

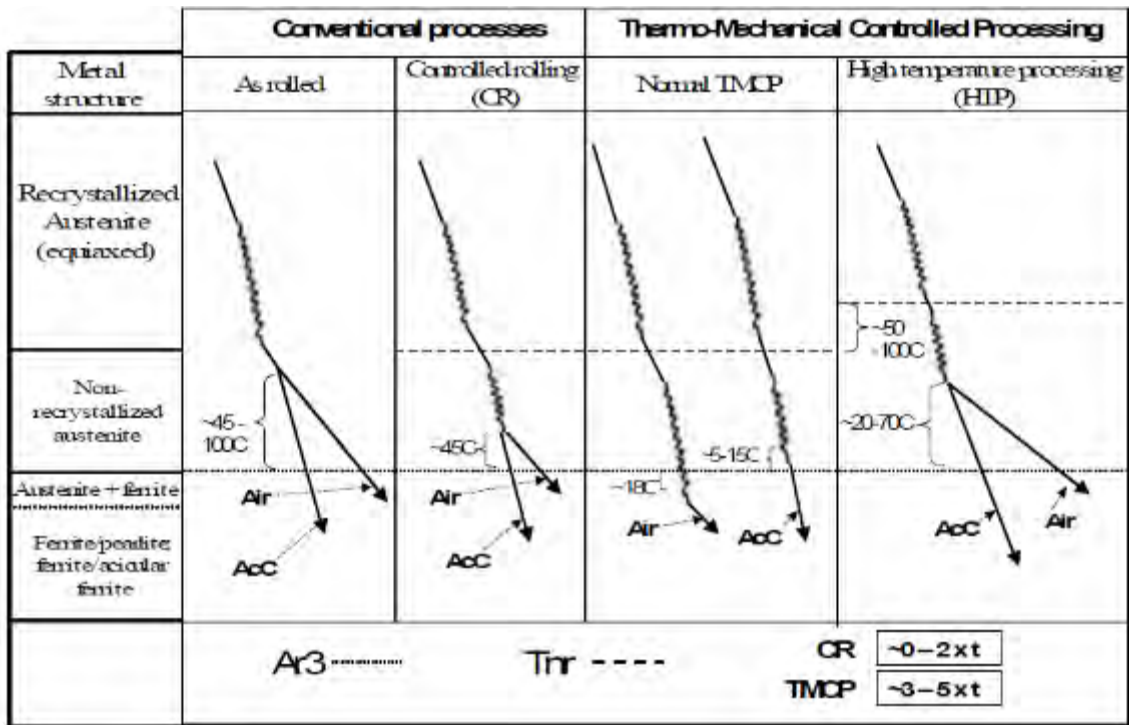
API 管道钢中添加的
铌含量高达 0.10%

**提高生产力
并降低轧管机生产成本**

API 钢材中高达 0.10% 的
铌含量使得钢材
能够在更高精加工温度下
采用 TMCP 工艺进行轧制

更完善的精加工工艺提升了
板材/卷材的生产工艺
并实现出色的最终横截面
API 微观结构

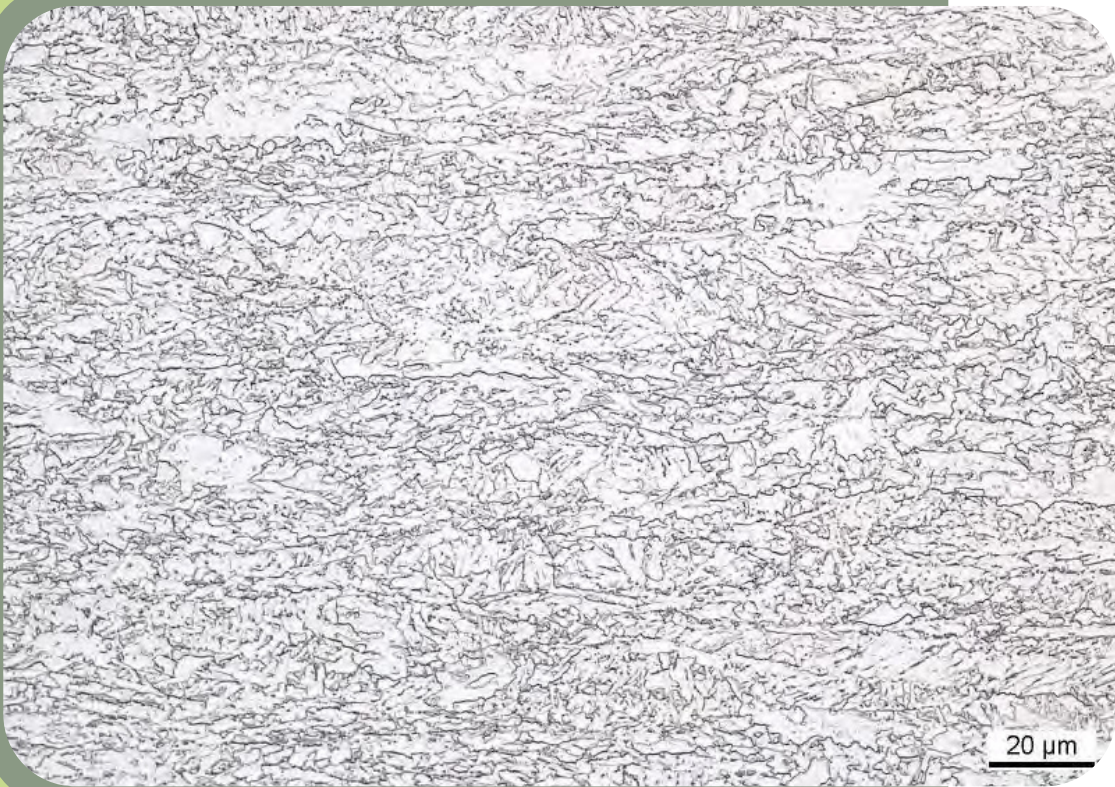
从而呈现
最佳机械性能



铌可以提高 T_{nr} 温度，因此再结晶得以延缓，从而实现更高温度下的热轧，并且不会产生变形晶粒再结晶和生长的风险。

由此实现均匀细微的奥氏体晶粒尺寸以及热轧工艺结束时具有更多应变积累的奥氏体。

D. G. Stalheim; K.R.Barnes; D.B.McCutcheon – Alloy designs for high strength oil