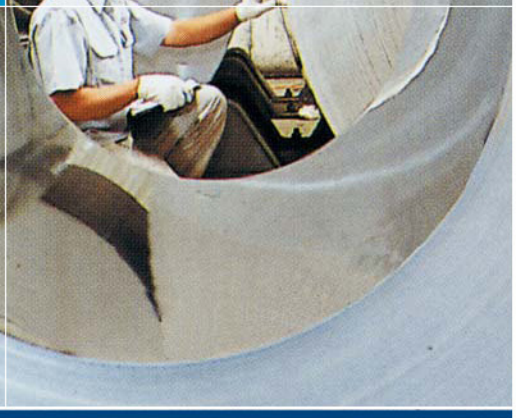
ThaiNox STAINLESS

TECHNOLOGY

QUALITY

SERVICE



คู่มือทางเทคนิค
สเตนเลส

The First and Largest Stainless Steel Producer in Thailand and ASEAN

T-SANG.

บริษัท ธนาแสงชัย สเตนเลส จำกัด
Thanasangchai Stainless Co., Ltd.
http://www.thanasang.com
โทร. 02-997-6175, 02-997-6181

สเตนเลสคืออะไร

ตามมาตรฐานยุโรป EN 10020 เหล็กกล้าคือ โลหะผสมระหว่างเหล็กและคาร์บอน ซึ่งมีส่วนผสมของคาร์บอนน้อยกว่า 2% ของน้ำหนัก ส่วนเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่านั้นเรียกว่า เหล็กหล่อ (Cast Irons)

เหล็กหล่อ	►	Fe + C > 2%
เหล็กคาร์บอน	►	Fe + C < 2%
เหล็กพิเศษ	►	Fe + C < 2% + (Cr, Ni, Mo, etc) > 5%
สเตนเลส	►	Fe + C < 1.2% + Cr > 10.5%

สเตนเลส เป็นศัพท์ทั่วไปที่ใช้เรียกเหล็กในกลุ่มที่มีความต้านทานการกัดกร่อน ซึ่งมีโครเมียมผสมอยู่อย่างน้อย 10.5% และมีการเติมนิกเกิล โมลิบดินัม ไททาเนียม ไนโอเบียม หรือโลหะอื่น แตกต่างกันไปตามชนิด คุณสมบัติเชิงกล และการใช้งานของสเตนเลสเหล่านี้ ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของโลหะ ดังนั้นการเลือกใช้ชนิดให้เหมาะสมกับการใช้งาน จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

ปัจจุบันมีการใช้สเตนเลสกันมากขึ้นในอุตสาหกรรมแขนงต่างๆ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนสูง มีความแข็งแรง และสามารถเชื่อมและขึ้นรูปได้ดี

ชนิดของสเตนเลส

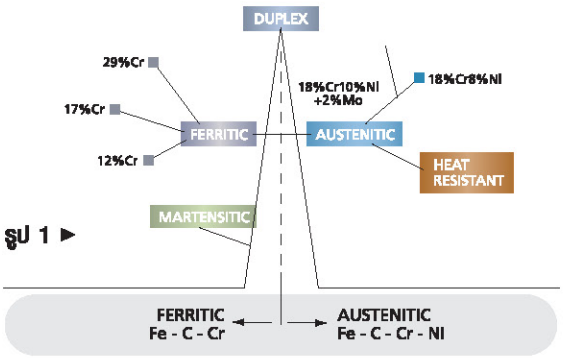
สเตนเลสสามารถแบ่งตามลักษณะโครงสร้างจุลภาคออกเป็น 5 ชนิดหลักๆ คือ ออสเตนนิติก, เฟอร์ริติก, ดูเพล็กซ์, มาร์เทนซิติก และเหล็กกล้าชุบแข็งแบบตกผลึก (รูปที่ 1)

สเตนเลสออสเตนนิติก (Austenitic) เป็นสเตนเลสที่แม่เหล็กดูดไม่ติด และนอกจากส่วนผสมของโครเมียม 18% แล้วยังมีนิเกิลที่ช่วยเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนอีกด้วย สเตนเลสออสเตนนิติกเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดในบรรดาสเตนเลสด้วยกัน สเตนเลสออสเตนนิติกอาจมีโครเมียมผสมอยู่สูงถึง 20% ถึง 25% และ นิกเกิล 10% ถึง 20% ทำให้สามารถทนการเกิดออกซิไดซ์ได้ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งใช้ในส่วนประกอบของเตาหลอม ท่อนำความร้อน และแผ่นกันความร้อนในเครื่องยนต์ บางทีจะเรียกกันว่าเป็น **สเตนเลสทนความร้อน** (Heat Resisting Steel)

สเตนเลสเฟอร์ริติก (Ferritic) มีคุณสมบัติแม่เหล็กดูดติด และมีส่วนผสมของคาร์บอนต่ำ มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลักโดยทั่วไปประมาณ 13% ถึง 17%

สเตนเลสดูเพล็กซ์ (Duplex) จะมีโครงสร้างผสมระหว่างเฟอร์ไรต์และออสเตนไนต์ มีโครเมียมผสมอยู่ประมาณ 18% ถึง 28% และ นิกเกิล 4.5% ถึง 8% เหล็กชนิดนี้จะใช้งานที่มีคลอไรด์สูง

สเตนเลสมาร์เทนซิติก (Martensitic) มีคุณสมบัติแม่เหล็กดูดติด โดยทั่วไปจะมีโครเมียมผสมอยู่ 11.5% ถึง 18% และมีส่วนผสมของคาร์บอนมากกว่า 0.1% สามารถชุบแข็งได้เช่นเดียวกับเหล็กคาร์บอนทั่วไป จึงมักใช้ทำช้อนส้อม มีด เครื่องมือตัด และเครื่องมือวิศวกรรมอื่นๆ

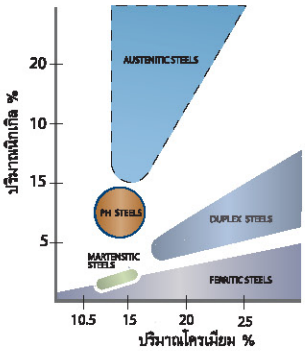


รูป 1 ► ตระกูลของสเตนเลส

สเตนเลสชุบแข็งแบบตกผลึก (Precipitation Hardening Steels) (รูปที่ 2) มีโครเมียมผสมอยู่ 15% ถึง 18% มีนิกเกิล 3% ถึง 8% และมีทองแดง และไนโอเบียมผสมอยู่ด้วย เนื่องจากสเตนเลสในกลุ่มนี้มีความแข็งสูง จึงเหมาะสำหรับทำแกนปั๊มหัววาล์ว และส่วนประกอบของอากาศยาน

95% ของสเตนเลสที่ใช้งานในปัจจุบันจะเป็นชนิดออสเตนนิติกและเฟอร์ริติก

รูป 2 ► ความสัมพันธ์ของปริมาณนิกเกิลและโครเมียมในสเตนเลสชนิดต่างๆ (PH Steels คือสเตนเลสชุบแข็งแบบตกผลึก Precipitation Hardening Steels)



ความต้านทานการกัดกร่อน

เหตุใดสเตนเลสจึงทนการกัดกร่อนได้ โลหะทุกชนิด โดยทั่วไปจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นฟิล์มออกไซด์บนผิวโลหะ หรือออกไซด์ที่เกิดบนผิวเหล็กทั่วไปจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น และทำให้สภาพพื้นผิวเหล็กผุกร่อนที่เราเรียกว่าเป็นสนิม แต่สเตนเลสมีโครเมียมผสมอยู่ 10.5% ขึ้นไป ทำให้คุณสมบัติของฟิล์มออกไซด์บนพื้นผิวเปลี่ยนแปลงไป กลายเป็นฟิล์มปกป้องหรือ **พาสซีฟ-เลเยอร์** (Passive Layer) เหมือนเกราะป้องกันการกัดกร่อน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า **พาสซิวิตี้** (Passivity)

