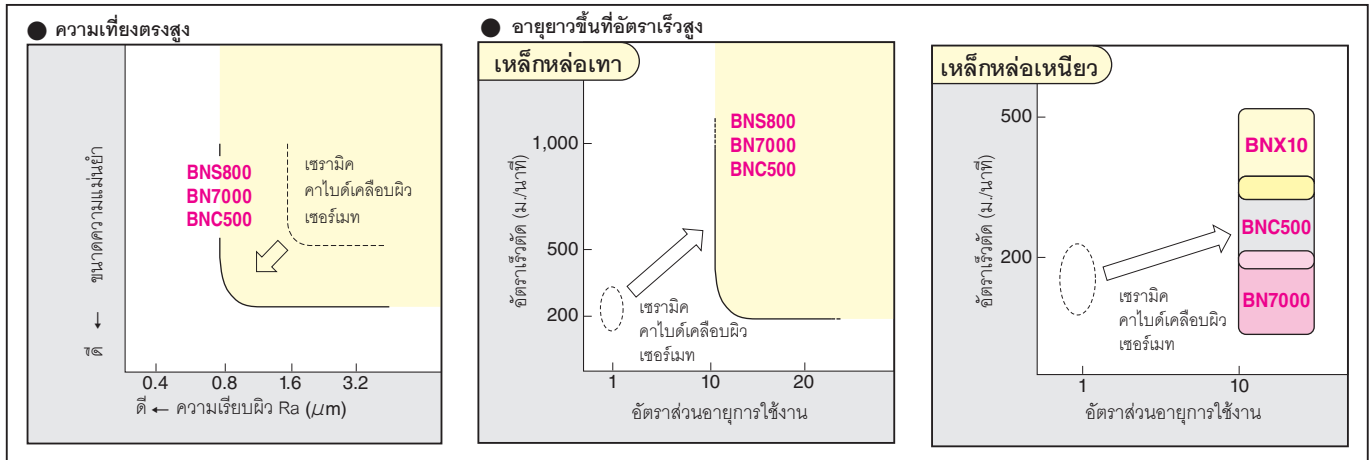
การปรับปรุงความเรียบผิวโดยเปลี่ยนอัตราป้อน



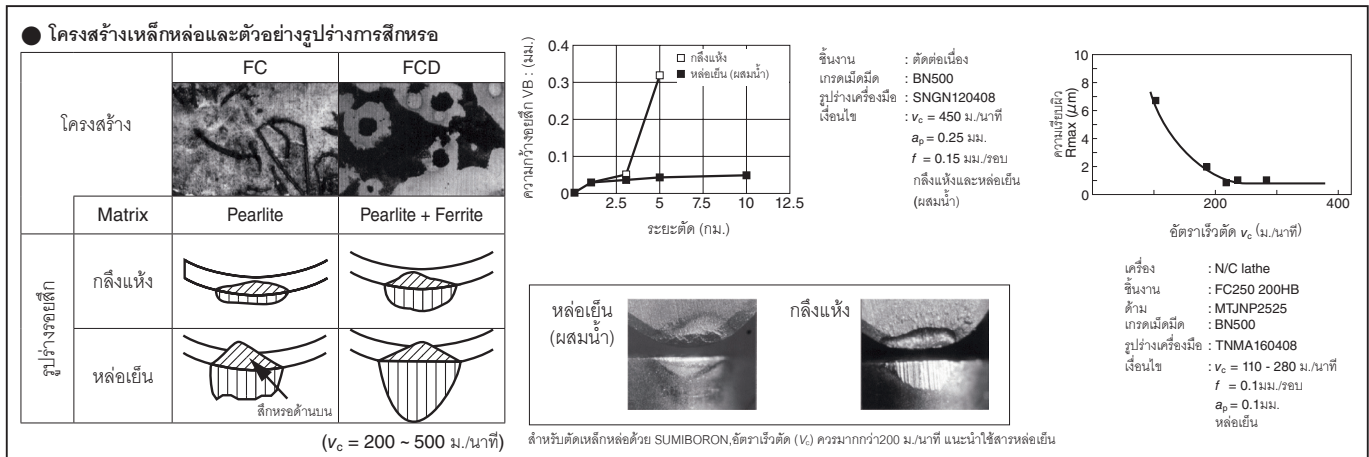
☆ อัตราป้อนเปลี่ยนแปลง ทำให้ตำแหน่งเกิด Notch กระจายตัว ผิวชิ้นงานเรียบขึ้น และ Notch wear ลดลง

