

"ข้อเท็จจริงทางเทคนิคของกระบวนการผลิตเหล็กเสริม
คอนกรีต: เปรียบเทียบเทคโนโลยีเตาหลอมและกระบวนการ
Tempcore กับการทำให้เย็นด้วยอากาศ"

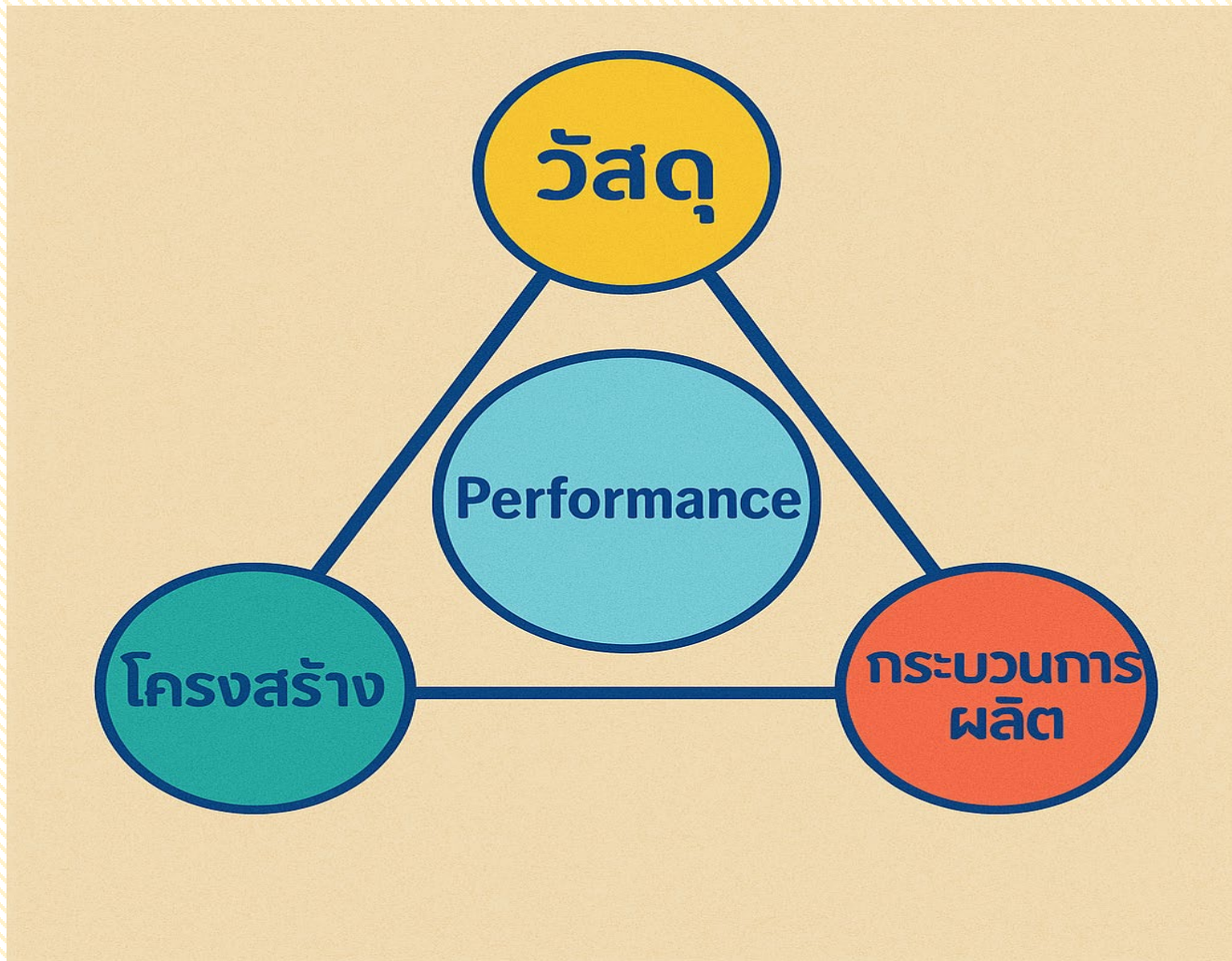


รศ.ดร.นัตถชัย สมศิริ

จัดโดย สภาวิศวกร