ฟิล์มปกป้องนี้จะมีความบางมาก (สำหรับเหล็กแผ่นบางขนาด 1 มม. ฟิล์มหรือพาสซีฟเลเยอร์จะมีความบางเทียบเท่ากับวางกระดาษ 1 แผ่นบนตึกสูง 20 ชั้น) มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฟิล์มนี้จะเกาะติดแน่นและทำหน้าที่ปกป้องเหล็กจากสารกัดกร่อน เมื่อเกิดมีการขีดข่วนฟิล์มปกป้องนี้จะสร้างขึ้นใหม่ได้เองตลอดเวลา (รูปที่ 3)

ความคงทนของพาสซีฟเลเยอร์ นี้เองที่เป็นปัจจัยหลักของความต้านทานการกัดกร่อนของสเตนเลส นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพของการกัดกร่อนอันได้แก่ **ความรุนแรงของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ความเป็นกรด ปริมาณสารละลายคลอไรด์ และอุณหภูมิ**

โดยทั่วไปแล้วการเพิ่มปริมาณโครเมียมจะช่วยเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนของสเตนเลส การเติมนิกเกิลจะช่วยเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน **โดยทั่วไปให้ทนสภาวะกัดกร่อนรุนแรงได้**

ส่วนโมลิบดินัมจะช่วยเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน **เฉพาะที่** เช่นการกัดกร่อนแบบรูเข็ม (Pitting Corrosion)

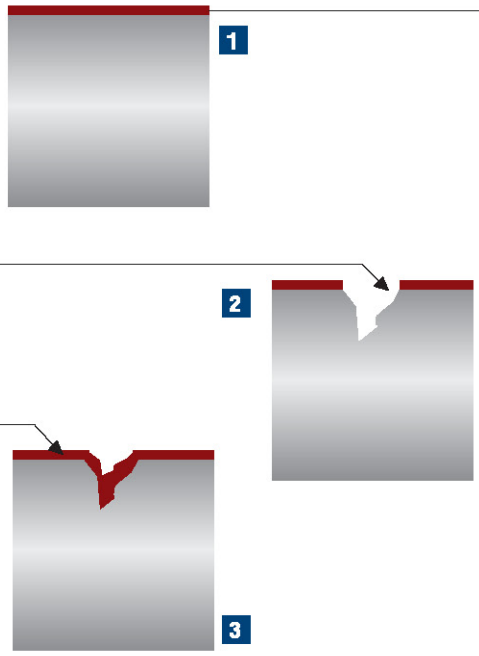
ในทางปฏิบัติ สเตนเลสชนิดเฟอร์ริติกสามารถใช้งานได้ในสภาวะการกัดกร่อนปานกลาง เช่นในพื้นที่ชนบท สเตนเลสทั้งชนิดเฟอร์ริติก และออสเตนนิติกสามารถใช้ทำอุปกรณ์เครื่องใช้ในครัวเรือนได้ แต่เนื่องจากชนิดออสเตนนิติกสามารถทนการกัดกร่อนได้ดีกว่า และทำความสะอาดง่าย จึงนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ชนิดออสเตนนิติกยังทนการกัดกร่อนจากสารเคมีหลายประเภท (ได้แก่ กรด, อัลคาไลน์...) ซึ่งใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี และกระบวนการผลิตต่างๆ

รูป 3 ►

1. ในสภาพการเกิดออกซิเดชั่นโดยทั่วไป ฟิล์มปกป้องหรือพาสซิฟเลเยอร์ โครเมียมออกไซด์จะถูกสร้างขึ้นเองบนผิวสเตนเลส

2. เมื่อเกิดการขีดข่วน กะเทาะ หรือจากการใช้เครื่องจักร ฟิล์มปกป้องนี้จะเกิดเป็นช่องให้อากาศสัมผัสกับเนื้อเหล็กได้

3. ฟิล์มปกป้องจะสร้างขึ้นใหม่ได้เองอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นคุณสมบัติของฟิล์มที่มีส่วนผสมของโครเมียม กับ ออกซิเจน



คุณสมบัติทั่วไปและคุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของสเตนเลส เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุประเภทอื่น แสดงอยู่ในตาราง 1 ด้านล่างนี้ (ค่าที่แสดงในตารางเป็นเพียงค่าประมาณ)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางกายภาพ

		ความหนาแน่น	จุดหลอมเหลว (2)	สัมประสิทธิ์การขยายตัว (3)	ค่าการนำความร้อน	ความจุความร้อนจำเพาะ (1)	ค่าความต้านทาน (1)	คุณสมบัติดึดแม่เหล็ก
หน่วย		Kg/dm3	˚C	µm/m.˚C	W/m.˚C	J/Kg.˚C	µΩcm	-
เหล็กกล้า	เหล็กกล้าละมุน	7.87	1530	12.0	46.0	455	16	ใช่
เหล็กกล้า	สเตนเลส 304	7.93	1450	16.0	15.0	500	80	ไม่ใช่
เหล็กกล้า	สเตนเลส 430	7.7	1500	10.2	26.0	460	60	ใช่
อะลูมิเนียม (4)		2.7	660	24.0	240.0	880	2.6	ไม่ใช่
ทองแดง (4)		8.95	1080	16.5	340.0	380	1.7	ไม่ใช่
สังกะสี		7.1	420	30.0	110.0	420	5.7	ไม่ใช่
ไททาเนียม		4.51	1800	8.5	19	550	50	ไม่ใช่
พลาสติก (5)	PE	0.9	<130	100.0	0.35			
พลาสติก (5)	PP	0.9	<180	100.0	0.15			
แก้ว		2.5	600	9.0	1.0			
เซรามิก (6)	Al	4.0	2000	8.5	30.0			
เซรามิก (6)	Zr	6.0	2700	10.5	2.0			

(1) ที่อุณหภูมิ 20˚C
(2) ในสภาพของเหลว
(3) 0˚C - 100˚C
(4) ผ่านการอบอ่อน
(5) PE = โพลิเอธิลีน , PP = โพลิโพรพีลีน
(6) Al = อะลูมิเนียม , Zr = เซอร์โคเนีย

ค่าที่แสดงเป็นค่าโดยประมาณ

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเชิงกล

			ความแข็งแรง	ความเหนียว	การทนแรงกระแทก
			*ค่าความเค้นสูงสุด	โมดูลัสความยืดหยุ่น	แรงกระทบ
หน่วย			MPa	GPa	-
เหล็กกล้า	เหล็กกล้าละมุน		420	210.0	++
	สเตนเลส	304	600	193.0	++
		430	540	200.0	++
อะลูมิเนียม (1)			75/90	69.0	++
ทองแดง (1)			230	120.0	++
สังกะสี			220	100.0	+
คอนกรีต			2/5	30.0	- -
พลาสติก		PE	35	0.7	+
		PP	40	1.0	-
แก้ว			35	80.0	-
เซรามิก		Al	240	370.0	-
		Zr	500	200.0	-