and gas transmission linepipe steels, International Symposium on Microalloyed Steels for the Oil and Gas Industry, TMS, 2007.



针状铁素体、贝氏体和
碳化物沉淀物

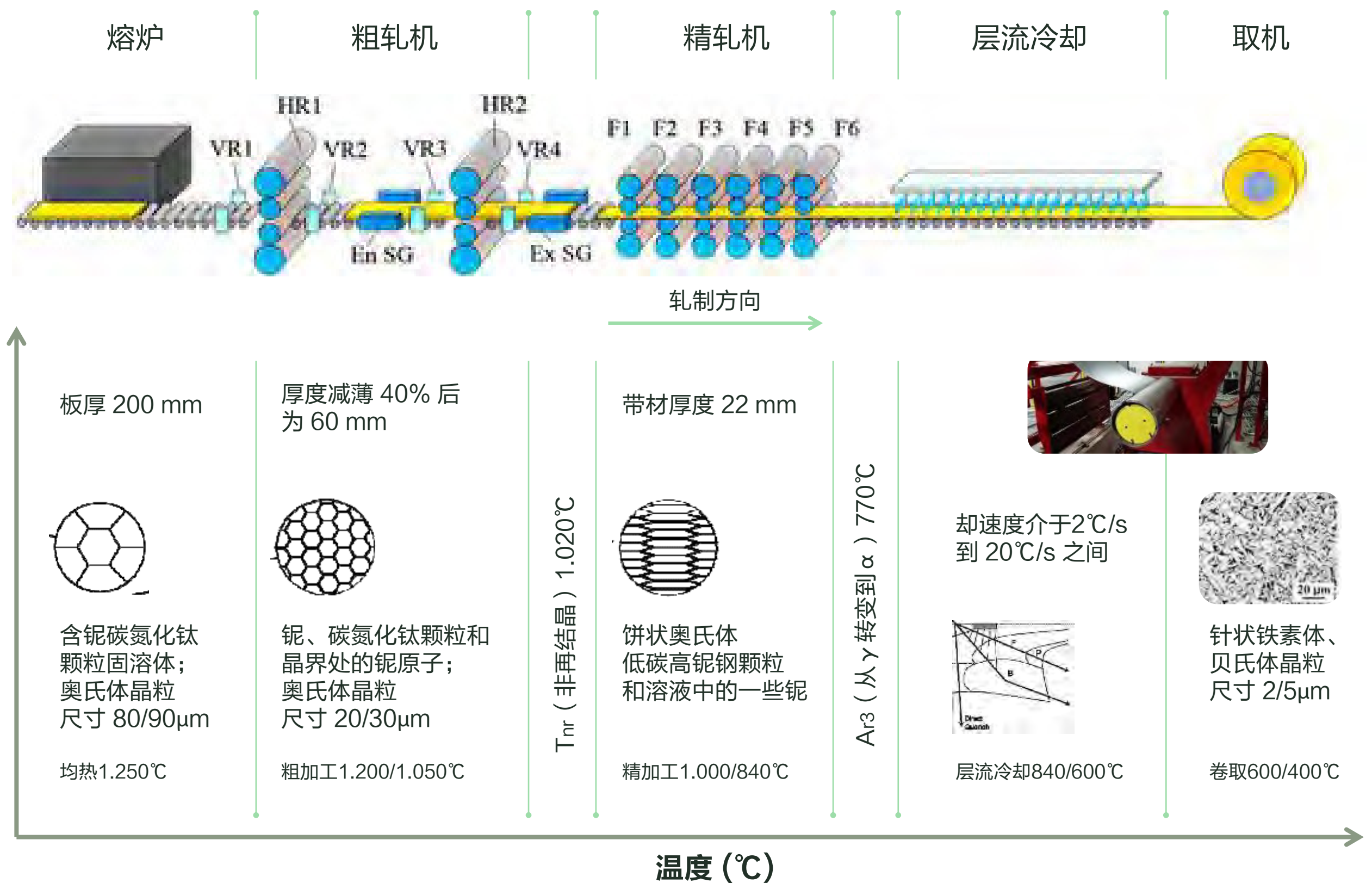
与奥氏体轧制过程中的再结晶和生长相比，更细的变形奥氏体（具有更高的应变积累）可转变为更精细、更理想的 API 微观结构。


Volker Flaxa, Franz M.Knoop - Hot-rolled strips of up to 19 mm in thickness and their processing to helically welded large diameter pipes of grade X80, BAC2010, China, 2010.