ข้อมูลทางเทคนิค การตัดเหล็กหล่ออัตราเร็วสูงด้วย SUMIBORON SUMIBORON

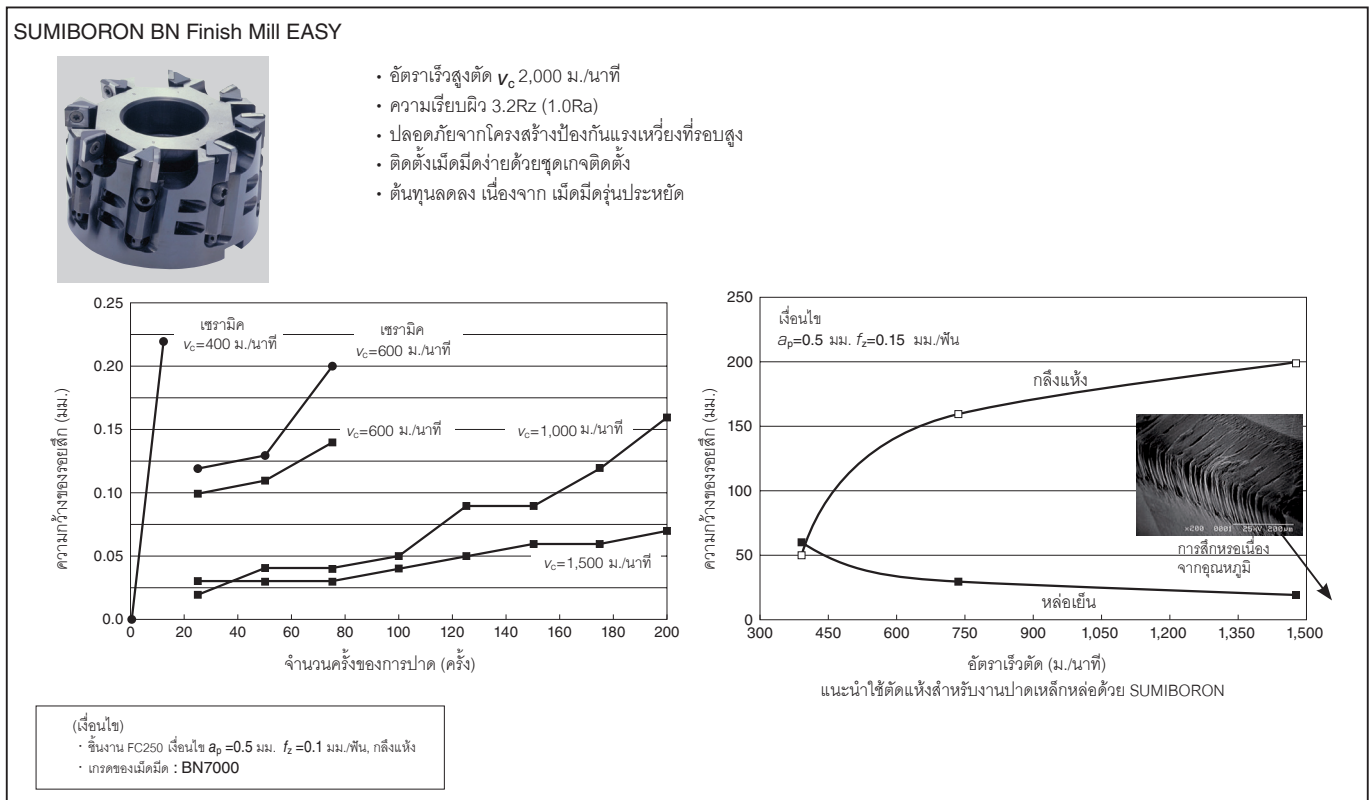
ข้อดีของการใช้ SUMIBORON สำหรับตัดเหล็กหล่อ



