



Niobium Nb

制动器用合金

**铌和钼在制动盘中的应用**

## 如何比较铌和钼的效益

考虑到近几年铌钼铁合金的价格波动

挑战现有的 (钼) 并开始考虑新的可能性  
(铌) 是至关重要的

42  $4d^5 5s^1$

**Mo**

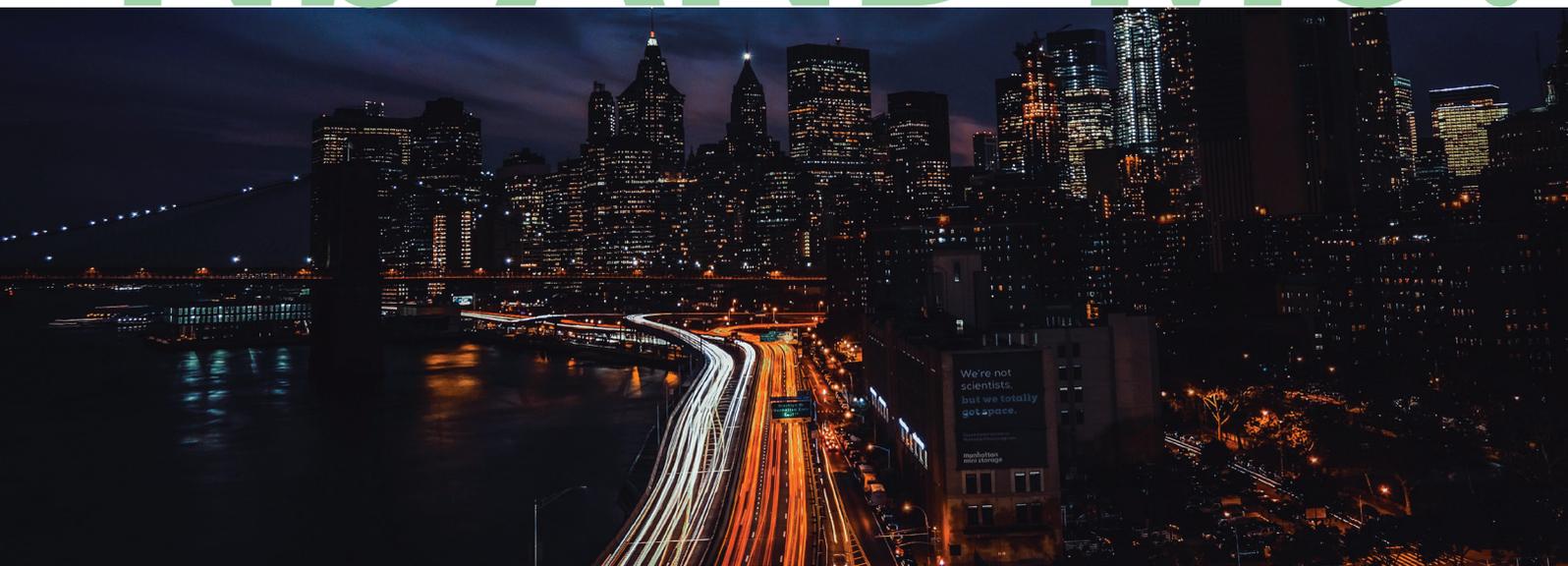
Molybdenum

41  $4d^5 5s^1$

**Nb**

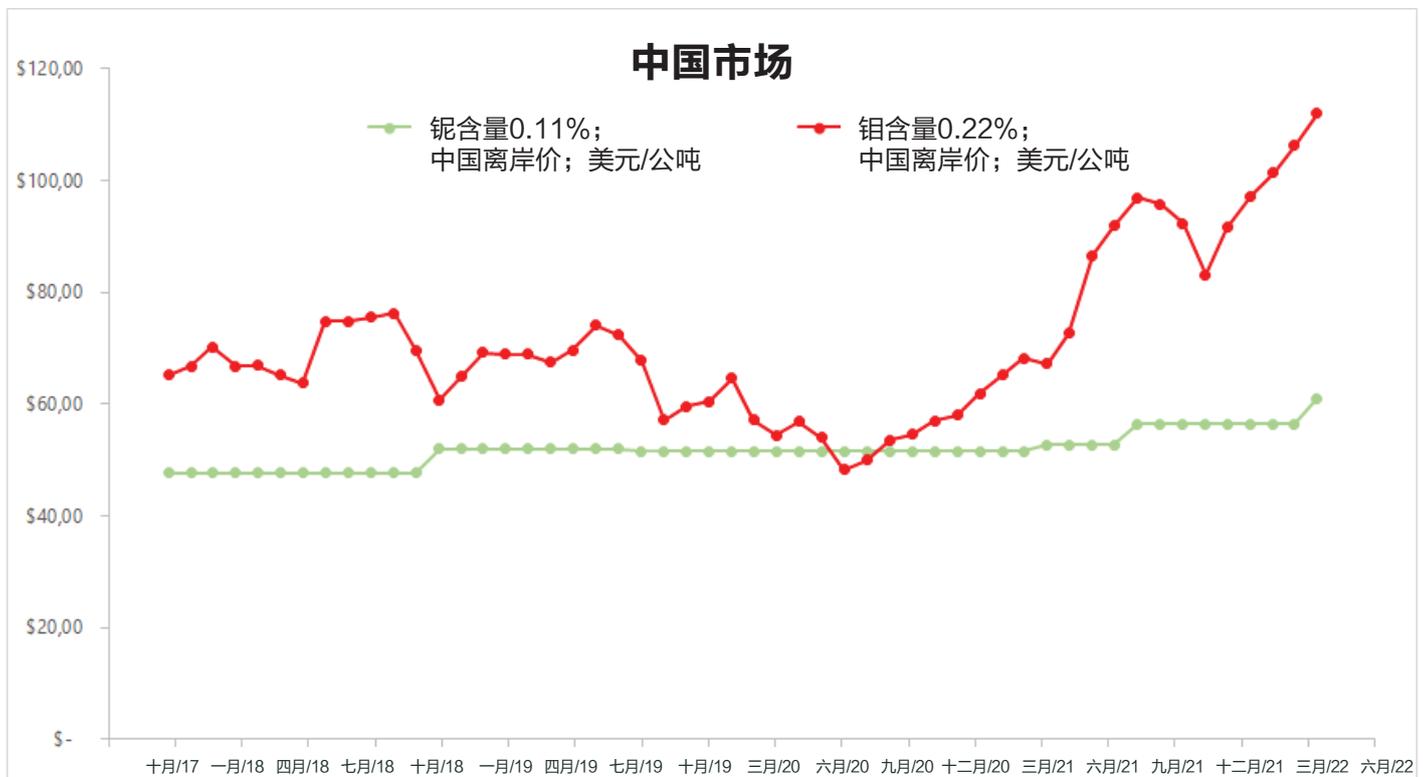
Niobium

# Nb AND Mo?



# 制动器用铈和钼

生产一吨灰口铸铁所需的钼铁合金和铈铁合金的价格——中国离岸价



资料来源：巴西矿冶公司市场情报部于 2022 年 4 月 14 日发布的价目表。边界条件：铈含量 65%。钼含量 60%。

## 在制动器制造中添加铈不仅能稳定价格，还能提高性能

当一种元素的含量通常大于 **0.10%\*\*** 时，这种元素就被称为合金元素。\*

灰口铸铁中铈的含量范围通常为 **0.10% ~ 0.30%**，而钼的含量范围通常为 **0.15% ~ 0.70%**。