15-พฤษภาคม-2568



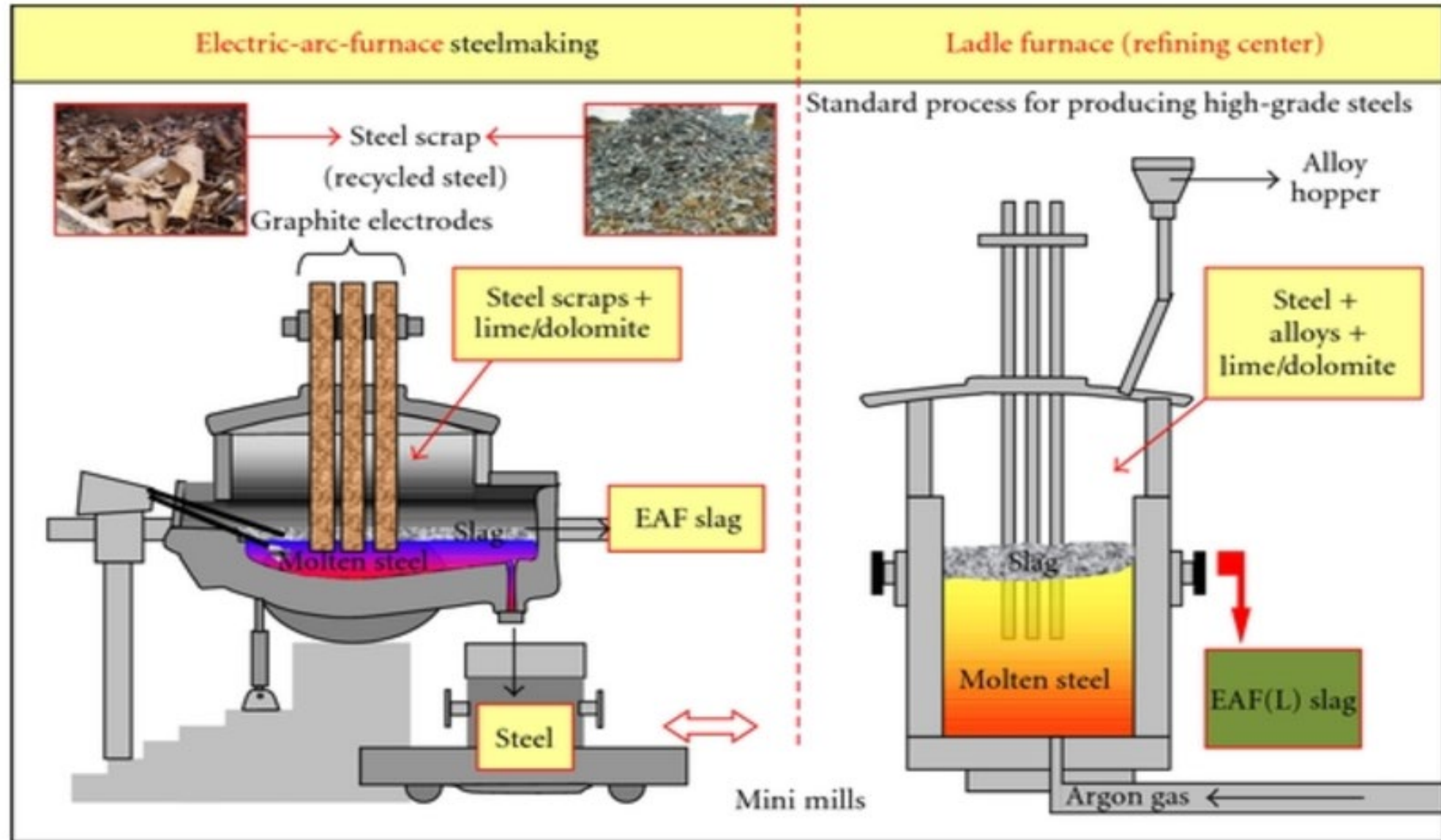


4M Manufacturing

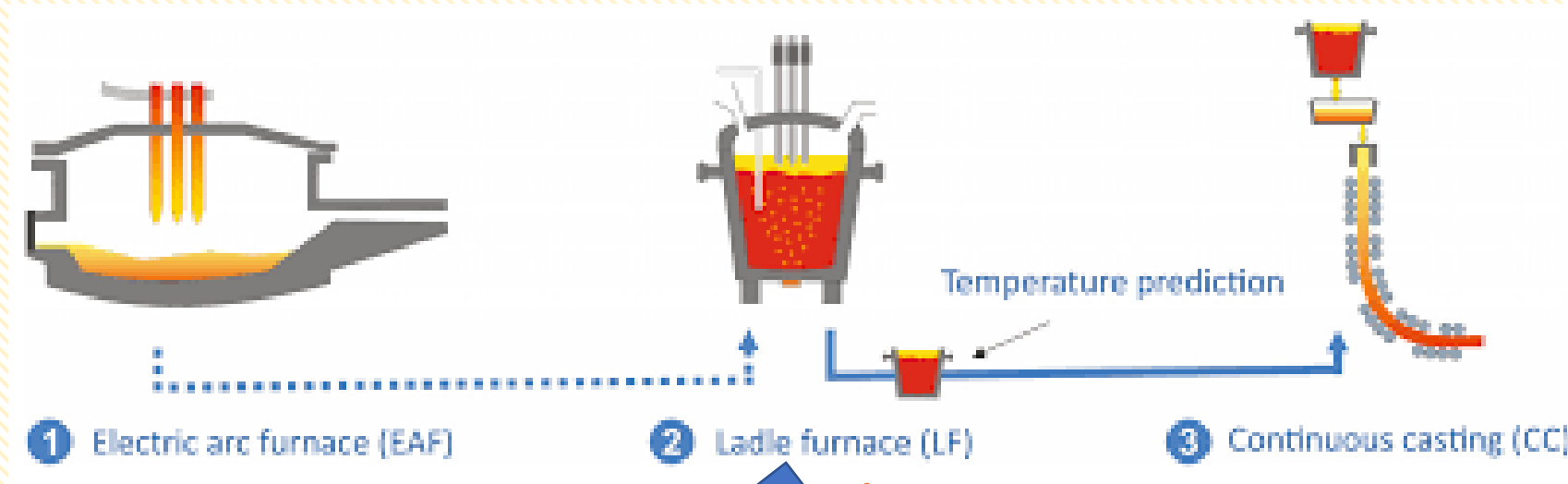
Man-Machine-
Material-Method

Performance > Environment

EAF normal route



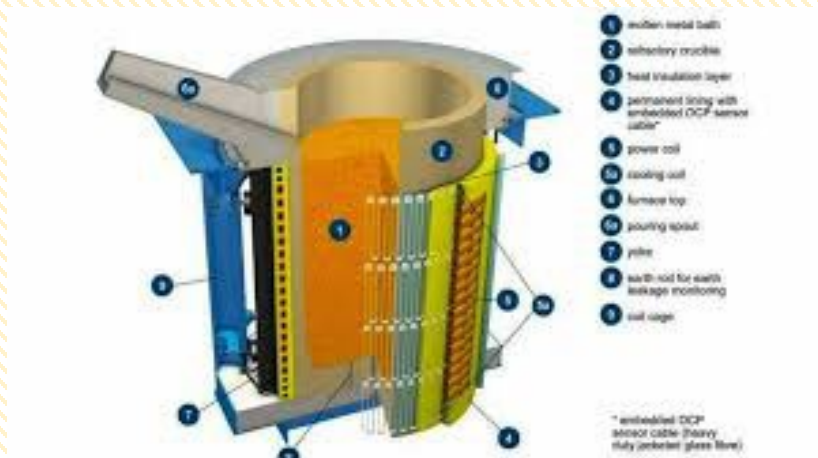