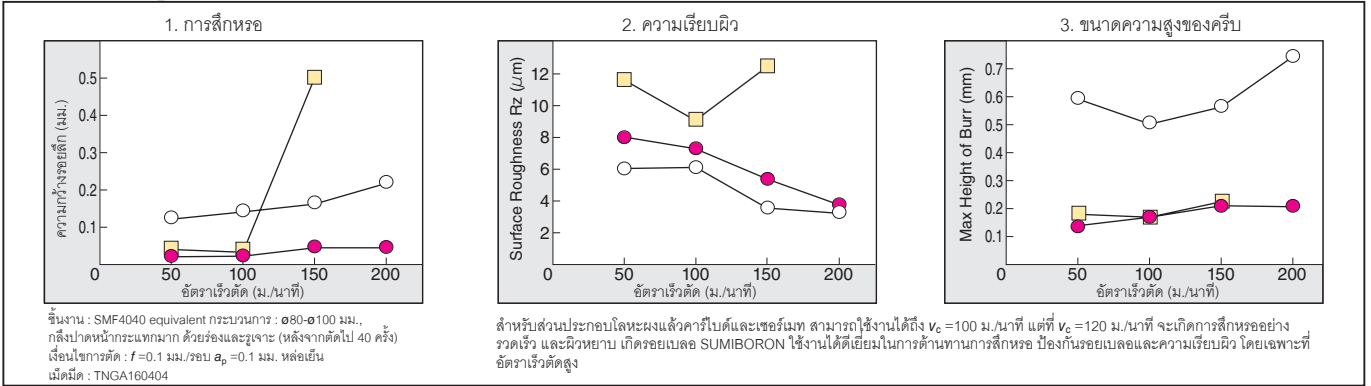
งานกลึง



งานกัด

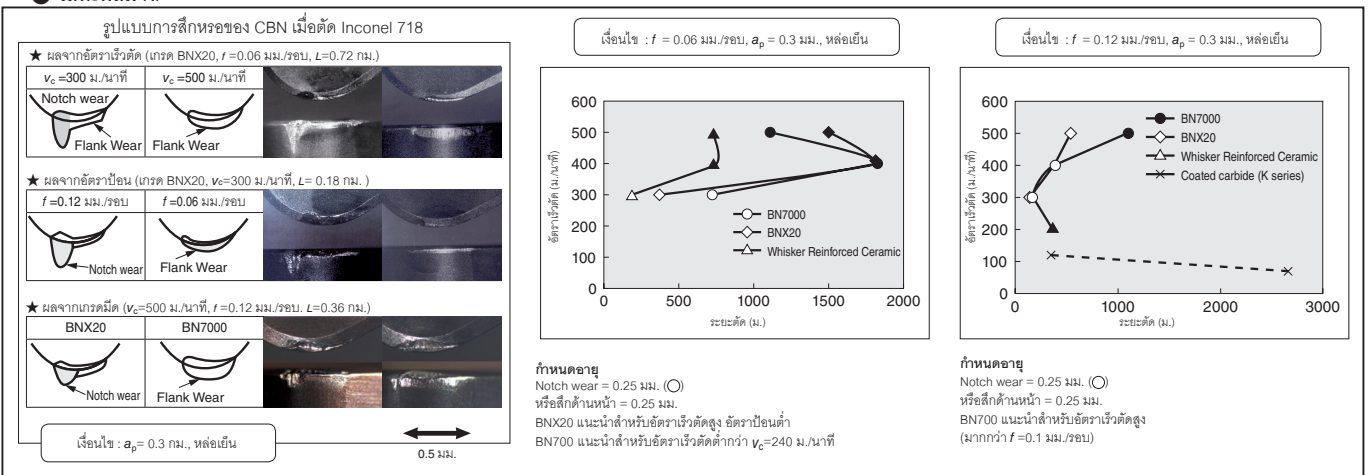


โลหะผงขั้นรูป

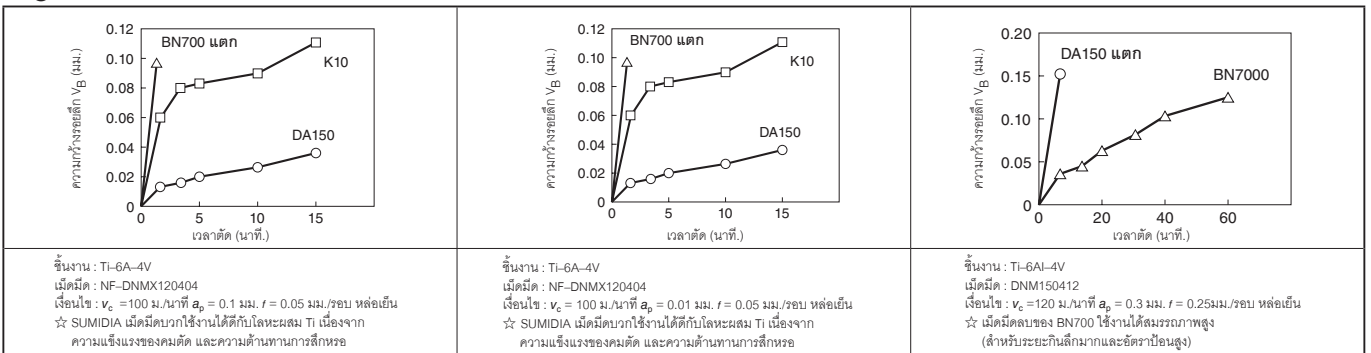


โลหะผสมทนความร้อน

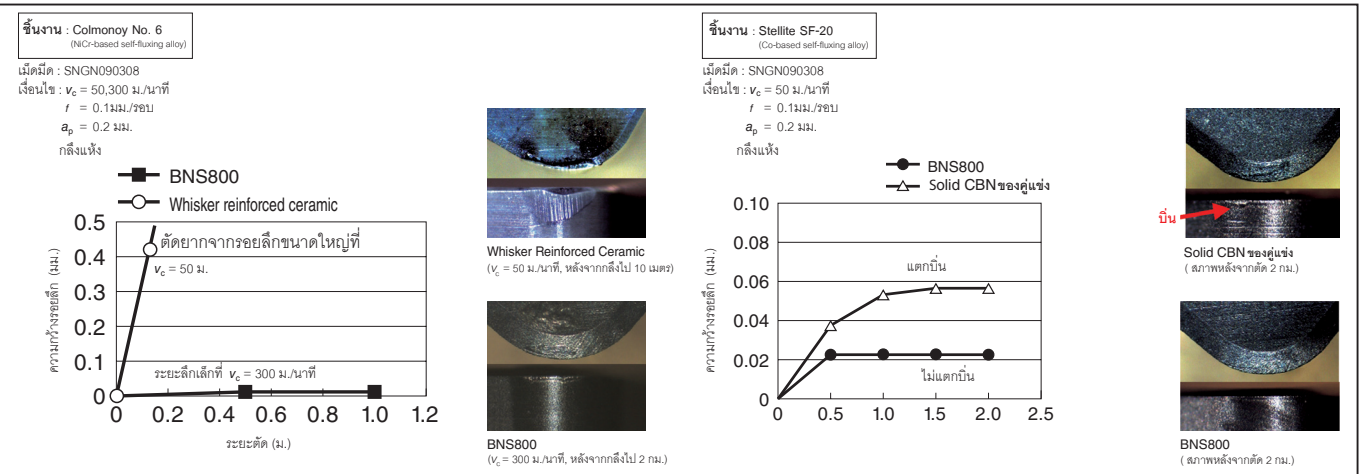
โลหะผสม Ni

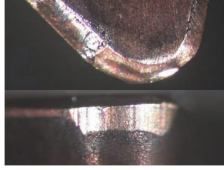
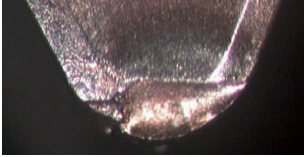
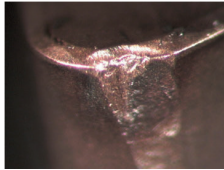
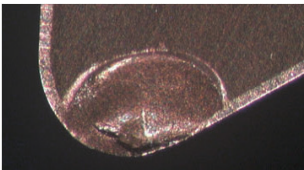
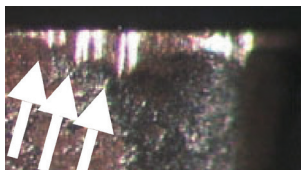
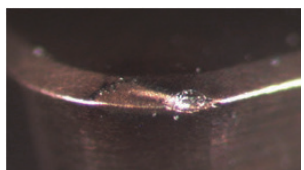
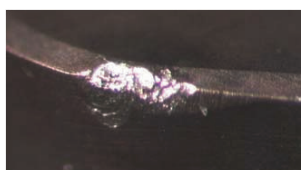
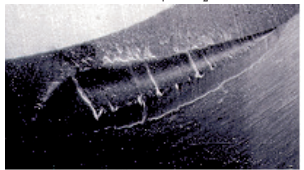