**CBMM**通过实验对钼和铈的效用进行比较的结果表明，灰口铸铁合金中的钼可以用大约 **30% ~ 50%** 的铈代替。

铈是一种温和的珠光体稳定化元素和细化元素。\*\*\*

资料来源：

\* 《铁铸件工程手册》——美国铸造学会标准 (AFS)——2008年，第 54 页。

\*\*氮和硼除外；

\*\*\* 《灰口铸铁中铈合金化的有益作用——基础及应用》——Hardy Mohrbacher 教授

# 如何比较铈和钼的优势？

## 热机械阻力\*

考虑对最重要的两个特性（即，机械阻力和热扩散率）的影响。机械阻力将决定材料的强度。热扩散率测量材料从热端到冷端的热传递速率。

## 测功机 耐久性实验

根据原始设备制造商的规定，评估经过热疲劳试验的制动盘的寿命。

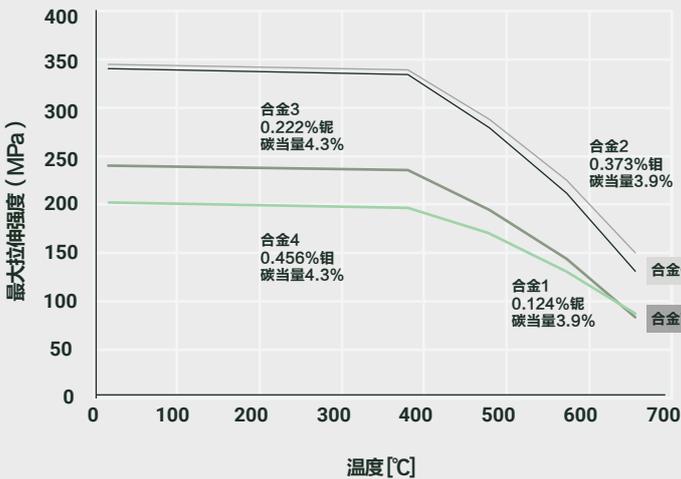
## 经济方面

考虑过去几年铈铁合金和钼铁合金的价格波动。

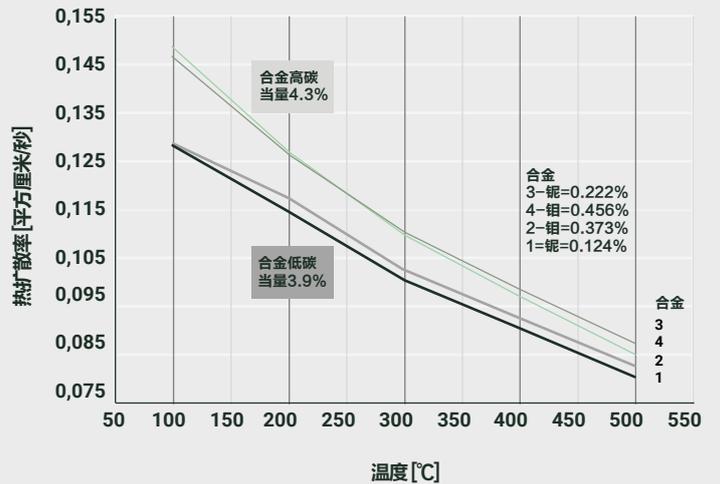
资料来源：\* Princ í pios de ci ê ncia dos materiais, Laurence H. Van Vlack, 2015 年, Editora Blucher, 第 352 页, 方程式 (12-20); \*\*巴西矿业公司市场情报部

# 强度和热扩散率

极限抗拉强度与温度的函数关系



热扩散率与温度的关系



分别以 **38%** 和 **49%** 的铈/钼比对两种低碳当量 (**3.97%**) 和两种高碳当量 (**4.39%**) 合金进行试验。

即使添加少量的铈，仍能显著提高高碳当量合金的强度。

热扩散率在整个温度范围内几乎保持不变。改善与高碳当量相关。

资料来源：改编自论文《铬、钼和铈对制动转子灰口铸铁的相互作用》，Matheus Hasbrouck——密歇根理工大学——2021 年。

# 案例 1

---

## 对含铌和含钼制动盘进行试验，以比较两者的热疲劳性能

### 问题 //

在 20°C 恒温条件下，按照车辆制造商的加载和制动说明书，在 LINK 试验台 L3900 上对外径 276 毫米的通风制动盘进行试验，以比较含铌和含钼制动盘的寿命。