更高的 热轧温度 可实现 更细、更均匀的 晶粒尺寸

插图基于以下人员提出的概念：
Han-Kai Hsu 和 Jong-Ning Aoh
The Mechanism of Position-Mode Side Guide
in Roughing Process of a Hot Strip Mill
<https://www.mdpi.com/2075-4701/9/5/504/htm>

主要特点





铌含量高达 0.10% 的 API 钢材堪称 最佳解决方案

因其可实现更均匀的横截面微观结构/晶粒尺寸，总残余应力得以降低，故此方案可谓是提高生产力并降低轧管机成本的最佳解决方案。



由于精细横截面微观结构和相应性能具有出色均匀性，借助经过适当加工的 API 钢板（铌含量高达 0.10%）可在 UOE 轧管机中实现更简便稳定的管材成型。

正如 Doug Stalheim 在介绍夏延平原项目的管道生产经验时所说，借助经过适当加工的钢板（铌含量高达 0.10%），“此项目的非优级总百分比达到有史以来的最低值之一。此外，管道生产力比最初预测高出 15–20%。

非优级百分比是指导致作为圆柱体降级或材料切除的任何类型的缺陷。轧管机生产过程中的非优级事件会产生“瓶颈”，瓶颈将减缓轧管机的整体加工速度，在某些情况下，甚至可能停止成型。管道可能会经过重新布线和重新加工，但整体流量会降低，从而影响生产力、增加成本并可能延迟管道交付。

Douglas G. Stalheim, The use of high temperature Processing (HTP) Steel for High Strength Oil and Gas Transmission Pipeline Applications, Research Gate



也可能出现生产力降低的情况，例如，在 UOE 成型过程中，如果横截面微观结构/晶粒尺寸不均匀，则会导致轧制板的残余应力过高且不均匀。高残余应力会导致成型完成后边缘之间的管缝发生变化。由于管缝的宽度对点焊工艺至关重要，高残余应力会导致点焊失败并造成超出规格允许公差的几何偏差（例如焊缝处的棱角度）。如果在最终的 DSAW ID/OD 焊接过程中出现明显棱角度并不断扩展，则按照正常的 UOE 工艺，焊缝可能在扩展过程中开裂，这会增加延迟，因而导致处理时间和成本增加。

用于螺旋成型焊管机的卷材可能也会出现类似问题。热轧卷材残余应力过多会导致成型/点焊问题，从而造成焊穿和点焊焊缝开裂。这些情况具有潜在危险，因此在最终焊接之前必须对管道进行重新加工，因为再次消除或修复缺陷会增加生产时间和成本。

Douglas G. Stalheim, CBMM internal communication, 2020.



实时冷矫直后的板材即将管材成型。注意，即使在冷矫直后，过多的残余应力也可能导致弓形弯曲。



UOE 成型后会出现管缝。对于给定的管道成型装置，管缝的宽度及一致性与轧制板的总残余应力直接相关。理想情况下，在整个长度范围内，管缝应窄且宽度一致，以保证点焊无误差。