โลหะผสม Ti



Hard Facing Alloys



ปัญหา	สาเหตุ	การแก้ไข
<p>การสึกหรอด้านข้าง</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรดมีดมีความต้านทานการสึกหรอไม่ดีพอ • อัตราเร็วตัดสูงเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เปลี่ยนเป็นเกรดที่มีความต้านทานการสึกหรอมากขึ้น (BNC2010, BN1000, BN2000) • ลดอัตราเร็วตัด ลดอัตราเร็วตัดให้ต่ำกว่า $v_c=200$ ม./นาที (ใช้อัตราป้อนสูงขึ้นเพื่อลดเวลาสัมผัสของเม็ดมีดกับชิ้นงาน) • ใช้เม็ดมีดที่มีมุมหลบใหญ่ขึ้น
<p>การสึกหรอเป็นหลุมด้านบน</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรดมีดมีความต้านทานการสึกหรอไม่ดีพอ • อัตราเร็วตัดสูงเกินไป 	<ul style="list-style-type: none"> • เปลี่ยนเป็นเกรดที่ต้านทานการสึกเป็นหลุม (BNC2010, BNX25, BNX20) • ลดอัตราเร็วตัด และเพิ่มอัตราป้อน ลดอัตราเร็วตัดให้ต่ำกว่า $v_c=200$ ม./นาที (ใช้อัตราป้อนสูงขึ้นเพื่อลดเวลาสัมผัสของเม็ดมีดกับชิ้นงาน) • เปลี่ยนเป็นเกรดที่ต้านทานการสึกเป็นหลุม
<p>แตกที่หลุม</p> 		
<p>การแตกเป็นแผ่น</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรดมีดมีความต้านทานการแตกบิ่นไม่ดีพอ • แรงต้านสูง 	<ul style="list-style-type: none"> • ใช้เกรดที่มีความต้านทานการสึกหรอมากขึ้น (เช่น BNC2020 และ BN2000) • ใช้คมตัดที่แข็งแรงมากขึ้น (ใช้มุม NL ขนาดใหญ่, ทำ Honing) * กรณีเกรดมีดต้านทานการแตกบิ่นได้ดี ให้ใช้คมตัดที่คมมากขึ้น
<p>สึกเป็นรอยบาก</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • เกรดมีดมีคมตัดที่ไม่แข็งแรงพอ 	<ul style="list-style-type: none"> • เปลี่ยนเป็นเกรดที่ต้านทานการสึกหรอสูง (เช่น BNC2010 และ BN2000) • เพิ่มอัตราเร็วตัดให้สูงขึ้น (150 ม./นาที ขึ้นไป) • แนะนำให้ใช้ (วิธีเปลี่ยนอัตราป้อน) โดยปรับเปลี่ยนอัตราป้อนทุกครั้งทีตัดครบจำนวนที่กำหนด • ใช้มุม NL ขนาดใหญ่, ทำ Honing
<p>การแตกบิ่นเป็นรอยบากหน้า</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • การกระแทกที่คมตัด (ส่วนปลาย) 	<ul style="list-style-type: none"> • แนะนำให้ใช้เกรดที่มีความต้านทานการแตกบิ่นสูง (เช่น BNC300 และ BN350) • เพิ่มอัตราป้อน (ลดจำนวนการกระแทกลง เพื่อเพิ่มอายุการใช้งานให้นานขึ้น) ใช้คมตัดที่แข็งแรงมากขึ้น (ใช้มุม NL ขนาดใหญ่, ทำ Honing)
<p>การแตกบิ่นเป็นรอยบากข้าง</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • การกระแทกที่คมตัด (ด้านข้าง) 	<ul style="list-style-type: none"> • แนะนำให้ใช้เกรดที่มีความต้านทานการแตกบิ่นสูง (BNC300, BN350) • ลดอัตราป้อน • เพิ่มขนาดมุมคมตัดข้างให้ใหญ่ขึ้น • ใช้รัศมีเม็ดมีดให้ใหญ่ขึ้น • ใช้คมตัดที่แข็งแรงมากขึ้น (ใช้มุม NL ขนาดใหญ่, ทำ Honing)
<p>แตกจากอุณหภูมิ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • รอยแตกจากความร้อน 	<ul style="list-style-type: none"> • แนะนำให้เปลี่ยนเป็นวิธีตัดแบบ Dry • ใช้เกรดที่นำความร้อนได้ดี • ลดอัตราเร็วตัด, ความลึกกินงาน และอัตราป้อน

■ หน่วยพื้นฐาน SI

● ปริมาณตามหน่วย SI

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
Length	Meter	m
Mass	Kilogram	kg
Time	Second	s
Current	Ampere	A
Temperature	Kelvin	K
Quantity of Substance	Mol	mol
Luminous Intensity	Candela	cd

● หน่วยพื้นฐานของปริมาณเฉพาะสัญลักษณ์

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
Frequency	Hertz	Hz
Force	Newton	N
Pressure and Stress	Pascal	Pa
Energy, Work, and Calorie	Joule	J
Power and Efficiency	Watt	W
Voltage	Volt	V
Resistance	Ohm	Ω

■ SI Prefix

● Prefix Showing Integral Power of 10 Combined with SI Unit

Coefficient	Name	Symbol	Coefficient	Name	Symbol	Coefficient	Name	Symbol
10 ²⁴	Yota	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 ⁻⁶	Micro	μ			

■ ตารางเทียบหน่วย (□ พื้นที่แรงจางเป็นหน่วย SI)

● Force

N	kgf
1	1.01972 × 10 ⁻¹
9.80665	1

● Stress

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 ⁶
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

● Pressure

1Pa = 1N/m², 1MPa = 1N/mm²

Pa (N/m ²)	kPa	MPa	GPa	bar	kgf/cm ²	mmHg または 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 ¹²	1 × 10 ⁹	1 × 10 ⁶	1 × 10 ³	1 × 10 ⁷	1.01972 × 10 ⁷	7.50062 × 10 ⁹
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

● Work / Energy / Calorie

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 ⁻⁶	1	2.34270 × 10 ⁻³
4.18605 × 10 ³	1.16279 × 10 ⁻³	4.26858 × 10 ²	1

● Power (Efficiency and Motive Energy) / Thermal Flow

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

● Specific Heat

J/(kg · K)	1kcal (kg · °C)cal/(g · °C)
1	2.38889 × 10 ⁻⁴
4.18605 × 10 ³	1

● Thermal Conductivity

1W = 1J/s, PS : Horsepower

W/(m · K)	kcal/(h · m · °C)
1	8.60000 × 10 ⁻¹
1.16279	1

● Rotating Speed

min ⁻¹	rpm
1	1

1min⁻¹ = 1rpm

■ ตารางสัญลักษณ์เหล็กเหนียวและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก

● Carbon Steels

JIS	AISI	DIN
S10C	1010	C10
S15C	1015	C15
S20C	1020	C22
S25C	1025	C25
S30C	1030	C30
S35C	1035	C35
S40C	1040	C40
S45C	1045	C45
S50C	1049	C50
S55C	1055	C55

● Ni-Cr-Mo Steels

JIS	AISI	DIN
SNCM220	8620	21NiCrMo2
SNCM240	8640	—
SNCM415	—	—
SNCM420	4320	—
SNCM439	4340	—
SNCM447	—	—

● Cr Steels

JIS	AISI	DIN
SCr415	—	—
SCr420	5120	—
SCr430	5130	34Cr4
SCr435	5132	37Cr4
SCr440	5140	41Cr4
SCr445	5147	—