### 解决方案 //

制动盘样本使用基础合金铸造，碳当量 = 4.1%，相对铌/钼比 = 50%。

- 铌 = 0.11%
- 钼 = 0.22%

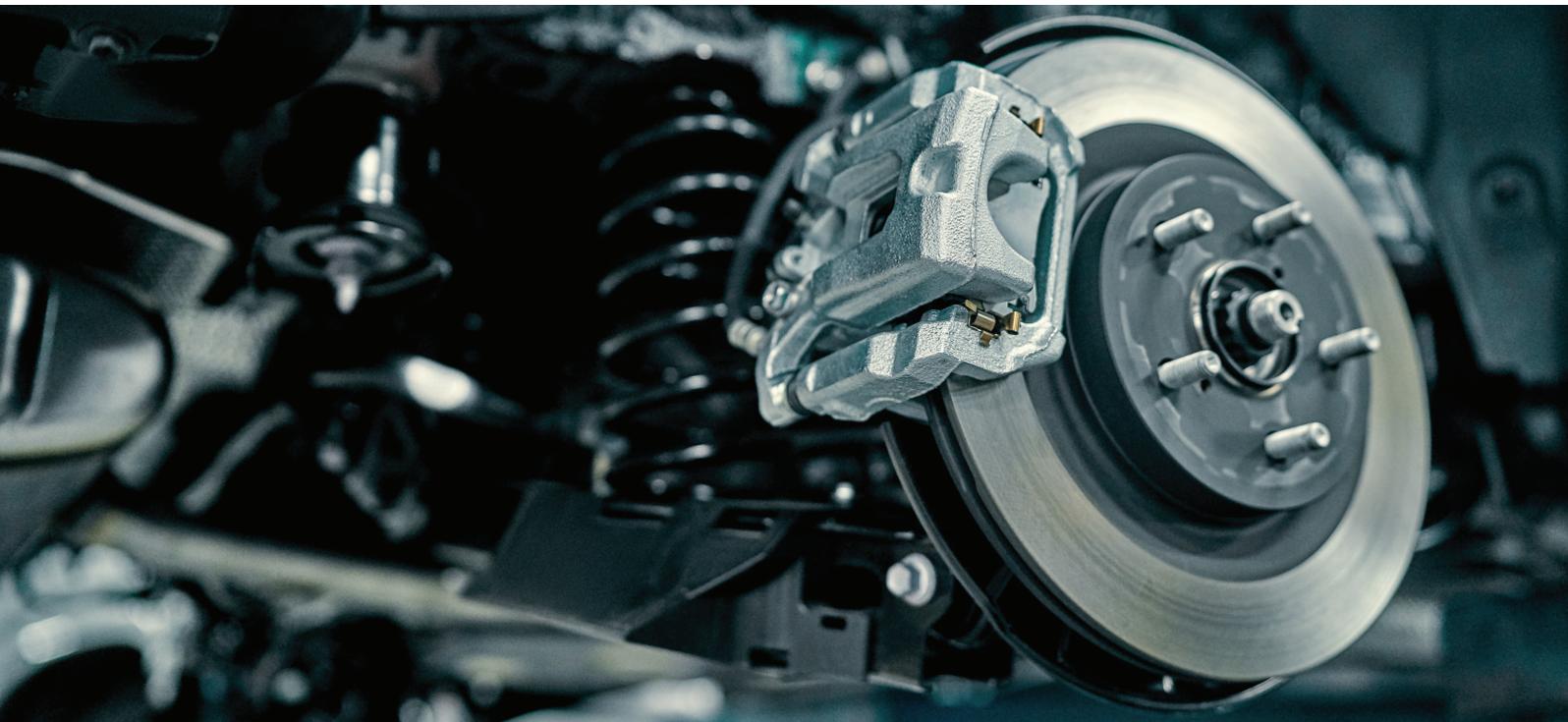
### 结果 //

合金价格下降 14.7%。\*

含铌制动盘的磨损率比含钼制动盘的磨损率低 4.4%（按厚度计）。

含铌制动盘的寿命提高 17%。

资料来源：LINK Engineering 根据原始设备制造商规范出具的试验报告。\* =边界条件：美国离岸价，标准等级 111 铌铁合金，65% 钼铁合金。



## —> 含铈和含钼制动盘进行试验，以比较两者的热疲劳性能



钼含量：0.22%    合金价格：示例    寿命：示例



铈含量：0.11%    合金价格：-14.7%    寿命：+17%

在 20°C 恒温条件下，按照车辆制造商的加载和制动说明书，在 LINK 试验台 L3900 上进行试验，以比较含铈和含钼制动盘的寿命。

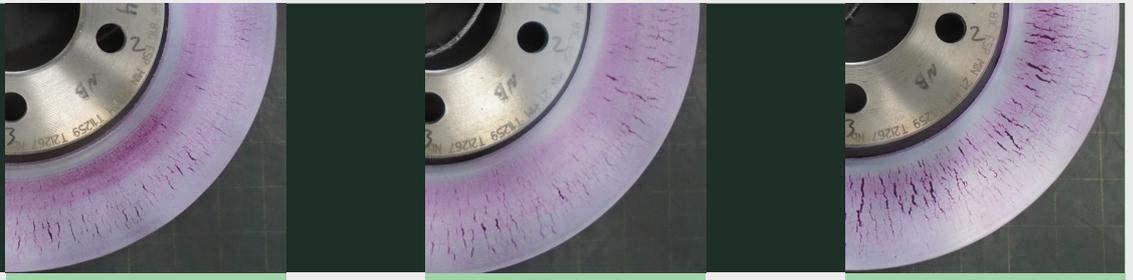
## —> 裂纹演化随寿命变化

83% 寿命