机械膨胀之前，由于残余应力/成型焊缝问题，可能导致管道点焊焊缝棱角度过大。



由于棱角度过大，可能在最终焊管膨胀后，造成内径焊缝开裂。



铌含量高达 0.10% 有何优势？

通过使用更高的精轧机温度，您可以：



减轻轧机负荷



实现更精细且均匀的微结构



实现更低且更均匀的板材/卷材
最终残余应力



相较于传统 API X80 合金设计，
实现更好的平面度/形状，并最大限度地
减少平面度/形状问题



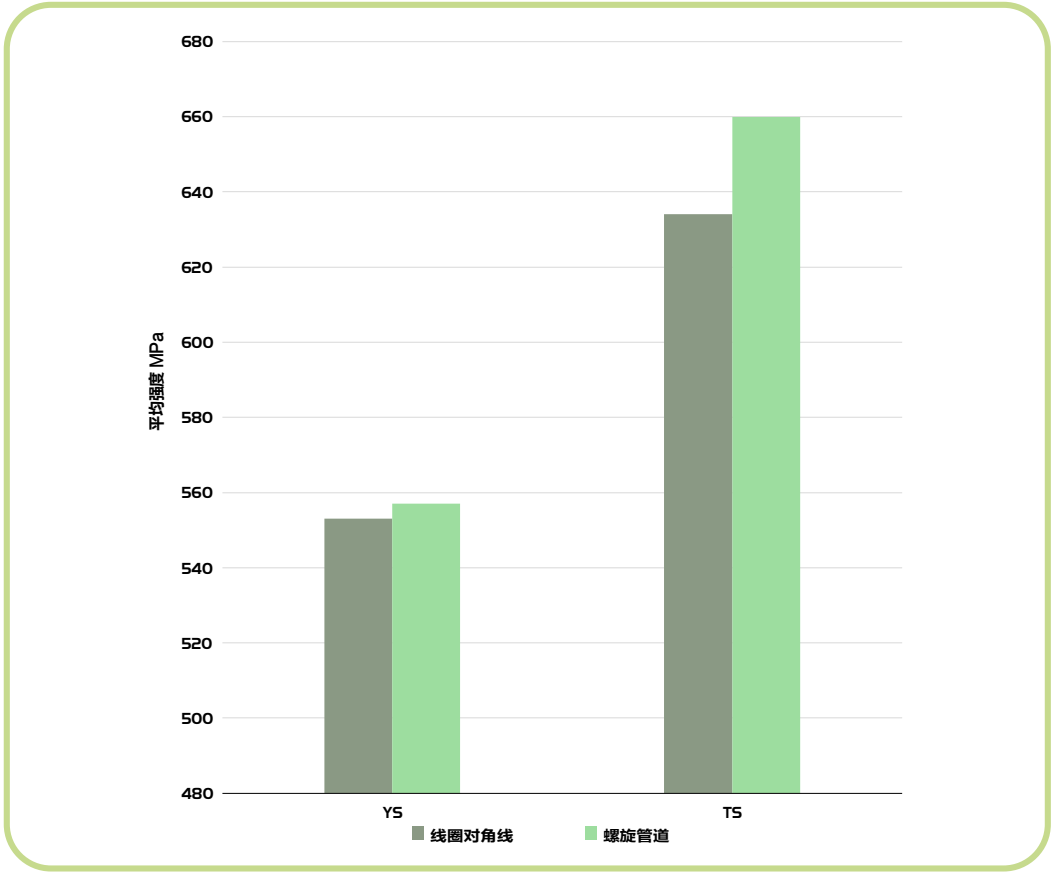
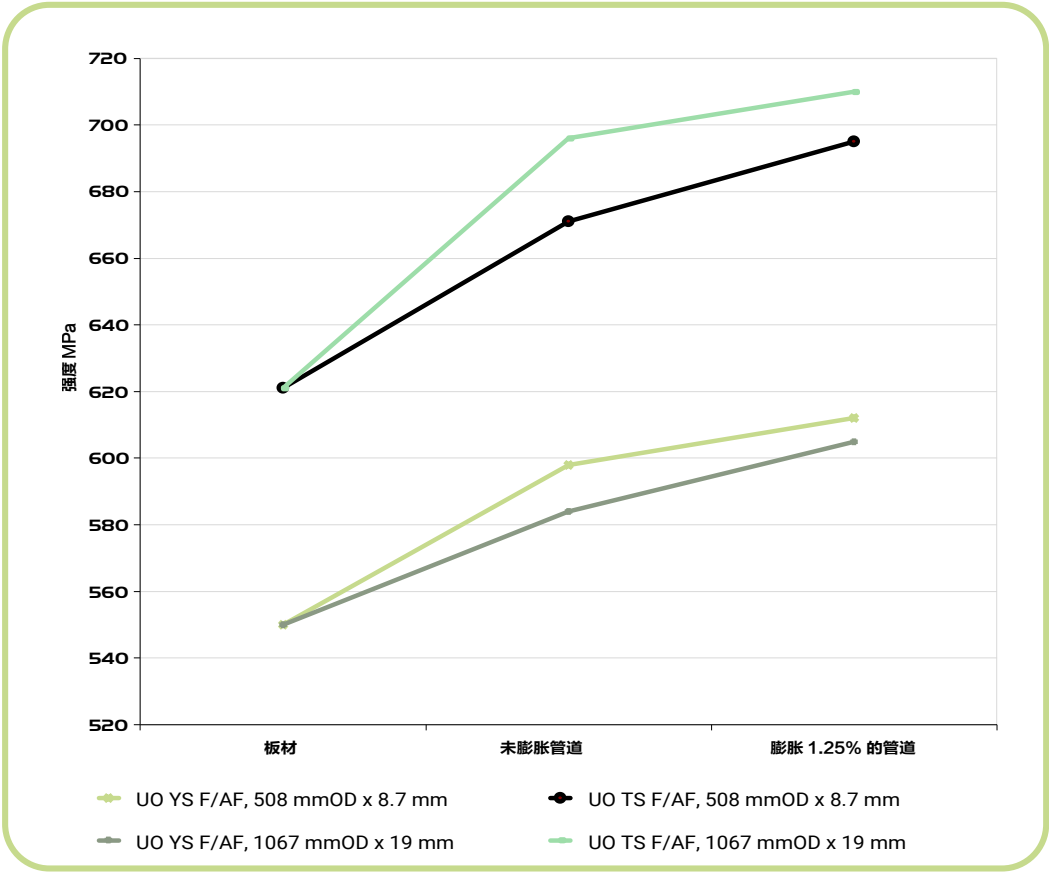
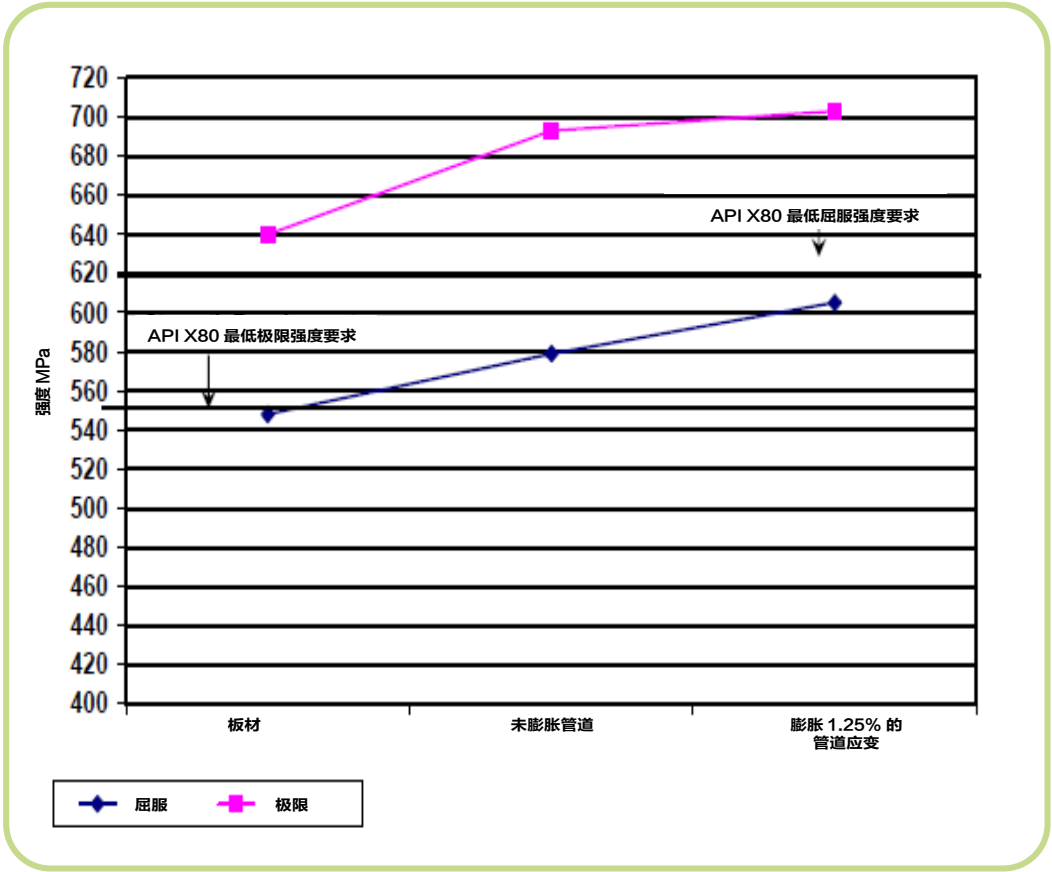
实现最佳的机械强度和韧性