● Cr-Mo Steels

JIS	AISI	DIN
SCM415	—	—
SCM420	—	—
SCM430	4131	—
SCM435	4137	34CrMo4
SCM440	4140	42CrMo4
SCM445	4145	—

● Mn Steels and Mn-Cr Steels for Structural Use

JIS	AISI	DIN
SMn420	1522	—
SMn433	1534	—
SMn438	1541	—
SMn443	1541	—
SMnC420	—	—
SMnC443	—	—

● Carbon Tool Steels

JIS	AISI	DIN
SK1	—	—
SK2	W1-11 1/2	—
SK3	W1-10	C105W1
SK4	W1-9	—
SK5	W1-8	C80W1
SK6	—	C80W1
SK7	—	C70W2

● High Speed Steels

JIS	AISI	DIN
SKH2	T1	—
SKH3	T4	S18-1-2-5
SKH10	T15	S12-1-4-5
SKH51	M2	S6-5-2
SKH52	M3-1	—
SKH53	M3-2	S6-5-3
SKH54	M4	—
SKH56	M36	—

● Alloy Tool Steels

JIS	AISI	DIN
SKS11	F2	—
SKS51	L6	—
SKS43	W2-9 1/2	—
SKS44	W2-8	—
SKD1	D3	X210Cr12
SKD11	D2	—

● Grey Cast Iron

JIS	AISI	DIN
FC100	No 20B	GG-10
FC150	No 25B	GG-15
FC200	No 30B	GG-20
FC250	No 35B	GG-25
FC300	No 45B	GG-30
FC350	No 50B	GG-35

● Nodular Cast Iron

JIS	AISI	DIN
FCD400	60-40-18	GGG-40
FCD450	—	GGG-40.3
FCD500	80-55-06	GGG-50
FCD600	—	GGG-60
FCD700	100-70-03	GGG-70

● Ferritic Stainless Steels

JIS	AISI	DIN
SUS405	405	X10CrAl13
SUS429	429	—
SUS430	430	X6Cr17
SUS430F	430F	X7CrMo18
SUS434	434	X6CrMo17 1

● Martensitic Stainless Steels

JIS	AISI	DIN
SUS403	403	—
SUS410	410	X10Cr13
SUS416	416	—
SUS420J1	420	X20Cr13
SUS420F	420F	—
SUS431	431	X20CrNi17 2
SUS440A	440A	—
SUS440B	440B	—
SUS440C	440C	—

● Austenitic Stainless Steels

JIS	AISI	DIN
SUS201	201	—
SUS202	202	—
SUS301	301	X12CrNi17 7
SUS302	302	—
SUS302B	302B	—
SUS303	303	X10CrNiS18 9
SUS303Se	303Se	—
SUS304	304	X5CrNiS18 10
SUS304L	304L	X2CrNi19 11
SUS304NI	304N	—
SUS305	305	X5CrNi18 12
SUS308	308	—
SUS309S	309S	—
SUS310S	310S	—
SUS316	316	X5CrMo17 12 2
SUS316L	316L	X2CrNiMo17 13 2
SUS316N	316N	—
SUS317	317	—
SUS317L	317L	X2CrNiMo18 16 4
SUS321	321	X6CrNiTi18 10
SUS347	347	X6CrNiNb18 10
SUS384	384	—

● Heat Resisting Steels

JIS	AISI	DIN
SUH31	—	—
SUH35	—	—
SUH36	—	X53CrMnNi21 9
SUH37	—	—
SUH38	—	—
SUH309	309	—
SUH310	310	CrNi2520
SUH330	N08330	—

● Ferritic Heat Resisting Steels

JIS	AISI	DIN
SUH21	—	CrAl1205
SUH409	409	X6CrTi12
SUH446	446	—

● Martensitic Heat Resisting Steels

JIS	AISI	DIN
SUH1	—	X45CrSi9 3
SUH3	—	—
SUH4	—	—
SUH11	—	—
SUH600	—	—

■ ตารางสัญลักษณ์เหล็กเหนียวและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก