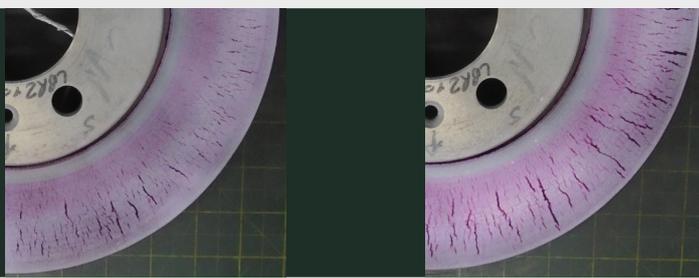
示例

+17% 寿命

铈含量：  
0.11%



钼含量：  
0.22%



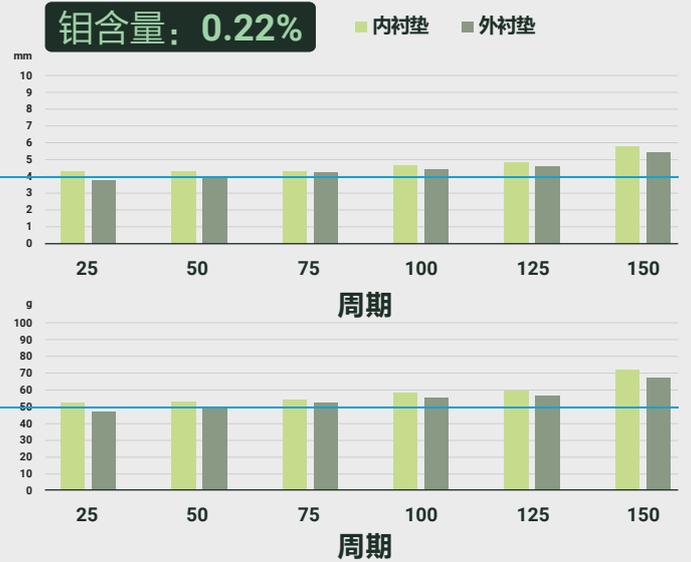
## → 铌与钼 ←

衬垫磨损率 | 配合含铌和含钼制动盘使用的衬垫的磨损行为大致相同

按周期划分的平均磨损率



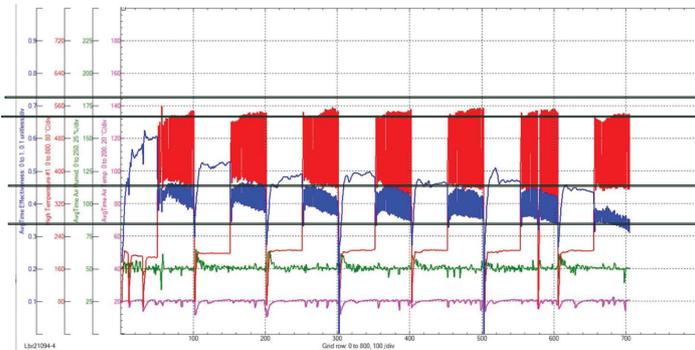
按周期划分的平均磨损率



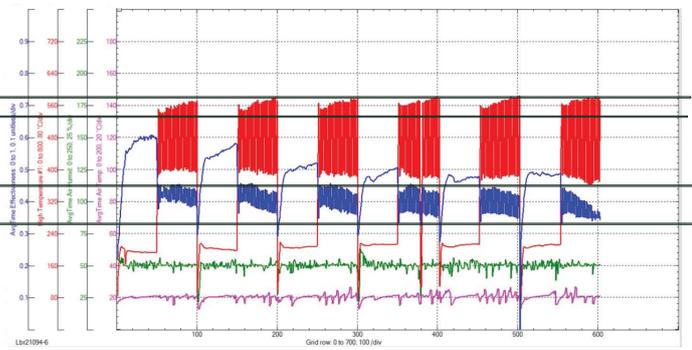
注: 衬垫为无铜非石棉有机 (NAO) 低金属垫

## → 含铌制动盘与含钼制动盘 ← 最高温度 (T2) 和摩擦系数

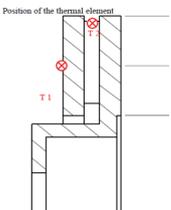
**铌含量: 0.11%**



**钼含量: 0.22%**



■ 摩擦系数 [-]    ■ T2 - 温度 [°C]    ■ 空气湿度 [%]    ■ 空气温度 [°C]



- 含铌制动盘T2比  
含钼制动盘低约30°C

## 案例 2

---

### 将铌用于制造制动盘，以提高制动盘的热疲劳寿命

#### 问题 //

外径 15 英寸通风制动盘。

#### 解决方案 //

重新设计合金，在不改变其他元素的情况下，使用 0.20% 铌替代 0.22% 钼。

#### 结果 //

- 合金价格下降 8.5%\*
- 寿命提高 74%

资料来源：LINK Engineering 根据原始设备制造商规范出具的试验报告。\* =边界条件：美国离岸价，标准等级 111 铌铁合金，65% 钼铁合金，巴西矿冶公司模拟成本。



→ 将铌用于制造制动盘，以提高制动盘的热疲劳寿命。

合金价格：REF



合金价格：-8.5%



制动盘15英寸- GG 15 / EN GJL 150 +NB

特性	不含铌	含0.20%铌	差异
碳当量	4,266	4,282	+0.4%
其他	铬=0.15 钼=0.220	铬=0.17 钼=0.016	No more Mo
抗拉强度[兆帕]	206	193	-6.7%
硬度[布氏]	181...203	180...200	0...-1.5%
使用寿命	150	261	+74%