EHF



ต้องการการ
ควบคุมอย่าง
เข้มงวด

ลดขั้นตอน น้ำเหล็ก
คุณภาพต่ำสำหรับ **Rebar**

IF



แต่เป็น **common practice** สำหรับ
เหล็กหล่อ อะลูมิเนียม
ทองแดง

EAF normal route; Melt+Refining + Cast

Melt → Oxygen blow cleaning (Oxidation) → Refining with C, Si, Al, Ca

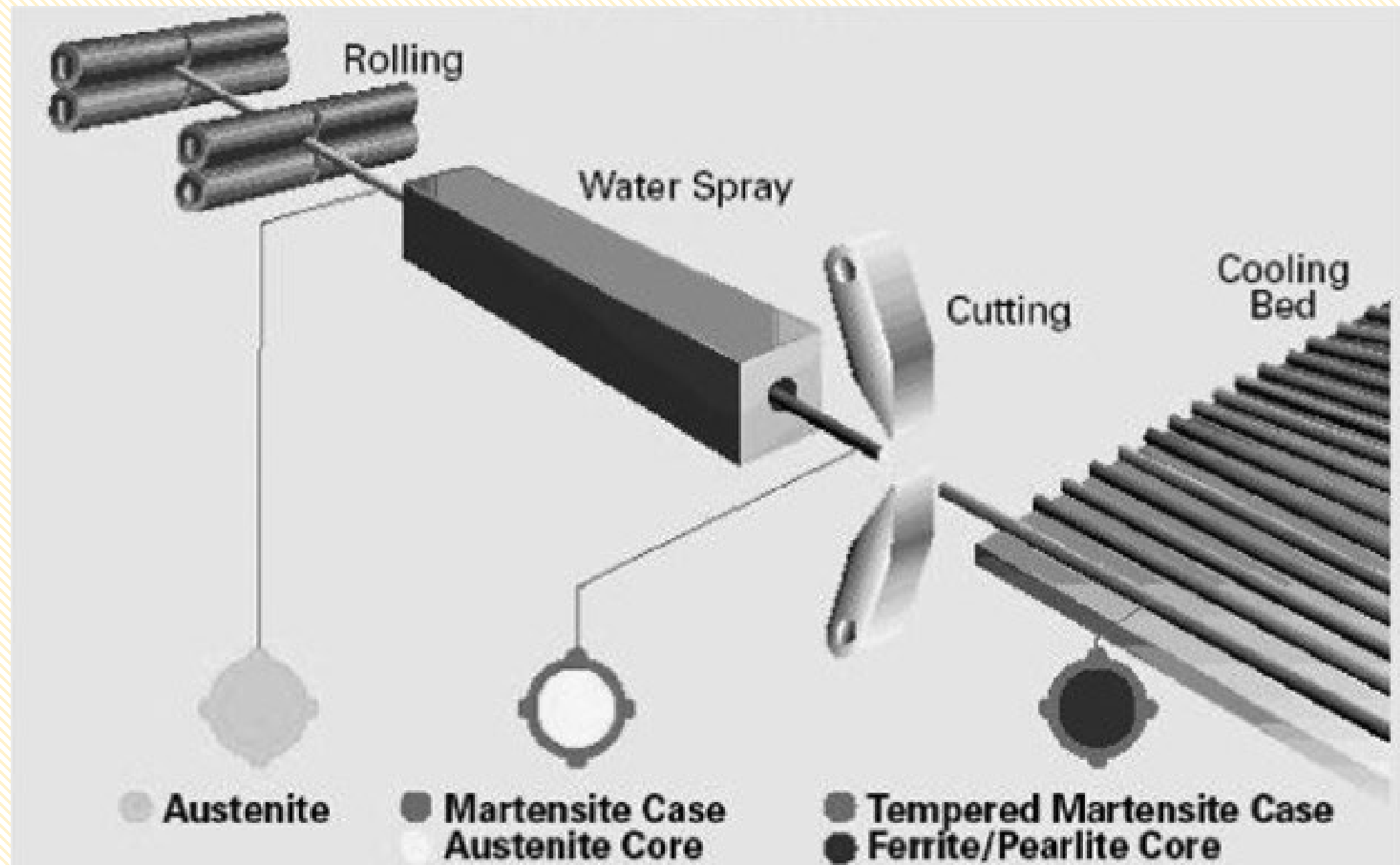
Can be done in Furnace or transferred to Ladle Furnace for composition and temperature adjustment. P and S removal.