● ประเภทสัญลักษณ์เหล็กเหนียว

สำหรับ	วัสดุ	สัญลักษณ์	รุ่น	
Structural Steels	Rolled Steels for welded structures	SM	"M" for "Marine"-Usually used in welded marine structures	
	Re-rolled Steels	SRB	"R" for "Re-rolled" and "B" for "Bar"	
	Rolled Steels for general structures	SS	S for "Steel" and for "Structure"	
	Light gauge sections for general structures	SSC	C for "Cold"	
Steel Sheets	Hot rolled mild steel sheets / plates in coil form	SPH	P for "Plate" and "H" for "Hot"	
Steel Tubes	Carbon steel tubes for piping	SGP	"GP" for "Gas Pipe"	
	Carbon steel tubes for boiler and heat exchangers	STB	"T" for "Tube" and "B" for "Boiler"	
	Seamless steel tubes for high pressure gas cylinders	STH	"H" for "High Pressure"	
	Carbon steel tubes for general structures	STK	"K" for "Kozo"-Japanese word meaning "structure"	
	Carbon steel tubes for machine structural uses	STKM	"M" for "Machine"	
	Alloy steel tubes for structures	STKS	"S" for "Special"	
	Alloy steel tubes for piping	STPA	"P" for "Piping" and "A" for "Alloy"	
	Carbon steel tubes for pressure piping	STPG	"G" for "General"	
	Carbon steel tubes for high temperature piping	STPT	"T" for "Temperatures"	
	Carbon steel tubes for high pressure piping	STS	"S" after "SP" is abbreviation for "Special"	
	Stainless steel tubes for piping	SUS-TP	"T" for "Tube" and "P" for "Piping"	
	Steel for Machine Structures	Carbon steels for machine structural uses	SxxC	"C" for "Carbon"
		Aluminium Chromium Molybdenum steels	SACM	"A" for "Al", "C" for "Cr" and "M" for "Mo"
Chromium Molybdenum steels		SCM	"C" for "Cr" and "M" for "Mo"	
Chromium steels		SCr	"Cr" for "Chromium"	
Nickel Chromium steels		SNC	"N" for "Nickel" and "C" for "Chromium"	
Nickel Chromium Molybdenum steels		SNCM	"M" for "Molybdenum"	
Manganese steels for structural use Manganese Chromium steels		SMn SMnC	"Mn" for "Manganese" "C" for "Chromium"	
Special Steels		Carbon tool steels	SK	"K" for "Kogu"-Japanese word meaning "tool"
	Hollow drill steels	SKC	"C" for "Chisel"	
	Alloy tool steel	SKS SKD SKT	S for "Special" D for "Die" T for "Tanzo"-Japanese word for "forging"	
	High speed tool steels	SKH	"H" for "High speed"	
	Free cutting sulphuric steels	SUM	"M" for "Machinability"	
	High Carbon Chromium bearing steels	SUJ	"J" for "Jikuuke"-Japanese word meaning "bearing"	
	Spring steels	SUP	"P" for "Spring"	
	Stainless Steels	SUS	"S" after "SU" is abbreviation for "Stainless"	
	Heat-resistant steels	SUH	"U" for "Special Usage" and "H" for "Heat"	
	Heat-resistant steel bars	SUH-B	"B" for "Bar"	
Heat-resistant steels sheets	SUHP	"P" for "Plate"		
Forged Steels	Carbon steel forgings for general use	SF	"F" for "Forging"	
	Carbon steel booms and billets for forgings	SFB	"B" for "Billet"	
	Chromium Molybdenum steel forgings	SFCM	"C" for "Chromium" and "M" for "Molybdenum"	
	Nickel Chromium Molybdenum steel forgings	SFNCM	"N" for "Nickel"	
Cast Irons	Grey cast irons	FC	"F" for "Ferrous" and "C" for "Casting"	
	Spherical graphite / Ductile cast irons	FCD	"D" for "Ductile"	
	Blackheart malleable cast irons	FCMB	"M" for "Malleable" and "B" for "Black"	
	Whiteheart malleable cast irons	FCMW	"W" for "White"	
	Pearlite malleable cast irons	FCMP	"P" for "Pearlite"	
Cast Steels	Carbon cast steels	SC	"C" for "Casting"	
	Stainless cast steels	SCS	"S" for "Stainless"	
	Heat-resistant cast steels	SCH	"H" for "Heat"	
	High Manganese cast steels	SCMnH	"Mn" for "Manganese" and "H" for "High"	

● โลหะนอกกลุ่มเหล็ก

สำหรับ	วัสดุ	สัญลักษณ์	
Copper and Copper Alloys	Copper and Copper alloys - Sheets, plates and strips	CxxxxP	
		CxxxxPP	
		CxxxxR	
	Copper and Copper alloys - Welded pipes and tubes	CxxxxBD	
		CxxxxBDS	
		CxxxxBE	
Aluminium and Aluminium Alloys	Aluminium and Al alloys - Sheets, plates and strips	AxxxxP	
		AxxxxPC	
	Aluminium and Al alloys -Rods, bars, and wires	AxxxxBE	
		AxxxxBD	
		AxxxxW	
	Aluminium and Al alloys-Extruded shapes	AxxxxS	
	Aluminium and Al alloys forgings	AxxxxFD	
AxxxxFH			
Magnesium Alloys	Magnesium alloy sheets and plates	MP	
Nickel Alloys	Nickel-copper alloy sheets and plates	NCuP	
	Nickel-copper alloy rods and bars	NCuB	
Castings	Wrought Titanium	Titanium rods and bars	TB
		Castings	Brass castings
	High strength Brass castings		HBxCx
	Bronze castings		BCx
	Phosphorus Bronze castings		PBCx
	Aluminium Bronze castings		AIBCx
	Aluminium alloy castings		AC
	Magnesium alloy castings		MC
	Zinc alloy die castings		ZDCx
	Aluminium alloy die castings		ADC
	Magnesium alloy die castings		MDC
	White metals		WJ
	Aluminium alloy castings for bearings		AJ
	Copper-Lead alloy castings for bearings		KJ

■ ตารางเปรียบเทียบความแข็ง

● ค่าเทียบเคียงกับ Brinell hardness ของเหล็ก

Brinell Hardness 3,000kgf HB	Rockwell Hardness				Vickers Hardness 50kgf HV	Shore Hardness HS	Traverse Rupture Strength (GPa)
	A Scale 60kgf brale HRA	B Scale 100kgf 1/10in Ball HRB	C Scale 150kgf brale HRC	D Scale 100kgf brale HRD			
—	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 Hardness 3,000kgf HB	Rockwell Hardness				Vickers Hardness 50kgf HV	Shore Hardness HS	Traverse Rupture Strength (GPa)
	A Scale 60kgf brale HRA	B Scale 100kgf 1/10in Ball HRB	C Scale 150kgf brale HRC	D Scale 100kgf brale HRD			
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) ค่าที่อยู่ใน () ไม่นิยมใช้

2) Rockwell A, C, D scales ใช้หัวกดเพชร

3) ข้อมูลในตารางอ้างอิงจาก JIS Handbook (Steel 1980)

มาตรฐานของ Taper

Morse Taper

Fig. 1 With Tang Type

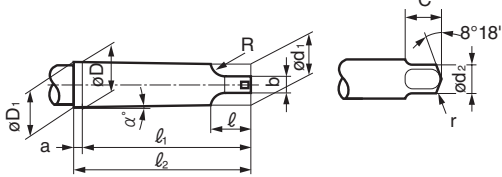
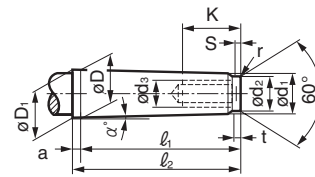


Fig. 2 Drawing Thread Type



(หน่วย : มม.)