150个周期

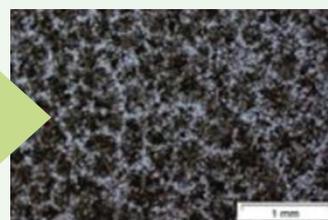


261个周期

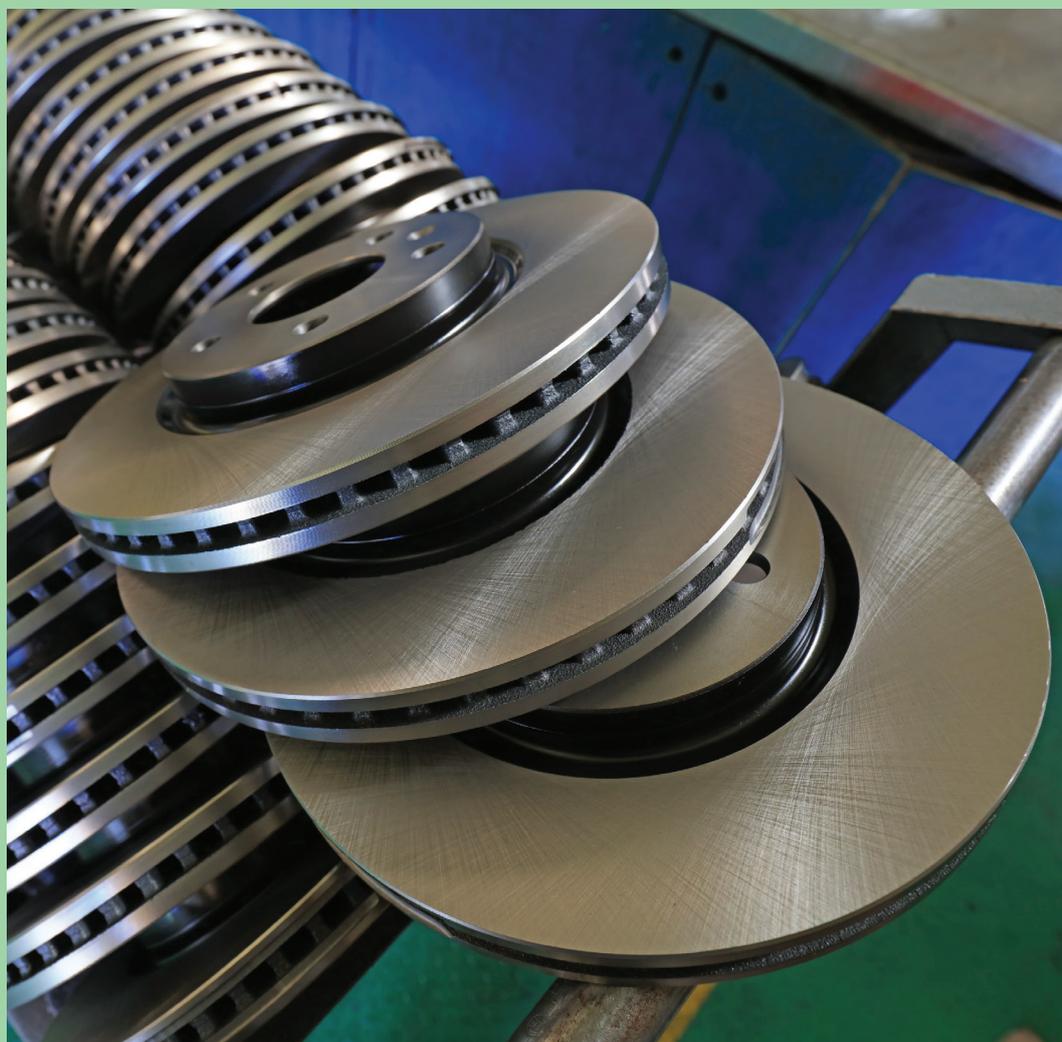
使用铌后让共晶团数量增加了4倍



+0.2%铌



在需要更好的财务业绩和生产优化的时代，  
新的可能性意味着



# CBMM 是全球铌产品生产和销售的领军企业在市场上已经有60多年的历史了

不同的产品  
用于独特的  
应用



基础设施



移动出行



航空航天



医疗设备



能源工业



石油和  
天然气工业

在各大洲有超过  
400名客户，  
分布在50个国家

超过当前全球需求的生产能力

稳定的公司治理

与最著名的研究中心合作





CBMM 是全球铌产品生产和销售的领军企业，网络遍及 50 多个国家/地区，客户超过 500 家。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](http://www.niobium.tech/cn)  
铌科技官方网站

---

联系邮箱: [technology@cbmm.com](mailto:technology@cbmm.com)