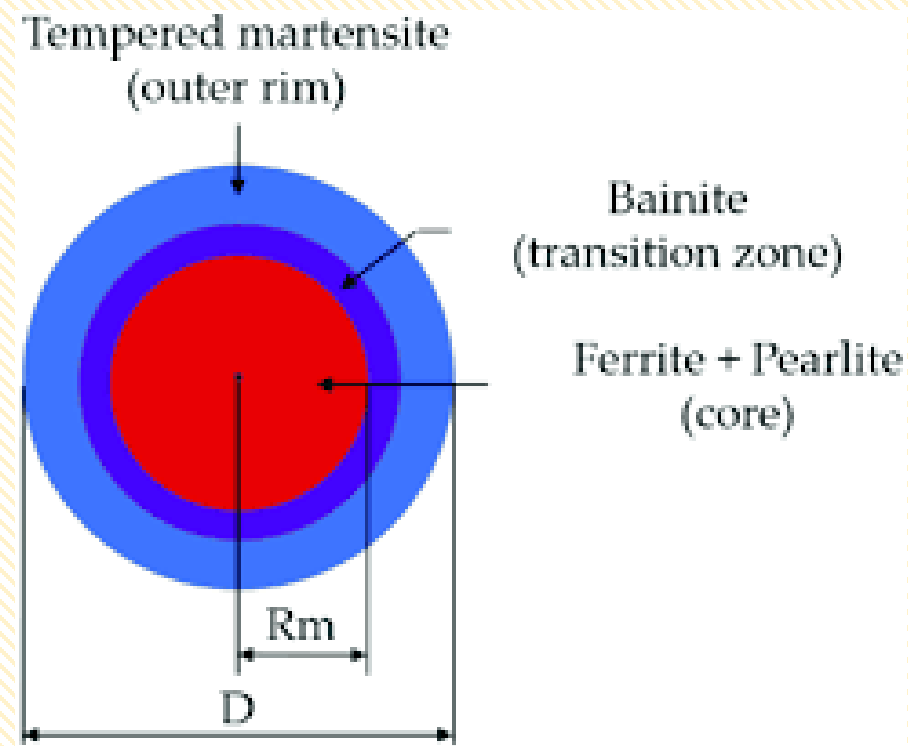
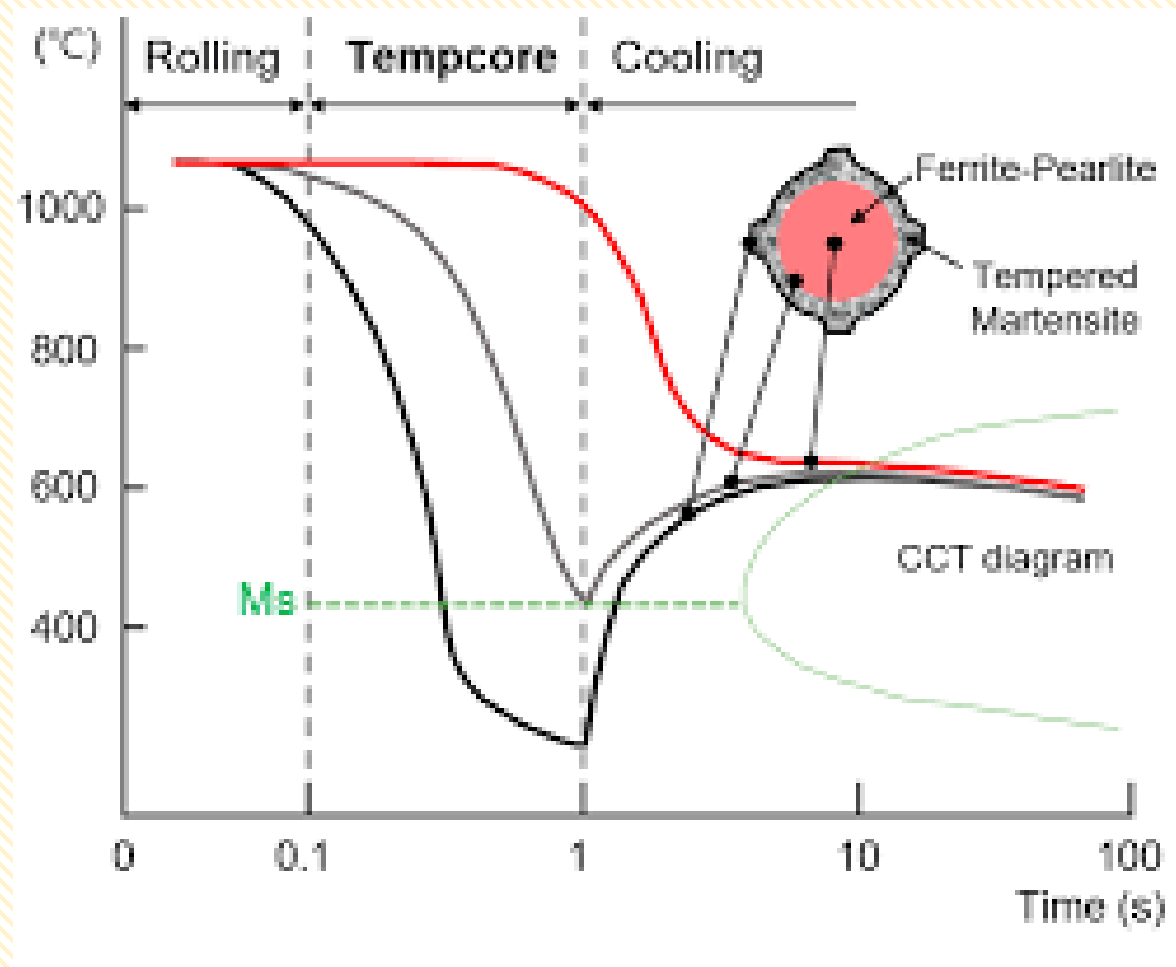
IF route; Melt+ cast or Melt+Ladle +Cast

Melt, little reactions and adjustments in furnace, acceptable quality via Ladle furnace (for composition and temperature adjustment.)