(1) ผ่านการอบอ่อน * ค่าโดยทั่วไป

คุณสมบัติเชิงกล

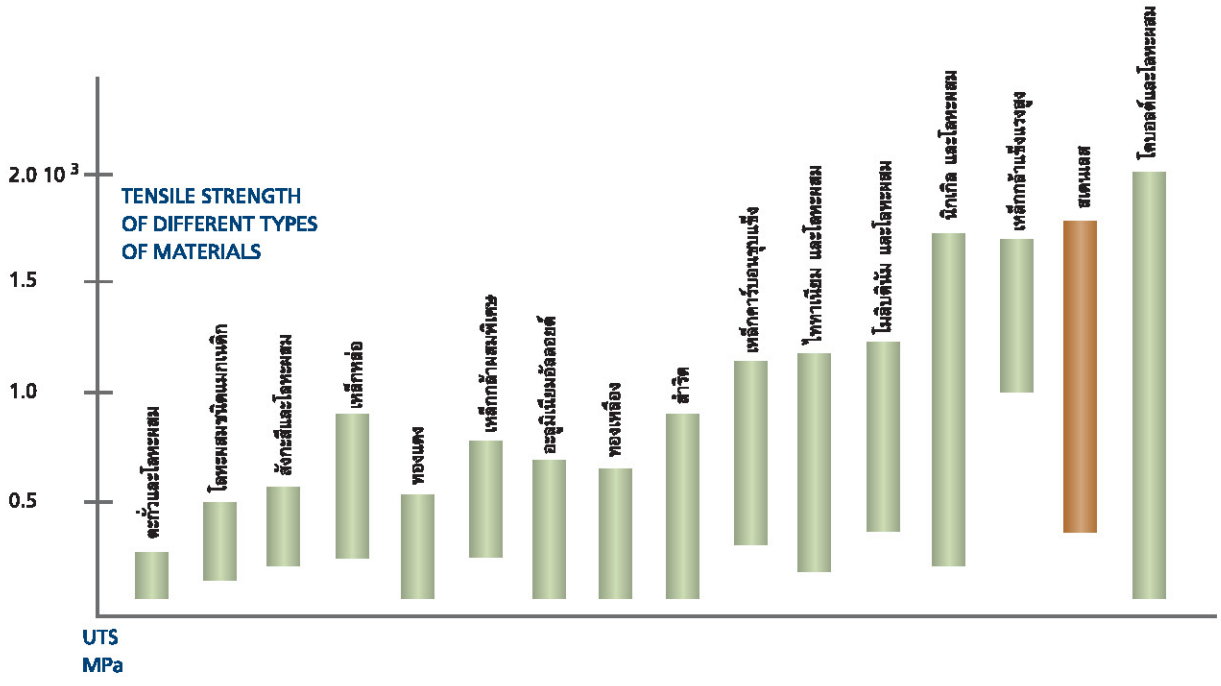
สเตนเลส โดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของเหล็กประมาณ 70 ถึง 80% จึงทำให้มีคุณสมบัติของเหล็ก ที่สำคัญ 2 ประการคือ **ความแข็งแรง** และ **ความเหนียว**

ในตาราง 2 เป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติเชิงกลกับวัสดุชนิดอื่นจะเห็นได้ว่าพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมีค่าความแข็งแรงและโมดูลัสความยืดหยุ่นต่ำ ส่วนเซรามิกก็จะมีความแข็งสูง แต่มีความแกร่งหรือความสามารถรับแรงกระแทกต่ำ

สเตนเลส มีคุณสมบัติทางกลระหว่างกลางของทั้งความแข็งแรงและความเหนียว เนื่องจากมีส่วนผสมของธาตุเหล็กอยู่มากและมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นอีกในชนิดออสเตนนิติก

ในตารางที่ 3 จะแสดงให้เห็นค่าความเค้นสูงสุด (Ultimate Tensile Strength) ของสเตนเลสชนิดต่างๆ ตั้งแต่ชนิดนิ่มซึ่งทำให้สามารถขึ้นรูปเย็นได้ดี เช่นการขึ้นรูปลึก (Deep Drawing) จนถึงชนิดที่มีค่าความเค้นสูงสุดที่สูง ซึ่งได้จากการขึ้นรูปเย็น หรือการทำให้เย็นตัวโดยเร็ว (Quenching) หรือชนิดชุบแข็งแบบตกผลึก (Precipitation Hardening) ซึ่งเหมาะกับการใช้ทำสปริง

ตารางที่ 3 : ค่าความเค้นสูงสุดของวัตถุชนิดต่างๆ



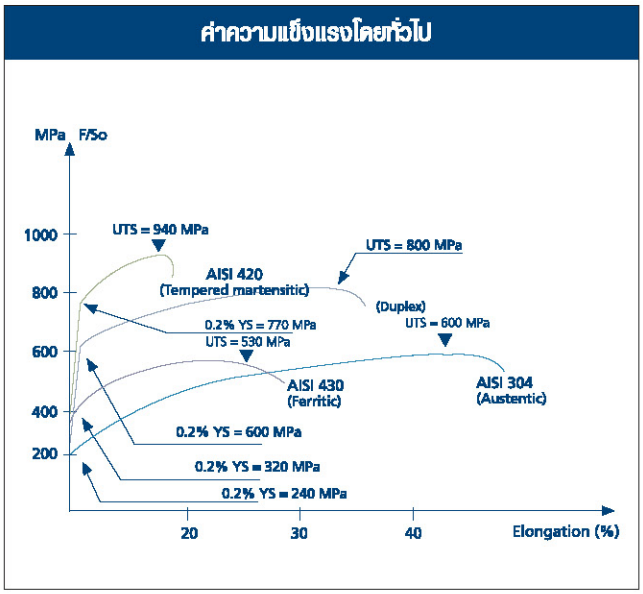
คุณสมบัติของสเตนเลส

สเตนเลสจะมีลักษณะค่าความแข็งแรงที่เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันด้วย สืบเนื่องจากลักษณะของชนิดโครงสร้าง

รูป 4 แสดงให้เห็นแนวโค้งของค่าความแข็งแรงโดยทั่วไปของเหล็กกล้าผสม 4 ชนิด

- ชนิดมาร์เทนซิติกมีค่าความเค้นจำนน (Yield Strength : YS) และค่าความเค้นสูงสุด (Ultimate Tensile Strength : UTS) สูงมากในสภาพที่ผ่านกระบวนการอบชุบ แต่จะมีค่าการยืดตัว (Elongation : El%) ต่ำ
- ชนิดเฟอร์ริติกมีค่าความเค้นจำนนและค่าความเค้นสูงสุดปานกลางเมื่อรวมกับค่าการยืดตัวสูงจึงทำให้สามารถขึ้นรูปได้ดี
- ชนิดออสเตนนิติกมีค่าความเค้นจำนนใกล้เคียงกับชนิดเฟอร์ริติก แต่มีค่าความเค้นสูงสุดและการยืดตัวสูง จึงสามารถขึ้นรูปได้ดีมาก
- ชนิดดูเพล็กซ์ (ออสเตนไนท์-เฟอร์ไรต์) มีค่าความเค้นจำนนและค่าการยืดตัวสูงจึง เรียกได้ว่าเหล็กชนิดนี้มีทั้งความแข็งแรงและความเหนียว (Ductility) ดีเลิศ

ค่าความแข็งแรงโดยทั่วไป



รูป 4 ▲ แสดงแนวโค้งของค่าความแข็งแรงของเหล็กทั้ง 4 ชนิด

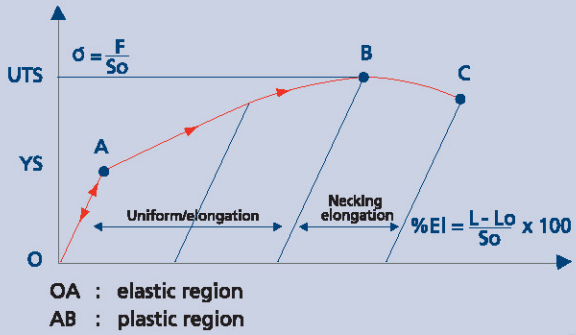
▼ ค่าโดยทั่วไปใน ตาราง 4 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของสเตนเลสต่างชนิดกัน

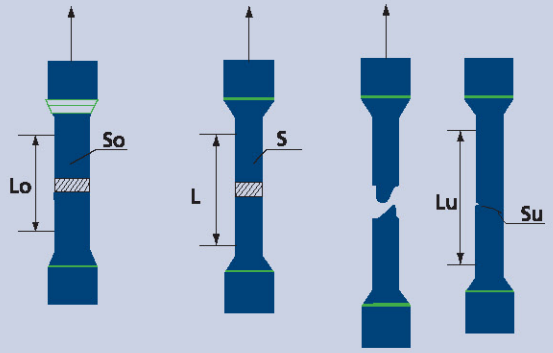
ตารางที่ 4 ค่าเฉพาะทางกลของสเตนเลสในสภาพผ่านการอบอ่อน

ชนิดของเหล็ก	UTS (MPa)	0.2% YS (MPa)	% El
ดูเพล็กซ์	500 to 850	270 to 550	14 to 32
มาร์เทนซิติกที่ผ่านความร้อน	1200 to 2000	1000 to 1600	2 to 10
เฟอร์ริติก	400 to 550	200 to 400	20 to 35
ออสเตนนิติก	570 to 730	230 to 400	40 to 65

การทดสอบความต้านทานแรงดึง

ค่าเชิงกลหลัก - UTS, YS, %El - จากการทดสอบความต้านทานแรงดึงแสดงอยู่ด้านล่างนี้

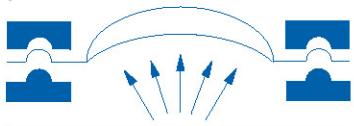




DEFINITION :
UTS : Ultimate Tensile Strength
YS : Yield Strength
%El : Total Elongation at failure

So = Initial Gage length area
S = Area during test
Su = Final area in neck
Lu = Final length

รูป 5 EXPANSION

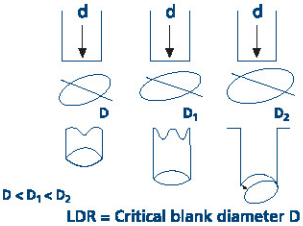


Erichsen test

Grade	Erichsen deflection [mm]*
AISI 430	8.7
AISI 304	11.2

*Thickness 0.8 mm.