Morse Taper Number	Taper ⁽¹⁾	Taper Angle (α°)	Taper						Tang						Fig	
			D	a	D ₁ ⁽²⁾ (Estimated)	d ₁ ⁽²⁾ (Estimated)	l ₁ (Max)	l ₂ (Max)	d ₂ (Max)	b	C (Max)	e (Max)	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	

Morse Taper Number	Taper ⁽¹⁾	Taper Angle (α°)	Taper						Tang						Fig
			D	a	D ₁ ⁽²⁾ (Estimated)	d ₁ ⁽²⁾ (Estimated)	l ₁ (Max)	l ₂ (Max)	d ₂ (Max)	d ₃	K (Min)	t (Max)	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	

(1) The fractional values are the taper standards.

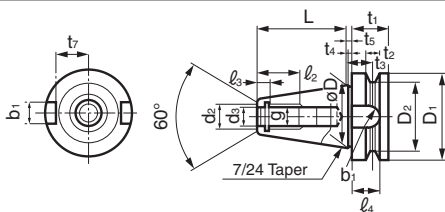
(2) Diameters (D₁) and (d₁) are calculated from the values of (D) and other values of the taper. (values are rounded up to one decimal place).

หมายเหตุ 1. Taper ตรวจสอบโดย Ring gauge มาตรฐาน JIS B 3301 โดยสัมผัสมากกว่า 75%

2. สกรูใช้แบบเกลียวหยาบมาตรฐาน JIS B 0205 ค่าความละเอียดอยู่ที่ระดับ 3 ของ JIS B 0209

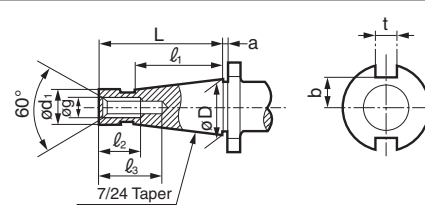
Bottle Grip Taper

Fig 3



American Standard Taper (National Taper)

Fig 4



Bottle Grip Taper

(หน่วย : มม.)

Taper No.	D (Standard)	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	Fig
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.	Nominal Diameter	D	d ₁	L	l ₁ (Min)	l ₂ (Min)	l ₃ (Min)	g	a	t	b	Fig
30	1 ¹ / ₄ "	31.750	17.4	68.4	48.4	24	34	1/2"	1.6	15.9	16	4
40	1 ³ / ₄ "	44.450	25.3	93.4	65.4	32	43	5/8"	1.6	15.9	22.5	
50	2 ³ / ₄ "	69.850	39.6	126.8	101.8	47	62	1"	3.2	25.4	35	
60	4 ¹ / ₄ "	107.950	60.2	206.8	161.8	59	76	1 ¹ / ₄ "	3.2	25.4	60	

N
 องค์การ
 มาตรฐานแห่งชาติ
 แห่งไทย

อ้างอิง

■ ขนาดค่าความเผื่อสำหรับการสวมประกอบทั่วไป [จาก JIS B 0401(1999)]

● ขนาดค่าความเผื่อสำหรับรูชิ้นงาน

ขนาด มากกว่า	สูงสุด	ค่าหีสุนย์ของ Shaft																								หน่วย μm										
		b9	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 -51	
14	18																																			-38 -56
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																																			-56 -77
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																																-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																																-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																																-131 -166
120	140	+420 +260	+300 +200	+360 +200																																-107 -147
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																																-131 -171
180	200	+525 +340	+355 +240	+425 +240																																-105 -151
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																																-123 -169
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																																-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																																-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																																-172

N
 องค์การฯ
 ๒๕๖๕

■ ขนาดค่าความเผื่อและการสวมประกอบ [จาก JIS B 0401 (1999)]

● มาตรฐานรูสวม

Standard Hole	Tolerance Zone Class of Shaft											
	Clearance Fit			Transition Fit			Interference Fit					
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
			e7	f7	h7	js7					t6	u6
H8			f7	h7								x6
			e8	f8	h8							
H9			d9	e9								
			d8	e8	h8							
H10			c9	d9	e9	h9						
	b9	c9	d9									

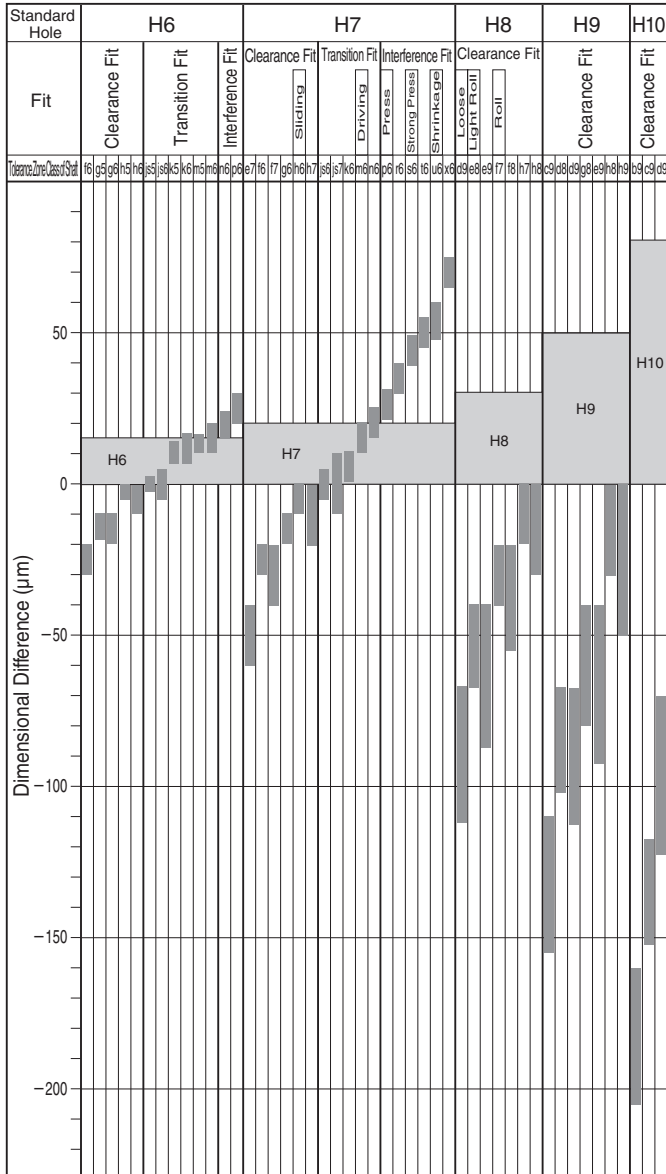
Note: These fittings produce exceptions depending on dimension category.