TEMPCORE

DUPLEX structure พหุเฟส



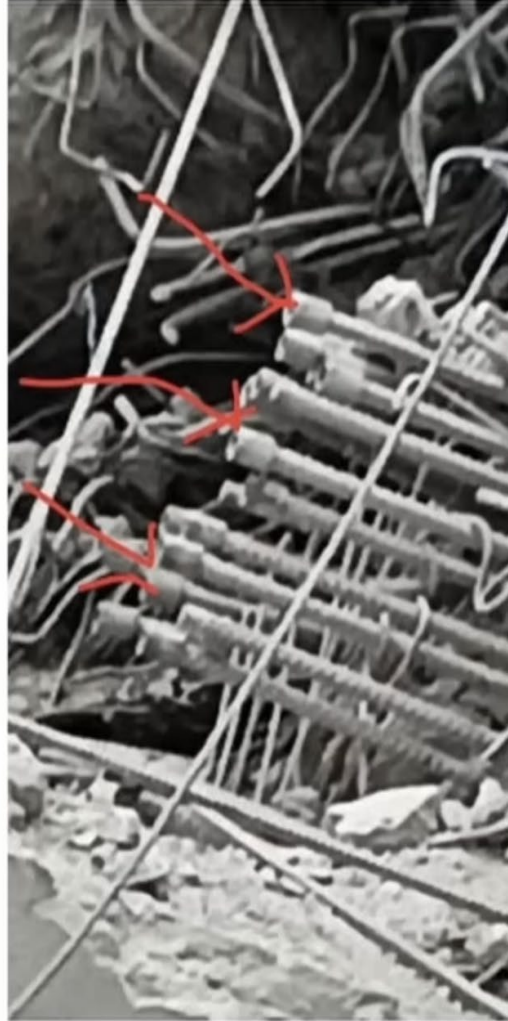


TEMPCORE

- hot-rolled FINISH~1050–1150 °C
- SPRAY 0.5 to 5 seconds, 5 to 12 bars
- to 300–450 °C
- core stays ~800–900 °C
- Surface back to 550–650 °C
- 1.5–3.0 mm for small bars (e.g. 12 mm)
- 3.5–5.0 mm for larger bars (e.g. 25–32 mm)

A Clear and Present Danger 2 – The Use of QT or TMT Rebars in Seismic Zone 4 โดย Emilio M. Morales

- เตือนการใช้ QT (Quench Tempered) หรือ TMT (Thermo Mechanically Treated) ในอาคารสูงในเขตแผ่นดินไหวระดับ 4 (Seismic Zone 4, $PGA > 0.4$)
- ปัญหาที่พบการเชื่อม (Welding), การดัดและดัดกลับ (Bending/Rebending) ทำให้เหล็กเปราะ , การเผาไหม้จากไฟ (Fire Exposure) อุณหภูมิสูงทำให้เหล็กสูญเสียความแข็งแรงการใช้ในแผ่นดินไหว (Seismic Performance, Fatigue)
- มาตรฐานนิวซีแลนด์ (NZS 3101) และออสเตรเลีย (AS 3600) ห้ามใช้เหล็ก QT/TMT ในโครงสร้างที่ต้องมีการเชื่อม ดัด หรือเกลียว โดยเฉพาะในเขตแผ่นดินไหว



Reinforcement Lapping

ปลอมไม่ปลอม ตกไม่ตก

- น้ำหนัก บั้งเหล็ก → ความแข็งแรง การเกาะยึดปูน (> 40% RB, IS standard)
- ดัดเหล็ก ดัดตามกำหนด ระบุหัวดัด (Mandrel) กี่เท่าของ D
- การยืดตัว (Elongation) > 13%
- Yield stress, Tensile stress
- ค่า $T_s/Y_s > 1.25$ เท่า (ไม่ระบุใน มอก. 24-2559)
- Earth Quake Zone 4 $PGA > 0.4G$, NZ Tempcore prohibited

การใช้ Tempcore ในประเทศต่างๆ

- Concern Fatigue,
- Earth quake study in NZ, Italy , Zone 4 Earth Quake PGA >0.4G
- Weldability

IF not allowed in CHINA

GB/T 1499.2-2018

7 Technical requirements

7.1 smelting method

Steel shall be smelted in a converter or arc furnace and, if necessary, refined outside the furnace.

7.2 brand name and chemical composition

7.2.1 the steel plate number, chemical composition and carbon equivalent (melting analysis) shall comply with the provisions of table 5. As required, V, Nb, Ti and other elements can be added to the steel.

mechanical connection.

7.8 grain size

The actual grain size of fine grain hot-rolled steel is grade 9 or finer. If the supplier can guarantee that the grain size will not be tested.

7.9 metallographic structure

The metallographic structure of reinforcement should be mainly ferrite and pearlite, and tempering martensite should not appear on the base circle. The macroscopic metallography, vickers hardness and microstructure of reinforcement shall comply with the provisions of appendix B. If the supplier can guarantee not to do the test.

Table 6

Brand	Lower yield strength R_{eL} MPa	Tensile strength R_m MPa	Elongation after fracture A %	Maximum total elongation A_{gt} %	R^o_m/R_{eL}	R^o_{eL}/R_{eL}
HRB400 HRBF400	400	540	16	7.5		
HRB400E HRBF400E				9.0	1.25	1.30
HRB500 HRBF500	500	630	15	7.5		
HRB500E HRBF500E				9.0	1.25	1.30
HRB600	600	730	14	7.5		

Note : R^o_m is the actual tensile strength of reinforcement. R^o_{eL} is the actual measured yield strength of reinforcement.