รูป 6 DEEP DRAWING

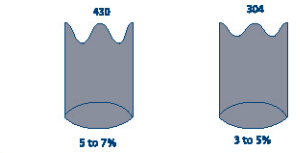


LDR = Critical blank diameter D / Punch diameter d

Deep draw Cup.

Grade	LDR
AISI 430	2.05
AISI 304	2.0

รูป 7 EARING CUP TEST



Swift test

Grade	% earing
AISI 430	5 - 7 %
AISI 304	3 - 5 %

การขึ้นรูป (Forming)

1. การดัดพับ (Bending)

การดัดพับของสเตนเลสสามารถทำได้โดยใช้กระบวนการ และอุปกรณ์เครื่องมือเช่นเดียวกับเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) อย่างไรก็ตาม สำหรับเกรดในกลุ่มออสเตนนิติก ต้องใช้แรงเพิ่มขึ้น 50 - 60 % อีกทั้งยังต้องปรับมุมพับและหรือแนวขอบดัดพับ เนื่องจากความยืดหยุ่นในการคืนตัวกลับ (Elastic Springback) สูงกว่าด้วย

2. การอัดขึ้นรูป (Press Forming)

การขึ้นรูปแบบดึงลึก เป็นกระบวนการในทางงานโลหะที่ใช้กันในการขึ้นงานทรงกลม วิธีนี้ทำได้โดยอัดหัวกระทุ้ง หรืออัดกดแผ่นโลหะเรียบ (จะได้ลักษณะชิ้นงานตามต้องการ) การขึ้นรูปวิธีนี้มีความสัมพันธ์กับระบบที่ซับซ้อนของความเครียดในการยืดตัวกับความเครียดต้านแรงอัด

2.1 การขึ้นรูปแบบขึงออก (Expansion)

พฤติกรรมในการขึ้นรูปแบบนี้ (ในแง่มุมด้านการยืดผิวหน้า) สามารถคาดหมายได้ โดยวิธีทดสอบสร้างรูปถ้วยของอีริคเซน (ด้วยหัวอัดขนาด 20 มม.) การแปรรูปกระทำโดยยืดขอบของแผ่นและวัดความสูงของถ้วย จากดอดอดที่เกิดขึ้น (รูป 5)

2.2 การทดสอบความสามารถในการดึง (ขึ้นรูป) ลึก (รูป 6)

ในระหว่างการแปรรูปในวิธีการขึ้นรูปแบบดึงลึก แผ่นโลหะสามารถเลื่อนตัวระหว่างแม่พิมพ์และแหวนรั้ง เพื่อให้มีการป้อนเนื้องานข้อบกพร่องขนาดใหญ่สามารถเกิดขึ้นได้ในขณะนั้น เช่น รอยย่น และหรือเกิดขอบของชิ้นงานหลังการขึ้นรูปยาวไม่เท่ากัน หรือการฉีกขาดตามแนวรัศมีของหัวอัด พฤติกรรมของการขึ้นรูปแบบดึงลึก ตีความได้จากค่า LDR (อัตราส่วนจำกัดการดึง) และระดับของดิ่ง

2.2.1 อัตราส่วนจำกัดการดึง Limiting Drawing Ratio (LDR)

เกณฑ์กำหนดนี้นิยามจากอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางที่ยาวที่สุดที่สามารถดึงขึ้นรูปลึกในครั้งเดียวโดยปราศจากข้อผิดพลาดต่อเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวอัดจากรูป 6
LDR = D (blank max) / d (punch)

2.2.2 การทดสอบรูปถ้วยแบบสวิฟท์ (Swift Cup Forming)

การทดสอบนี้ใช้เพื่อหาแนวโน้มที่จะเกิดขอบที่ยาวไม่เท่ากัน (Earing) หลังการแปรรูป โดยวัดจากถ้วยทรงกระบอกที่ผ่านการดึงขึ้นรูปด้วยเครื่องกดไฮโดรลิกที่ใช้ในห้องทดลอง (รูป 7)

การเชื่อม Welding

สเตนเลสชนิดเฟอร์ริติกแผ่นบาง สามารถเชื่อมได้ แต่ควรเลือกกระบวนการเชื่อมที่เหมาะสมและปฏิบัติตามคำแนะนำในการเชื่อม

ส่วนชนิดออสเตนนิติกและชนิดโครงสร้างผสม (ดูเพล็กซ์) สามารถใช้เทคนิคการเชื่อมได้หลายวิธี การเชื่อมที่ใช้ความร้อนสูงและมีอัตราการเย็นตัวอย่างช้าๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อใช้กับเหล็กแผ่นหนา อาจทำให้ความต้านทานการกัดกร่อนลดลงในบริเวณที่ถูกความร้อน (HAZ) ใกล้กับรอยเชื่อม (อาจเกิดการกัดกร่อนบริเวณขอบเกรนได้) ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเกรดไททาเนียมสเตบิไลซ์ หรือคาร์บอนต่ำ "L" ขึ้นมาเพื่อให้สามารถเชื่อมได้ดีขึ้น การเชื่อมประสานหรือบัดกรีสามารถทำได้ดีในลักษณะหน้าตัดไม่ใหญ่มาก

กระบวนการเชื่อมแบบดั้งเดิมที่ใช้เชื่อมเหล็กละมุนโดยทั่วไป สามารถใช้เชื่อมสเตนเลสได้โดยใช้เทคนิคพิเศษเข้าช่วย เนื่องจากการปกป้องส่วนที่ถูกเชื่อมอย่างมีประสิทธิภาพจะทำให้ได้งานเชื่อมที่มีคุณภาพ กระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้กันแพร่หลายได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 5

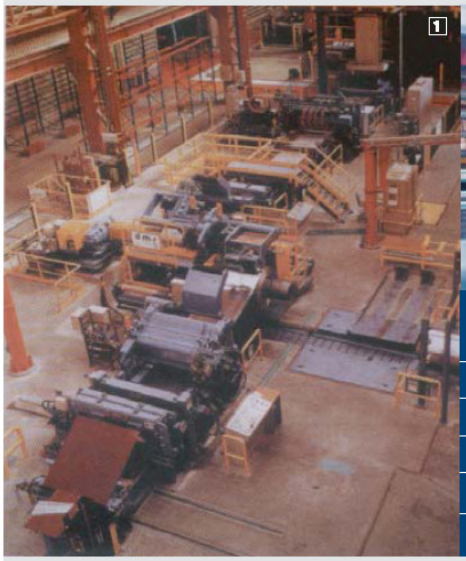
ตารางที่ 5 วิธีเชื่อมสเตนเลสที่นิยมใช้กันแพร่หลาย

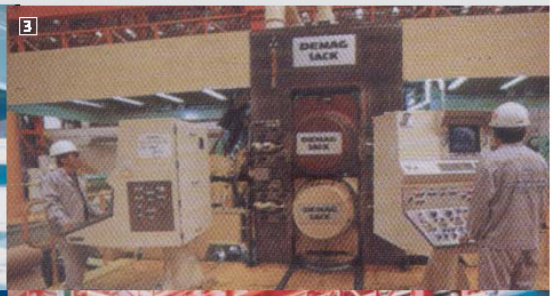
ขบวนการอาร์คไฟฟ้า	การใช้ความต้านทานทางไฟฟ้าและเหนี่ยวนำ	การแผ่รังสีความร้อน
1. การใช้ลวดเชื่อมแบบทนความร้อนไม่สิ้นเปลืองไฟ คือ GTAW (TIG) และ พลาสมา	1. ความต้านทานเชื่อมจุด, ตะเข็บ, โปรเจคชั่น	1. เชื่อมด้วยแสงเลเซอร์
2. ใช้ลวดเชื่อมแบบสิ้นเปลือง GMAW (MIG) (เชื่อมปิด) SMAW (ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์) SAW (ใช้ฟลั๊กซ์ของแข็งร่วมเชื่อม)	2. เชื่อมวาบ (Flash Welding)	2. เชื่อมด้วยลำอนุภาคอิเลคตรอน
	3. เชื่อมเหนี่ยวนำความถี่สูงและต่ำ (ใช้เชื่อมท่อตามยาว)	