● มาตรฐานด้ามประกอบ

Standard Shaft	Tolerance Zone Class of Hole											
	Clearance Fit			Transition Fit			Interference Fit					
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
				E7	F7	H7					S7	T7
h7				F8		H8					U7	X7
h8				D8	E8	F8	H8					
				D9	E9		H9					
h9				D8	E8		H8					
				C9	D9	E9	H9					
h10				B10	C10	D10						

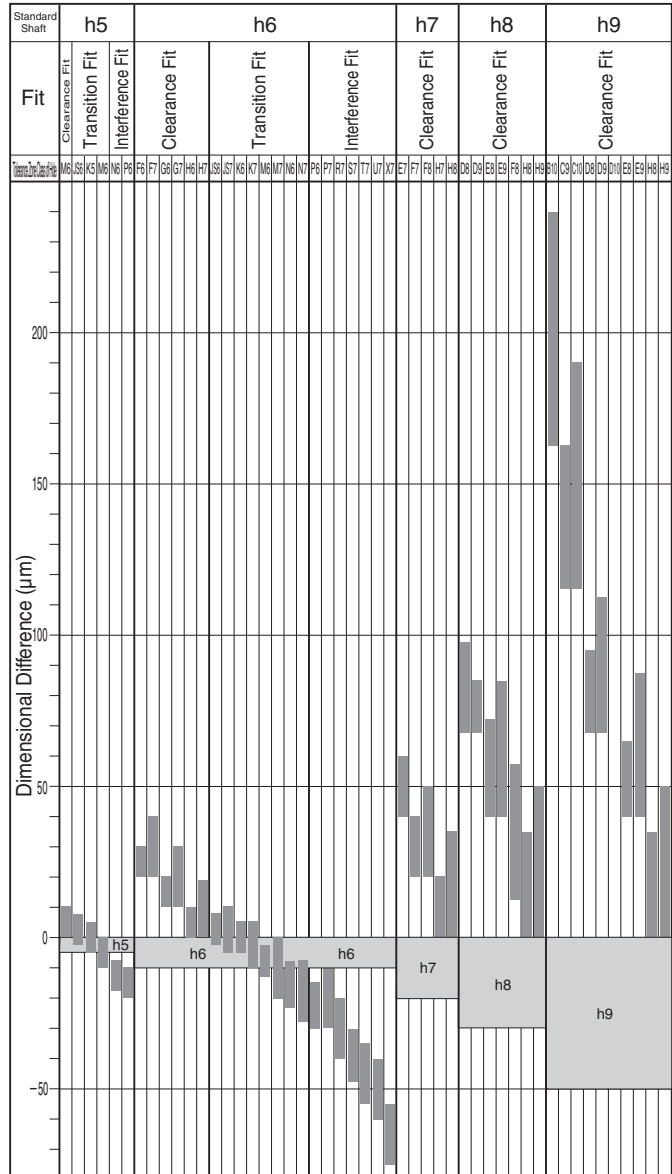
Note: These fittings produce exceptions depending on dimension category.

● Interrelationship of Tolerance Zones for Regularly Used Standard Hole Fits



Note: The above table is for standard dimensions of more than 18 mm and less than or equal to 30 mm.

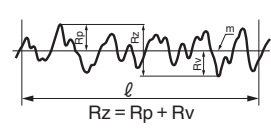
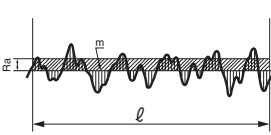
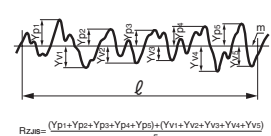
● Interrelationship of Tolerance Zones for Regularly Used Standard Shaft Fits



Note: The above table is for standard dimensions of more than 18 mm and less than or equal to 30 mm.

■ ความเรียบผิว

● ชนิดการวัดความเรียบผิว

ชนิด	สัญลักษณ์	วิธีการวัด	รูปลักษณะ
ตำแหน่งสูงสุด	¹⁾ Rz	เป็นค่าวัด (µm) จากการวัดตำแหน่งยอดต่ำสุดกับตำแหน่งยอดสูงสุดของเส้นอ้างอิง, (ไม่คำนึงถึงจุดผิดปกติที่สูงสุดหรือต่ำที่สุด)	 $Rz = R_p + R_v$
ความเรียบผิวเฉลี่ย 10 จุด	Ra	จากเส้นกึ่งกลางระหว่างจุดยอดและช่วงภายในเส้นอ้างอิง, ระหว่างเส้นกึ่งกลางแบ่งครึ่งระหว่างจุดยอดกับช่วง (พื้นที่แรงตามเส้นประ) หาพื้นที่แรงและหารด้วยระยะ	 $Ra = \frac{1}{l} \int_0^l f(x) dx$
คำนวณความเรียบผิว	²⁾ Rzjis	จากเส้นภาพฉายที่กำหนดช่วงเป็นเส้นอ้างอิง, เลือก 5 จุดที่สูงที่สุด และ 5 จุดที่ต่ำที่สุด วัดระยะระหว่างสองเส้น และแสดงออกมาเป็น µm	 $Rz_{jis} = \frac{(Y_{p1} + Y_{p2} + Y_{p3} + Y_{p4} + Y_{p5}) + (Y_{v1} + Y_{v2} + Y_{v3} + Y_{v4} + Y_{v5})}{5}$

ค่าที่กำหนดตามวิธีด้านบนมาตรฐานเส้นอ้างอิง และสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยมแสดงในตารางด้านขวา

● ความสัมพันธ์ของสัญลักษณ์สามเหลี่ยมกับค่าความเรียบผิว

Designated Values for *1) Rz	Designated Values for Ra	Designated Values for *2) RzJIS	Standard Reference Length Values, (mm)	Triangular * Symbols
(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 () ไม่นิยมใช้ ยกเว้นในกรณีพิเศษ

*Due to revision of JIS 1994, the finishing symbols, Triangular () and way () symbols, were abolished.