China's new rebar standards may deal another blow to domestic steelmakers” (Fastmarkets, 30 ก.ค. 2024)

- มาตรฐานเหล็กเส้นใหม่ GB 1499.1-2024 และ GB 1499.2-2024 มีผลบังคับใช้วันที่ 25 ก.ย. 2024 เปลี่ยนจาก "แนะนำ" เป็น "บังคับใช้"
- เพิ่มความต้องการ วาเนเดียมไนโตรเจน (VN) และ ซิลิโกแมงกานีส (SiMn)
- ยอดการผลิตเหล็กเส้นช่วงต้นปี 2024 ลดลง 11.7% จากปีก่อน
- ต้นทุนเพิ่มขึ้น 30—50 หยวน/ตัน
- ขายทิ้งเหล็กมาตรฐานปี 2018 แบบตื่นตระหนก (panic destocking)
- ราคาตกลงไปต่ำสุดในรอบ 7 ปี (3,240—3,260 หยวน/ตัน) เมื่อ 18 ก.ค. 2024
- ผู้ผลิตบางรายหยุดผลิตเหล็กมาตรฐานเก่าและเริ่มผลิตตามมาตรฐานใหม่ทันที

โอกาสในวิกฤต Future Looking

- มุมมองใหม่กับ มอก. **24-2559 (กำลัง Review)** ดีไหม ถ้า?
 - ให้ความสำคัญเกี่ยวกับ **TECHNICAL issues**. Grain, weldability, CE, bonding, Bending, Fire hazard, lower P&S
 - โฟกัส Safety and Consumer
 - **Boron** เพิ่มขึ้น **0.003% @#?**
 - มาตรฐานใหม่ **CE <0.70** (มาตรฐานใหม่) **SD40<0.65%**
(อินเดียและอื่นอื่น **0.55%**)
 - **Elongation T=12%**

โอกาสในวิกฤต Future Looking

- มุมมองใหม่กับ มอก. **24-2559** (กำลัง **Review**) ดีไหม?
 - เพิ่มหัวข้อ เกี่ยวกับ **Earth Quake** พิจารณา **Zone** ประเทศ (รุนแรง **PGA>0.4**)
 - **Standard for Low alloy steel**, ยึดตัวสูง เหมาะกับบริเวณที่มีแผ่นดินไหวบ่อยและแรง เช่น แยกเล่ม **ASTM A706**, รวมในเล่มเดียว จีน **500E**, อินเดีย **500D**, อังกฤษ **500C, AS/NZS L,N,E**
 - **REBAR** สำหรับ ถนน และ สะพานที่เจอการเขย่าและสั่นมาก
 - **Public awareness** เกี่ยวกับการจำแนกและชั้นคุณภาพ ของ **DB** งานไม่จบเมื่อร่างมาตรฐานเสร็จ แต่เป็นเพียงจุดเริ่มต้น
 - ปรับปรุงฉลาก และคำแนะนำ **Consumer education**