แนะนำเครื่องหมายรับรองคุณภาพของไทยนิอคซ์

สเตนเลสที่ไทยนิอคซ์ผลิตใช้ชื่อว่า **TNX** ซึ่งย่อมาจากชื่อ **THAINOX**

- สเตนเลส **TNX** ผลิตจากวัตถุดิบที่เลือกสรรแล้ว และใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย
- จากการได้รับการรับรองระบบคุณภาพตามมาตรฐานสากล ISO 9001 : 2000 ทำให้ไทยนิอคซ์มีการควบคุมคุณภาพอย่างเข้มงวดทุกขั้นตอนการผลิต ดังนั้นสเตนเลส **TNX** จึงมีคุณภาพสูงคงที่ตลอดเวลา
- สเตนเลส **TNX** มีหลายเกรดให้เลือกตามความต้องการและความเหมาะสมในการใช้งานของลูกค้า
- สเตนเลส **TNX** ผลิตตรงตามมาตรฐานสากล มอก. ASTM, JIS และ Euronorm ที่ทั่วโลกยอมรับ
- สเตนเลส **TNX** มีความต้านทานการกัดกร่อนดีเยี่ยม และมีผิวหน้าสวยงาม เรียบเสมอกัน เนื่องจากเราเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน นับแต่เครื่องรีดเย็นเซนด์ซิเมียร์ เครื่องสกิน-พาส ตลอดจนการอบอ่อนและขจัดออกไซด์ ทำให้ได้ผิวหน้าเงางาม ทั้งผิวหน้าแบบมาตรฐาน ASTM และ JIS และผิวหน้าอื่นๆ
- ความหนาแน่นเท่ากันตลอดแผ่น ควบคุมโดยเครื่องรีดเย็นเซนด์ซิเมียร์ที่ทันสมัย ซึ่งติดตั้งเครื่องควบคุมความหนาอัตโนมัติ (Automative gauge control) ในระหว่างการรีด จึงได้แผ่นสเตนเลสที่มีความเรียบ และความหนาเสมอกันตลอดแผ่น และมีขนาดมาตรฐาน
- ไทยนิอคซ์ได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านเทคนิคเพื่อที่จะคัดเลือกผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าให้มากที่สุด และในราคาที่ต่ำที่สุด





1 Bright Annealing Line
2 Inspection Room
3 Skin Pass Mill
4 Sendzimir Mill

มาตรฐานเปรียบเทียบ - ส่วนประกอบทางเคมี

ตารางเปรียบเทียบชื่อเรียกสากลอื่นๆ								
โครงสร้าง		ไทยนิอคซ์	TISI* มาตรฐานไทย	JIS มาตรฐานญี่ปุ่น	ASTM มาตรฐานอเมริกัน A240	มาตรฐานยุโรป EN 10088-2 1995	
						ชื่อ	หมายเลข
เฟอร์ริติก		TNX TSC12	SST 409L	SUS 409	409	X2CrTi12	1.4512
		TNX SC17	SST 430	SUS 430	430	X6Cr17	1.4016
		TNX TSC17	SST 430LX	SUS 430LX	(430TI)	X3CrTi17	1.4510
ออสเทนนิติก	Cr-Ni STEELS	TNX S189	SST 304	SUS 304	304	X5CrNi18-10	1.4301
		TNX D189	SST 304	SUS 304	304	X5CrNi18-10	1.4301
		TNX DDQ189	SST 304	SUS 304	304	X5CrNi18-10	1.4301
		TNX L189	SST 304L	SUS 304L	304L	X2CrNi18-9	1.4307
	Cr-Ni-Mo	TNX LM1811	SST 316L	SUS 316L	316L	X2CrNiMo17122	1.4404

* มาตรฐานไทย เลขที่ 1378 ออกเมื่อเดือนสิงหาคม 2539
* ตั้งแต่ พ.ศ. 2531 เป็นต้นมา ไทยนิอคซ์เป็นหนึ่งในสมาชิกของคณะกรรมการรับผิดชอบเรื่องมาตรฐาน SST ย่อจาก Stainless Steel Thai Standard

ส่วนประกอบทางเคมี								
โครงสร้าง		เกรดของไทยนิอคซ์	ส่วนผสม (%)					
			คาร์บอน C	โครเมียม Cr	นิกเกิล Ni	ซิลิเซียม Si Max.	แมงกานีส Mn Max.	อื่นๆ
เฟอร์ริติก		TNX TSC12	≤0.08	10.5 - 11.75		0.75	1.0	6x(C+N)<Ti<0.75
		TNX SC17	≤0.12	16.0 - 18.0		0.75	1.0	
		TNX TSC17	≤0.03	16.0 - 18.0		0.75	1.0	0.2+4x(C+N)<Ti<0.75
ออสเทนนิติก	Cr-Ni STEELS	TNX S189	≤ 0.08	18.0 - 20.0	8.0 - 9.0	0.75	2.0	
		TNX D189	≤ 0.08	18.0 - 20.0	8.5 - 9.0	0.75	2.0	
		TNX DDQ189	≤ 0.08	18.0 - 20.0	9.0 - 10.0	0.75	2.0	
		TNX L189	≤ 0.03	18.0 - 20.0	9.0 - 10.0	0.75	2.0	
	Cr-Ni-Mo	TNX LM1811	≤ 0.03	16.0 - 18.0	10.0 - 14.0	0.75	2.0	Mo = 2.00 - 3.00

สำหรับทุกเกรด : P = 0.045% สูงสุด : S = 0.030% สูงสุด เกรดอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ กรุณาปรึกษาไทยนิอคซ์ก่อนสั่งสินค้า

ความแข็งแรง - คุณสมบัติเชิงกล

คุณสมบัติเชิงกล (ผลิตภัณฑ์รีดเย็น)

เกรดของไทยนิอคซ์	ผ่านการอบอ่อน และสกินพาส (ค่าเฉลี่ย)			
	UTS	0.2%YS	%El	HRB
เฟอร์ริติก				
TNX TSC12	410	250	32	80
TNX SC17	500	340	26	80
TNX TSC17	450	300	30	80
ออสเตนนิติก				
TNX S189	660	320	50	85
TNX D189	630	300	52	84
TNX DDQ189	610	270	55	82
TNX L189	620	310	50	85
TNX LM1811	610	320	48	85

ค่าโดยประมาณ - ใช้เป็นข้อมูลเท่านั้น

UTS : Ultimate Tensile Strength [MPa] ค่าความเค้นสูงสุด
0.2%YS : Yield Strength at 0.2% [MPa] ค่าความเค้นจำนน
%El : Elongation % อัตราการยืดตัว Sample Length = 50 mm.
1MPa = 1 N/mm^2 = 145 psi = 102 kg/mm^2
HRB = ความแข็งแบบ Rockwell B ใช้ load 100 kgf