更均匀的横截面微观结构/晶粒尺寸可以
降低总残余应力。更小的均衡残余应力
更易制造更平整的板材。这些板材具有
更少的残余应力。

性能稳定、平整度良好且残余应力较低的
原始材料可显着减少成型缺陷并改善边缘
加工，从而降低重新加工次数、提高
生产力并降低生产成本。

管道质量可靠 是另一大好处

在管道成型过程中，钢的屈服强度会随着加工硬化（包辛格效应）而发生变化。
可通过使用铌含量高达 0.10% 的铌钢对此变化进行更好的控制，从而提高工艺的可靠性并提升轧管机的生产力。

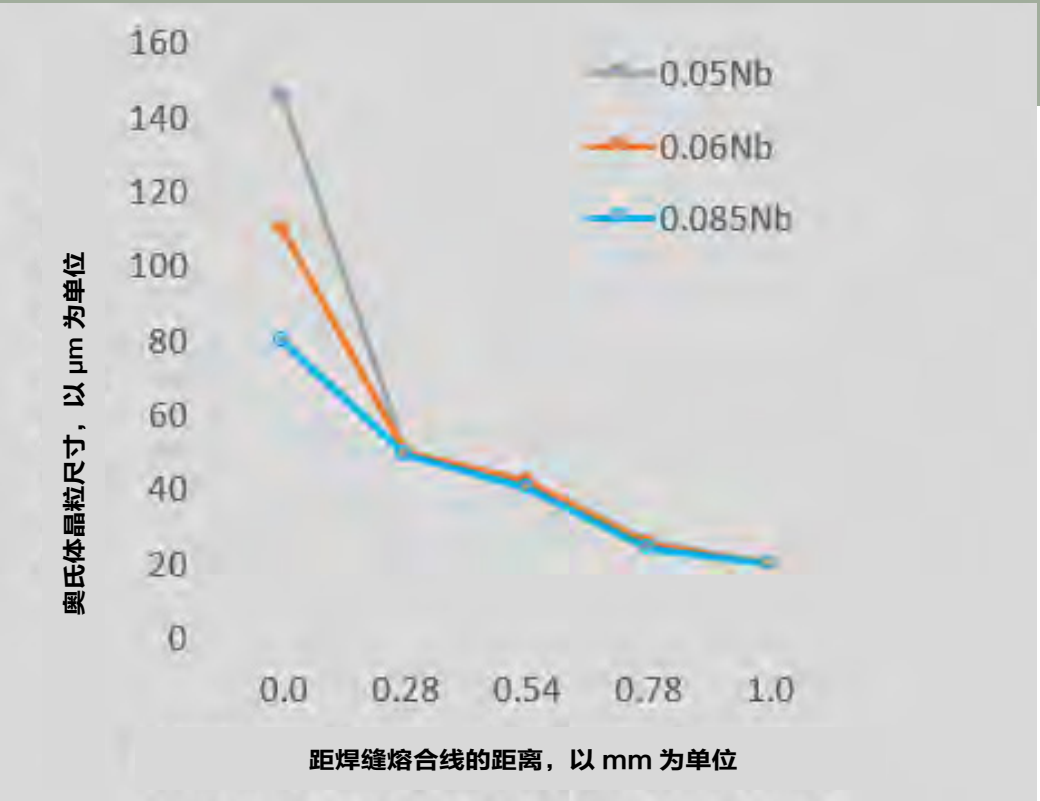


Douglas G. Stalheim, Keith R. Barnes, Dennis B. McCutcheon – Alloy Designs for High Strength Oil and Gas Transmission Linepipe Steels, International Symposium on Microalloyed Steels for the Oil and Gas Industry, TMS, 2007.
Douglas G. Stalheim, J Malcolm Gray, Fulvio Siciliano – Alloy Design Concepts for High Strength Coil for Gas Transmission Spiral Pipe, Proceedings of X80 & HGLPS 2008 International Seminar on X80 and Higher Grade Pipe Line Steel 2008, Xian, China, 2008