4M Manufacturing : IE 101

ต้องเพิ่ม M ที่ 5



MORAL

จรรยาบรรณ คุณธรรม ศีลธรรม

ขอบคุณ

Boron Steel

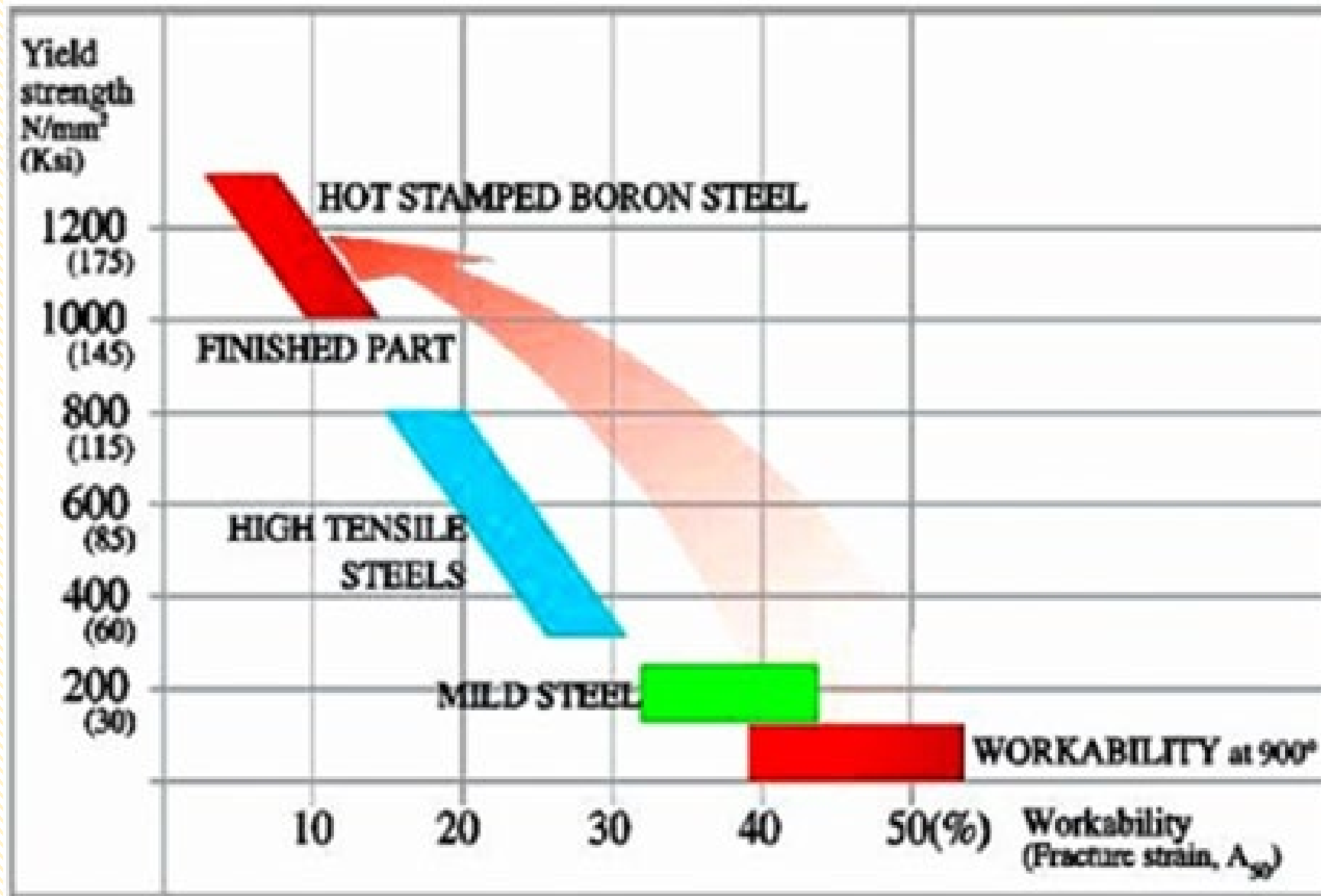
SPARE

- Trace Levels (0.0005%–0.003%) Hardenability. (สมอ < 0.003%)
- Automotive Steel Purpose: Typically 0.001–0.003% boron To low-carbon steels. Good weldability and formability.
- ลดน้ำหนัก , Crash resistance, TS > 1000MPa
- ขึ้นรูปง่ายก่อนชุบแข็ง

Volvo S60 (11-)

- > 180 < 280 Mpa
- > 280 < 380 Mpa
- > 380 < 800 Mpa
- > 800
- Aluminium





- Boron 0.0015-0.003%
- TS up to 1500MPa
- Detrimental microstructure B_2O_3 , $Fe_3(CB)$, BN

https://pgatech.com.ph/the-use-of-qt-or-tmt-rebars-in-seismic-zone-4/?utm_source=chatgpt.com

https://www.fastmarkets.com/insights/chinas-new-rebar-standards-may-deal-another-blow-to-domestic-steelmakers/?utm_source=chatgpt.com

- China's State Administration for Market Regulation announced new national standards for GB 1499.1-2024 and GB 1499.2-2024 plain round bar and reinforced bar.
- implemented from September 25 2024.
- ราคา \$210

Table 1 Chemical composition of the QST rebar with diameter of 16 mm

Elements	%
C	0.186
Si	0.22
Mn	0.86
P	0.023
S	0.040
Cr	0.14
Mo	0.02
Ni	0.13
Cu	0.40
Sn	0.018
V	0.002
Nb	0.002
Al	0.004
Ceq	0.398

Ceq carbon equivalent

$$Ceq (\%) = C (\%) + \frac{Mn}{6} (\%) + \frac{Cr+Mo+V}{5} (\%) + \frac{Ni+Cu}{15} (\%)$$

Materials and Structures

Table 3 Fatigue test results of 16 mm rebar

Specimen number	Stress range (MPa)	Number of cycles ($\times 10^6$)	Failure (x) Run-out (o)	Failure location ^a (mm)
1	225	30	o	—
2	235	30	o	—
3	235	35	o	—
4	243	36	o	—
5	243	51	o	—
6	243	49	o	—
7	245	1.89	x	92
8	247	30	o	—
9	247	30	o	—
10	247	30	o	—
11 ^b	251	64.5	o	—
12	251	66.2	o	—
13 ^b	255	34.6	o	—
14	255	2.71	x	60
15	255	1.97	x	39

^a Failure location: distance from the grip's edge to the failure in the free length

^b Specimens 11 and 13 correspond to the retested 8 and 9 specimens at 251 and 255 MPa respectively