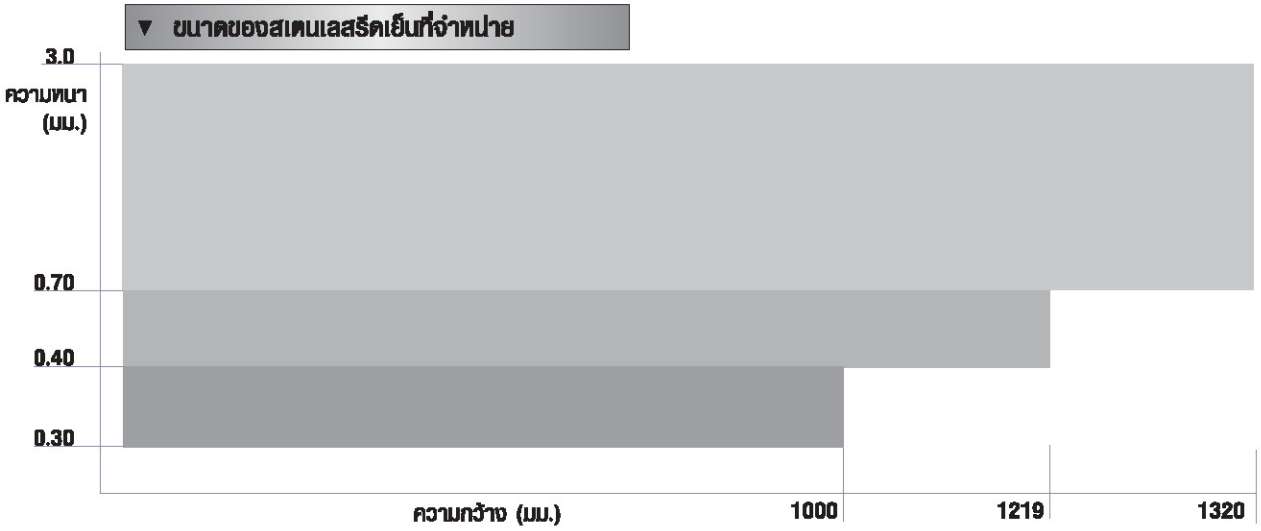
เครื่องมือทดสอบความแข็ง

ตารางเปรียบเทียบ
ค่าความแข็งแรงของความแข็ง ทดสอบโดยวิธีต่างๆ

Vickers Hardness Number 50-Kgf Load	Brinell Hardness Number 10-mm Ball 3000 Kgf Load Standard Ball	Rockwell Hardness Number			
		A scale 60 Kgf Load Diamond Penetrator	B scale 100 Kgf Load 1/16 Inch Diameter Ball	C scale 150 Kgf Load Diamond Diamond Penetrator	Tensile Strength (Approximate) Kgf/mm N/mm
260	247	62.4	(101.0)	24.0	84(824)
255	243	62.0	-	23.1	82(804)
250	238	61.6	99.5	22.2	81(794)
245	233	61.2	-	21.3	79(775)
240	228	60.7	98.1	20.3	78(765)
230	219	-	96.7	(18.0)	75(736)
220	209	-	95.0	(15.7)	71(696)
210	200	-	93.4	(13.4)	68(667)
200	190	-	91.5	(11.0)	65(637)
190	181	-	89.5	(8.5)	62(608)
180	171	-	87.1	(6.0)	59(579)
170	162	-	85.0	(3.0)	56(549)
160	152	-	81.7	(0.0)	53(520)
150	143	-	78.7	-	50(490)
140	133	-	75.0	-	46(451)
130	124	-	71.2	-	44(431)
120	114	-	66.7	-	40(392)
110	105	-	62.3	-	-
100	95	-	56.2	-	-
95	90	-	48.0	-	-
90	86	-	48.0	-	-
85	81	-	41.0	-	-

ค่าโดยประมาณ - ใช้เป็นข้อมูลเท่านั้น

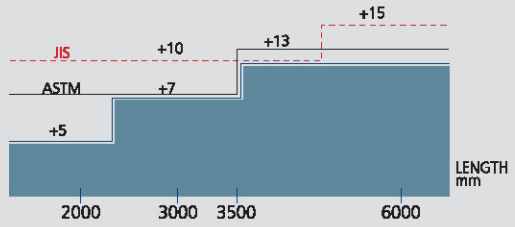
ขนาดของผลิตภัณฑ์



กรุณาปรึกษาไทยน๊อคซ์ฯ สำหรับความกว้าง > 1320 มม. ความหนา > 3.0 มม. และขนาดพิเศษอื่นๆ

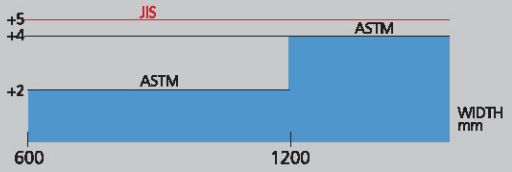
พิกัดความคลาดเคลื่อนของความยาว

ความคลาดเคลื่อนของความยาวของผลิตภัณฑ์ TNX เป็นไปตามมาตรฐาน JIS G 4305 TABLE 30 และ ASTM A 480 TABLE A 2.5



พิกัดความคลาดเคลื่อนของความกว้าง

ความคลาดเคลื่อนของความยาวของผลิตภัณฑ์ TNX เป็นไปตามมาตรฐาน JIS G 4305 TABLE 28 และ ASTM A 480 TABLE A 2.5



ค่าความยาวและความกว้างที่ระบุไว้เป็นค่าเปรียบเทียบตามมาตรฐาน ASTM และ JIS

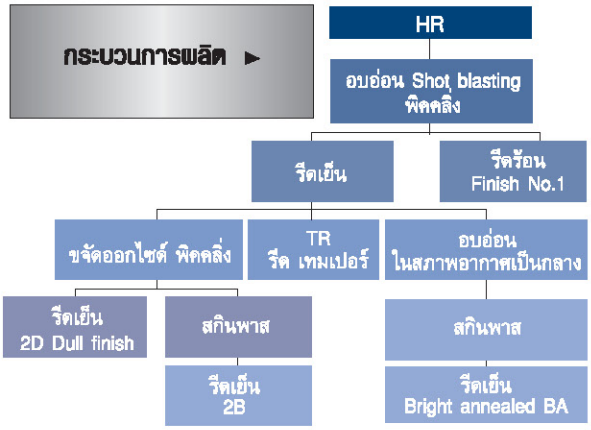
พิกัดความคลาดเคลื่อนของความหนา

ตัวอย่าง :

ความหนาที่สั่งซื้อ :	1.2 มม.	+ 0 / - 10%
■ มาตรฐานของไทยน๊อคซ์	All minus	+ 0 / - 10%
	1.2 มม.	+ 0
		- 0.12
■ กรณีสั่งพิเศษ	+ หรือ -	7%
	1.2 มม.	± 0.085

กรุณาปรึกษาไทยน๊อคซ์ฯ สำหรับความหนาที่มากขึ้น

กระบวนการผลิต - สภาพ - ลักษณะ - รูปแบบ - การปิดผิว



ผลิตภัณฑ์ขนาดมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์ TNX มีทั้งชนิดม้วนหน้าแคบ ม้วน และชนิดแผ่น

	ม้วนหน้าแคบ	ม้วน	แผ่น
ความกว้าง (มม.)	< 600	> 600	>600

ขนาดความกว้างและความหนาที่เราผลิตได้ แสดงอยู่ในหน้าถัดไป

แผ่น : 400 มม. ถึง 1320 มม. / ม้วนหน้าแคบ : 31 มม. ถึง 600 มม.

กรุณาปรึกษาไทยน๊อคซ์สำหรับความกว้างหน้าอื่นๆ

สภาพผิวหน้าและลักษณะ

สภาพ	ลักษณะ	ผิวหน้า	เทียบเท่า ASTM	เทียบเท่า EN10088 *
1 (รีดร้อน)	HR	ผ่านการรีดร้อน-อบอ่อนและขจัดออกไซด์	1	1D
2 (รีดเย็น)	2D	ผ่านการรีดเย็น (อบอ่อนและขจัดออกไซด์)	2D	2D
	2B	ผ่านการรีดเย็น อบอ่อนและขจัดออกไซด์และปรับความเรียบผิวหน้า (สกินพาส)	2B	2B
	BA	ผ่านการรีดเย็น อบอ่อนผิวมันเงา	BA	2R

* มาตรฐานยุโรป EN 10088 Part 2 (1995)
กรุณาปรึกษาไทยน๊อคซ์ สำหรับพื้นผิวแบบอื่นๆ

ขนาดของผลิตภัณฑ์แบบแผ่น

FINISH 2B-2D

ความหนา (มม.)	เกรดที่ใช้ได้	ความกว้าง (มม.)	ความยาว (มม.)	ข้อสังเกต
0.4 < หนา < 2.2	ทุกเกรด	290 < กว้าง < 600	400 < ยาว < 6000	ปรึกษาฝ่ายเทคนิค
		600 < กว้าง < 1219.2	400 < ยาว < 6000	ขนาดปกติ
		1219.2 < กว้าง < 1345	400 < ยาว < 6000	ปรึกษาฝ่ายเทคนิค
2.2 < หนา < 3.0	ทุกเกรด	1000, 1015, 1219.2, 1235	400 < ยาว < 6000	ปรึกษาฝ่ายเทคนิค