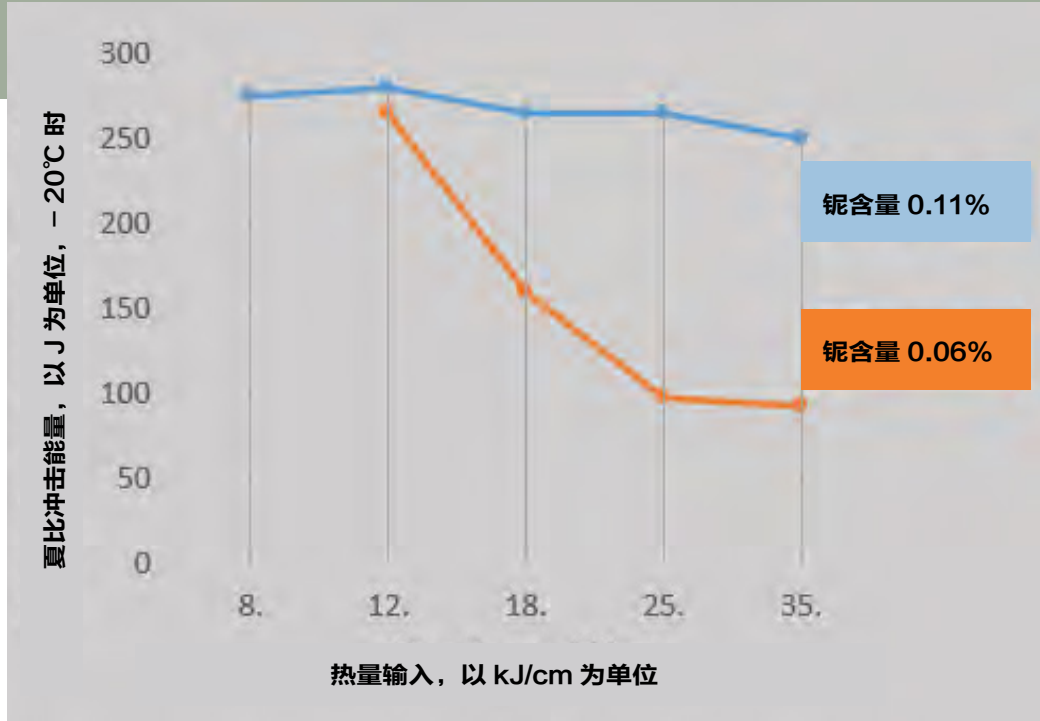


铌含量高达 0.10% 的钢材具有较低的热量输入敏感性
可以提高

焊接效率



Development and application of heavy gauge X -80 coil with optimization processing, Zhang Yongqing, Niu Tao and Bi Zongyue

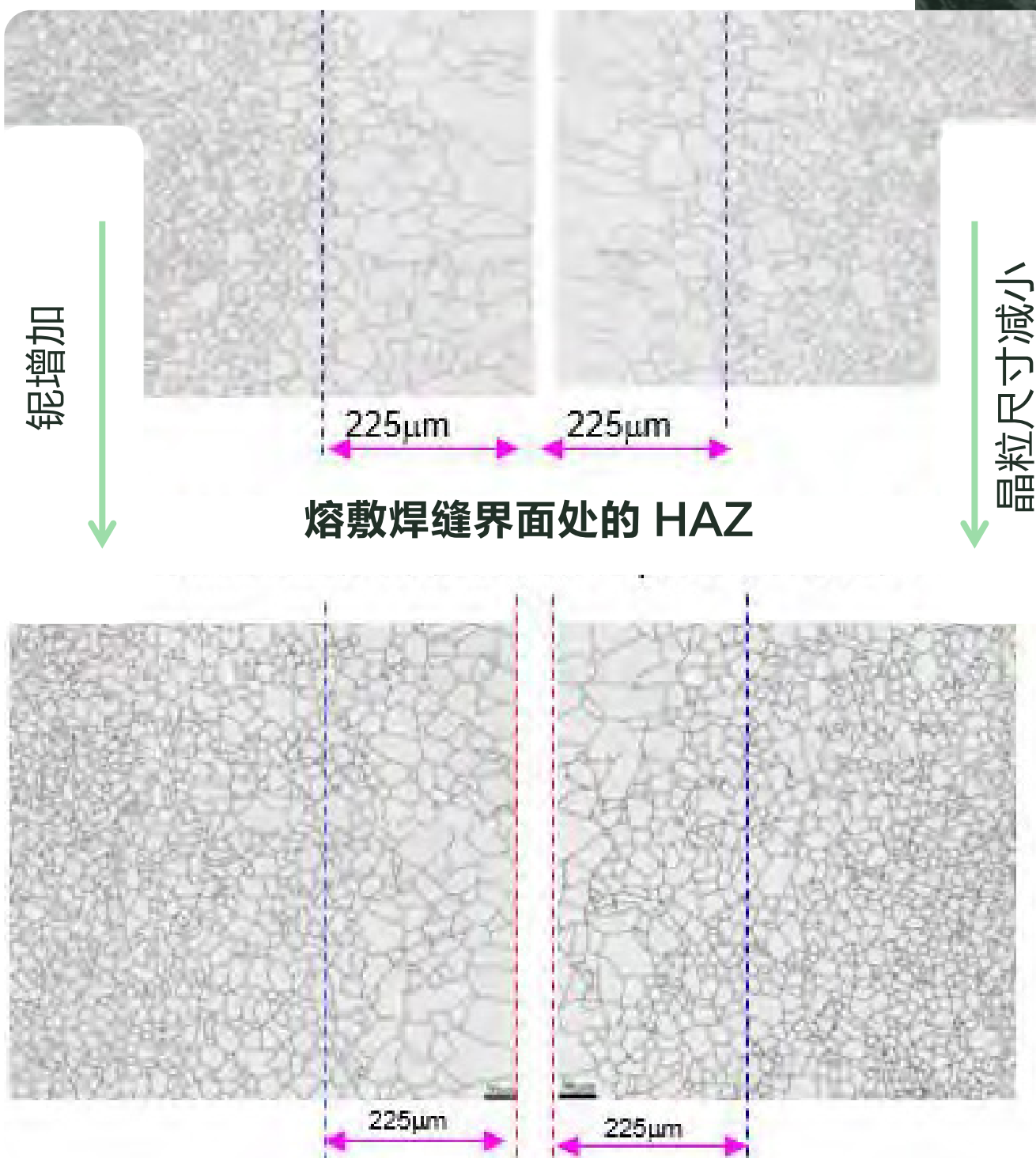


Control of weld HAZ properties in modern high strength pipeline steels-IPC 2014, Calgary- Canada , F.J Barbaro et al.

观察热影响区 HAZ

铌与钛共同促进热影响区的晶粒细化。
当铌含量在 0.08% 至 0.11% 范围内时，
效果最佳。
晶粒细化会直接促使韧性显著提高。

The state of the art of long distance gas pipeline
in China Chengjia Shang – IGRC – Rio 2017



经验证的结果

实际管道中

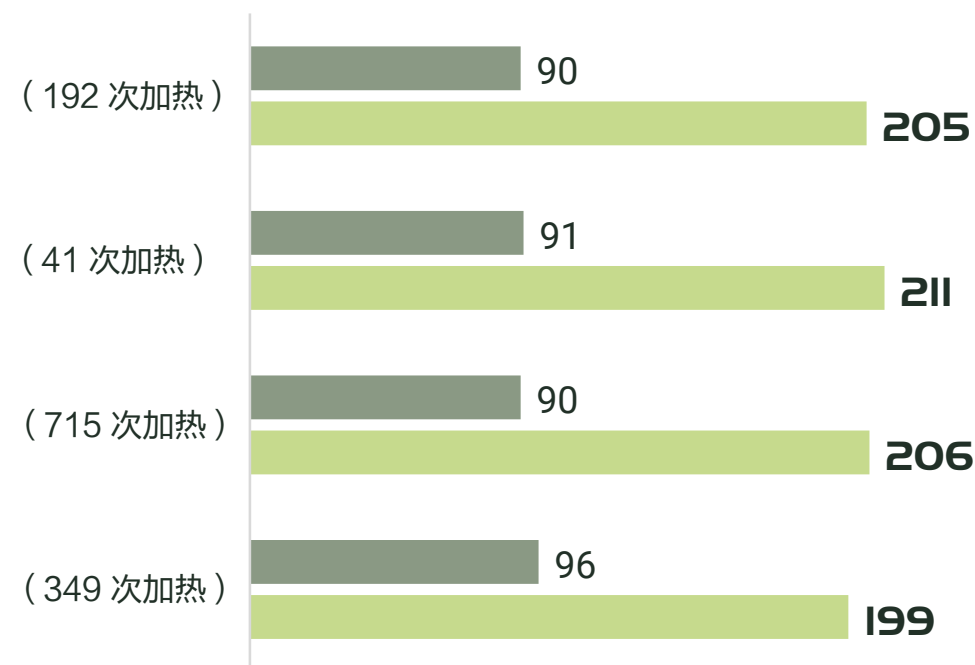
4 家中国钢厂生产出经过 1,297 次加热的高温轧制 X80 管道钢，用于生产直径 1,219 mm、厚度 18.4 mm 的螺旋缝埋弧焊钢管。
并且其已应用于中石油第二条西气东输天然气管道。