FIHISH BA

ความหนา (มม.)	เกรดที่ใช้ได้	ความกว้าง (มม.)	ความยาว (มม.)	ข้อสังเกต
0.3 < หนา < 1.6	ทุกเกรด	290 < กว้าง < 600	400 < ยาว < 6000	ปรึกษาฝ่ายเทคนิค
		600 < กว้าง < 1219.2	400 < ยาว < 6000	ขนาดปกติ
		1219.2 < กว้าง < 1345	400 < ยาว < 6000	ปรึกษาฝ่ายเทคนิค

สภาพขอบ

ขึ้นอยู่กับความกว้างและความหนาที่ต้องการ
กรุณาปรึกษาไทยน๊อคซ์ ก่อนสั่งซื้อ

ขอบปล่อยตามสภาพรีดเย็น (MIL) — เยอรมัน : DIN-NK

ขอบตัด (SLI)

สลิตเอดจ์จะตัดแต่งโค้งมนสวยงาม
เยอรมัน : DIN-NK
ASTM : Edge No.3

พลาสติกปิดผิว

หมายเลขอ้างอิง	ลักษณะและขนาด	การใช้งาน	อายุ (นับตั้งแต่ปิดผิว)
654	สีขาวและดำ ความหนา = 0.10 มม.	ปกป้องขณะใช้งาน ดัดพับ ม้วน หรือระหว่างการผลิตชิ้นส่วนที่ต้องมีการขึ้นรูป ผิวขัดเงา	6 เดือน ปกป้องจากรังสียูวี
113	สีเหลืองขุ่น ความหนา = 0.06 มม.	ปกป้องเมื่อดัดพับและม้วน และผ่านการกดอัดระดับต่ำ 1 ครั้ง	3 เดือน

มีสำหรับทุกเกรดทั้งในรูปม้วนและแผ่น จะมีขนาดความกว้างและยาวเท่ากับสินค้า
สามารถปิดผิวได้ด้านเดียวหรือทั้งสองด้าน หากต้องการสั่งพิเศษกรุณาปรึกษาไทยน๊อคซ์

ขนาดของผลิตภัณฑ์

ตารางน้ำหนัก (กก.)

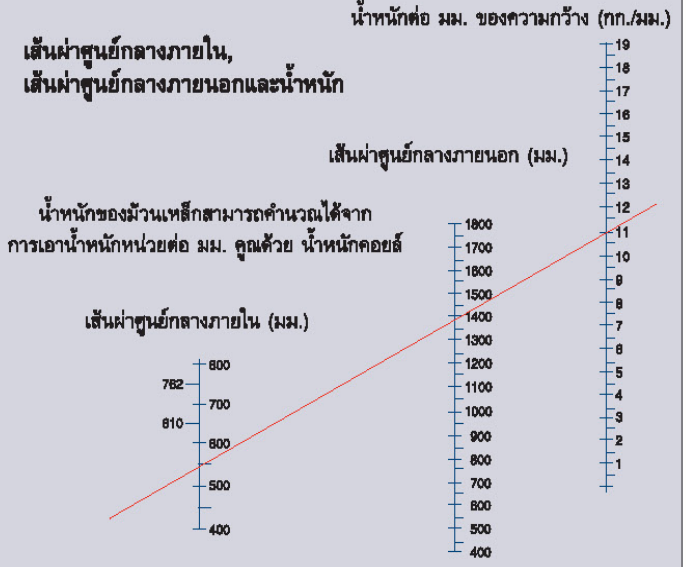
ชนิด	AISI 430 (d = 7.70)		AISI 304 (d = 7.93)	
ขนาด / ความหนา	4" x 8"	1M x 2M	4" x 8"	1M x 2M
0.2	4.56	3.08	4.71	3.17
0.3	6.87	4.62	7.7	4.76
0.4	9.15	6.16	9.43	6.34
0.5	11.44	7.7	11.78	7.93
0.6	13.73	9.27	14.14	9.52
0.7	16.02	10.78	16.5	11.1
0.8	18.31	12.32	18.85	12.69
0.9	20.6	13.86	21.21	14.27
1.0	22.88	15.4	23.57	15.86
1.1	25.2	16.9	25.9	17.4
1.2	27.46	18.48	28.28	19
1.3	29.7	20	30.6	20.8
1.4	32	21.6	33	22.2
1.5	34.33	23.1	35.35	23.8
1.6	36.6	24.6	37.7	25.4
1.7	38.9	26.2	40.1	27
1.8	41.19	27.72	41.19	28.5
1.9	43.5	29.3	44.8	30.1
2.0	45.77	30.8	47.13	31.71
2.5	57.21	38.5	58.92	39.65
3.0	68.65	46.2	70.7	47.58
3.5	80.09	53.9	82.49	55.51
4.0	91.54	61.6	94.27	63.44
4.5	102.98	69.3	106.05	71.37
5.0	114.42	77	117.8	79.3
6.0	137.3	92.4	141.4	95.16
7.0	160.19	107.8	164.97	111.02
8.0	183.07	123.2	188.54	126.88

สำหรับใช้เป็นข้อมูลเท่านั้น เป็นค่าประมาณคำนวณตามทฤษฎี

ตารางเทียบมาตราเมตริก

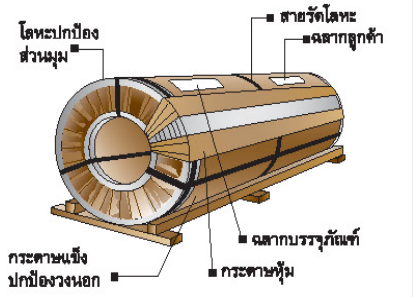
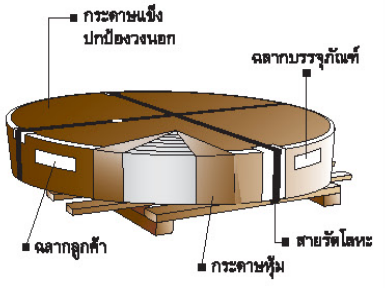
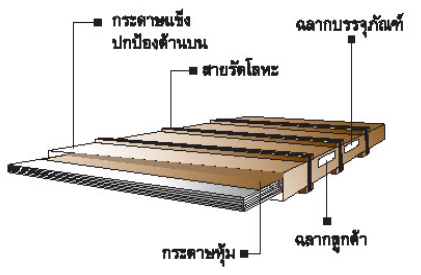
1 นิ้ว	=	25.4	มม.
1 ฟุต	=	304.8	มม.
1 หลา	=	914.4	มม.

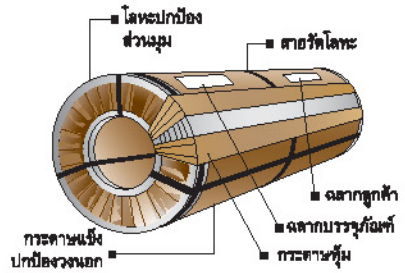
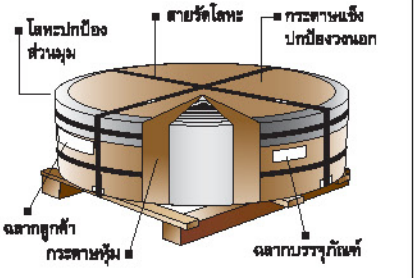
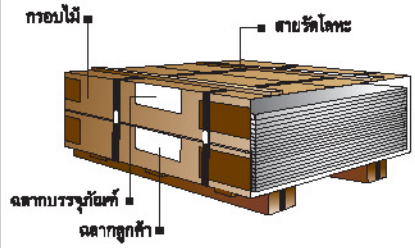
โดอะแกรมเทียบขนาดกับน้ำหนักคอยล์ (ม้วนเหล็ก)