钢：

碳 - 0.05% - 0.06%
锰 - 1.83%
铌 - 0.08% - 0.10%
(钼、镍、铬、铜)
钛 - 0.02%
Pcm = 0.19

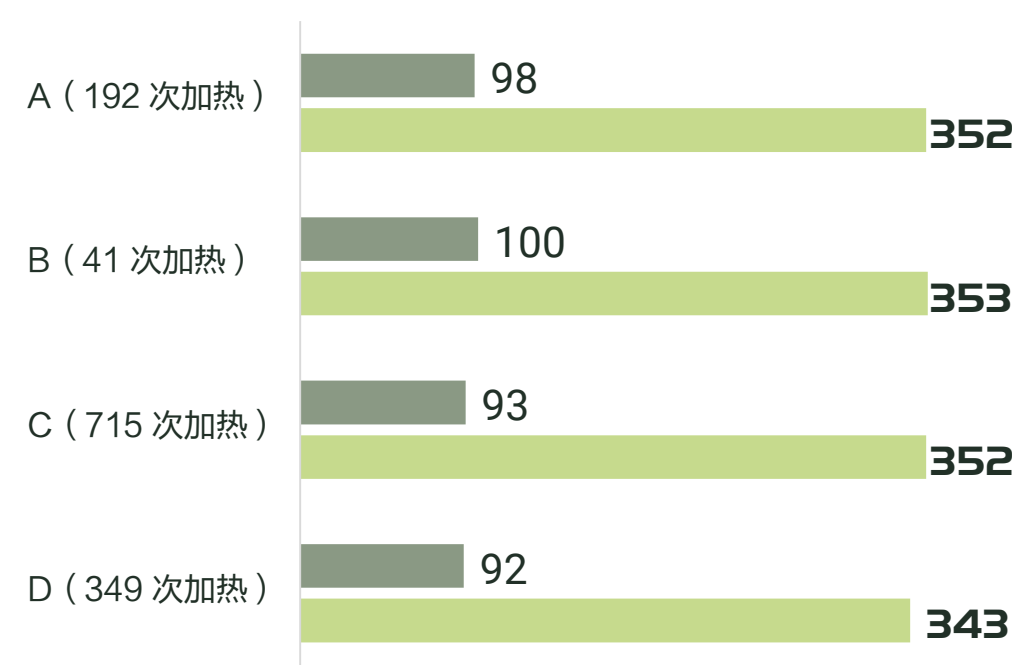
热影响区 (HAZ)

- 单个 $\geq 60\text{J}$ 、平均值 $\geq 80\text{J}$
- 单个 $\geq 30\%$ 、平均值 $\geq 40\%$



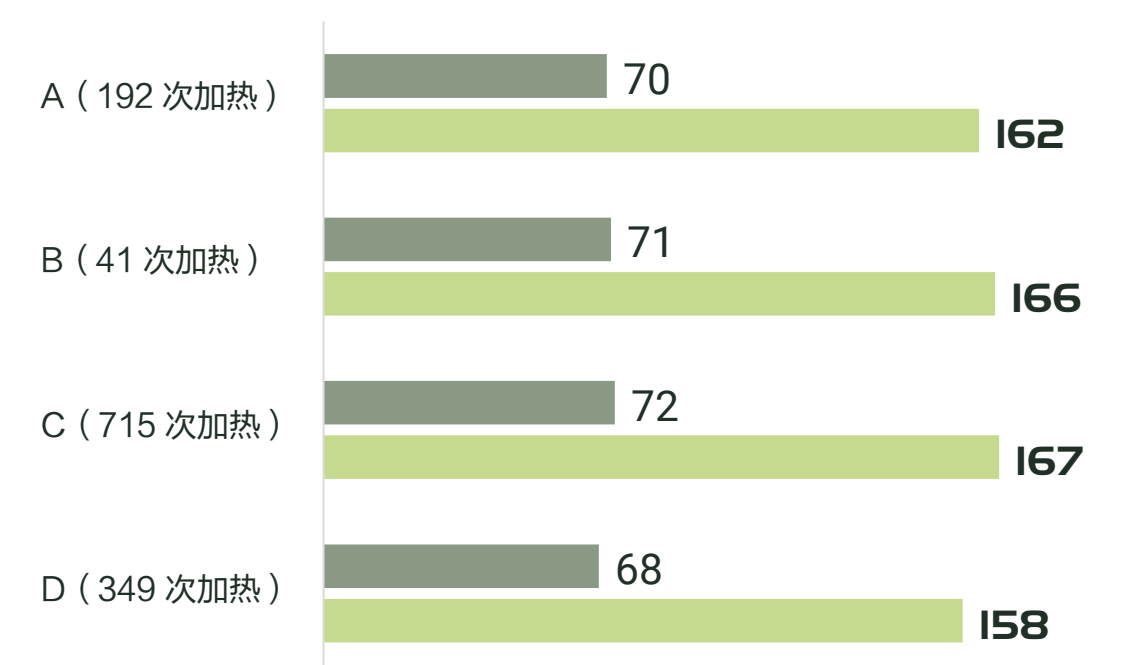
基体金属

- 单个 $\geq 170\text{J}$ 、平均值 $\geq 220\text{J}$
- 单个 ≥ 80 、平均值 ≥ 90



焊缝

- 单个 $\geq 60\text{J}$ 、平均值 $\geq 80\text{J}$
- 单个 $\geq 30\%$ 、平均值 $\geq 40\%$



● 剪切面积 (%) ● 冲击能量 (J)



CBMM 是全球铌产品生产和销售的领军企业，客户遍及 40 多个国家/地区。公司总部位于巴西，在中国、荷兰、新加坡、瑞士和美国设有办事处和子公司，为基础设施、交通、航空航天及能源行业提供优质产品和尖端技术。CBMM 于 1955 年在巴西米纳斯吉拉斯州的阿拉夏成立，依靠强大的技术计划增加铌应用，不断促进该市场的发展与多样化。



铌科技公众号



铌科技+
微信小程序



www.niobium.tech/cn
铌科技官方网站

联系邮箱: technology@cbmm.com