สำหรับใช้เป็นข้อมูลเท่านั้น

การบรรจุหีบห่อสำหรับจำหน่ายในประเทศและเพื่อส่งออก

สเตนเลสแฟนม้วน	สเตนเลสแฟนแถบ	สเตนเลสแฟน
Code H2	Code V1	Code F1
		

สเตนเลสแผ่นม้วน	สเตนเลสแผ่นแถบ	สเตนเลสแผ่น
Code H2N	**Code V3**	**Code F3**
		

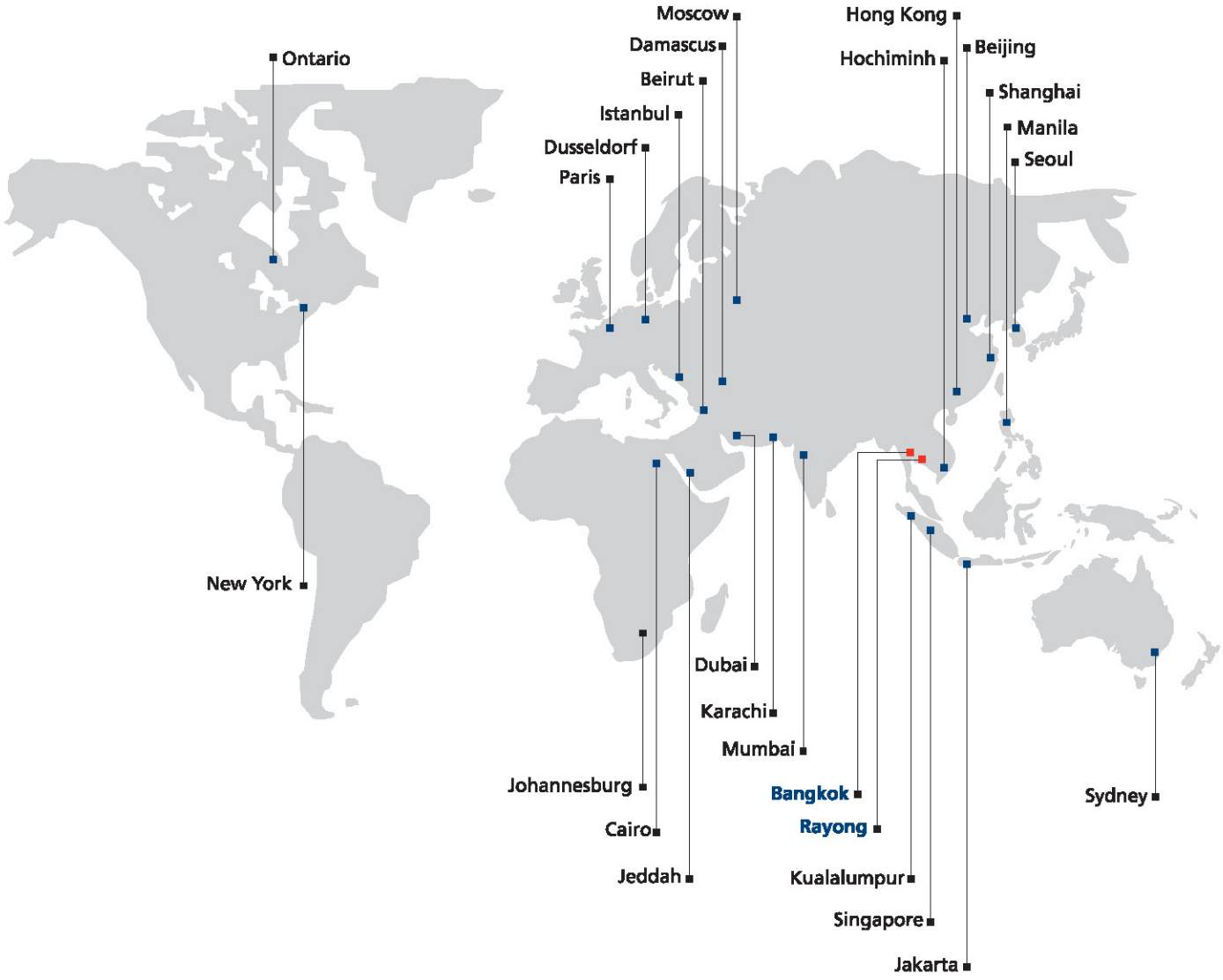
เลือกอย่างไรดี ?

ตารางด้านล่างนี้เป็นคู่มืออย่างคร่าวๆ ที่จะช่วยคุณเลือกเกรดชนิดที่เหมาะสม กรุณาปรึกษาฝ่ายบริการทางด้านเทคนิคของไทยนิวเคลซ์ฯ เพื่อขอรายละเอียดเพิ่มเติม

เกรด	รายละเอียด	การใช้งาน	ขึ้นรูปเย็น	การเชื่อม	ทนกัดกร่อน
TNX TSC12	โครเมียม 12% สเตนไลซ์ด้วยไททาเนียม ทนการกัดกร่อนได้ปานกลาง ทนการเกิดออกซิไดซ์และขึ้นรูปได้ดี	ระบบท่อไอเสียในรถยนต์	★★★	★★★	★★
TNX SC17	เกรดพื้นฐานที่ผสมโครเมียม	เครื่องครัว งานตกแต่ง เครื่องใช้ในบ้าน	★★	★★	★★
TNX TSC17	ดีเฟอร์ริติก SC17 สเตนไลซ์ ด้วยไททาเนียม เชื่อมและขึ้นรูปเย็นได้ดี	เครื่องใช้ในบ้าน อ่างล้างจาน ท่อ	★★★	★★★	★★★
TNX S189	เป็นเกรดที่นิยมใช้กันมากที่สุด ทนการกัดกร่อน สามารถขึ้นรูปเย็นและเชื่อมได้ดี	เครื่องใช้ในบ้าน อุปกรณ์หุงต้ม อุตสาหกรรมอาหาร อุปกรณ์เตรียมอาหาร งานตกแต่ง	★★★	★★★★	★★★★
TNX D189	เหมือนออสเตนนิติก S189 แต่มีนิกเกิลอย่างน้อยที่สุด 8.5% ซึ่งทำให้ขึ้นรูปเย็นและขึ้นรูปลึกได้ดี	ภาชนะหลุมลึก เครื่องล้างจาน อ่างล้างจาน ภาชนะหุงต้ม โปรไฟล์	★★★★	★★★★	★★★★
TNX DDQ189	เหมือนออสเตนนิติก S189 แต่มีคุณสมบัติขึ้นรูปลึกดีที่สุด เนื่องจากมีนิกเกิลอย่างน้อยที่สุด 9%	อ่างล้างจาน อ่างผสม หม้อชุบ ถังใส่แชมเปญ งานปั๊มอัดขึ้นรูป	★★★★★	★★★★	★★★★
TNX LM1811	ออสเตนนิติกคาร์บอนต่ำเติมโมลิบดินัม ทำให้ทนการกัดกร่อนตามขอบเกรนได้ดี	ท่อ ทำหม้อไอน้ำ แท้งค์ขนส่ง	★★★★	★★★★★	★★★★★

★ ไม่ดี ★★ ปานกลาง ★★★ ดี ★★★★ ดีมาก ★★★★★ ดีที่สุด

THAINOX SALES NETWORK



Head Office

- Tel : 66 2 250 7621 - 32

Rayong Plant

- Tel : 66 38 636 125 - 32

E-mail

- Domestic Sales: sales@thainox.co.th
- Export Sales: info@thainox.co.th

The First and Largest Stainless Steel Producer in Thailand and ASEAN

This document is for information purpose only and does not constitute any contract obligation for our company.
The Commercial and Technical Departments of Thainox are at your disposal for further informations. Thainox Publications Ref. no. CC. 2005/001

Thainox Stainless Public Company Limited

Head Office:
31/F Unit 3101-3 CRC Tower, All Seasons Place,
87/2 Wireless Road, Lumpini, Pathumwan, Bangkok 10330, Thailand
Tel. (66 2) 250 7621-32 Fax (66 2) 250 7633

บริษัท ธนาแสงชัย สเตนเลส จำกัด
Thanasangchai Stainless Co., Ltd.
http://www.thanasang.com
โทร. 02-997-6175, 02-997-6181