



白皮书

你的不锈钢里有什么？

本白皮书讨论了蒸发式冷却行业中使用的各种不锈钢的实际情况。EVAPCO希望驳斥某些制造商的说法，即301L不锈钢优于304号不锈钢。

可以肯定地说，业主希望新的蒸发式设备能够满足其设计容量。同时它还应该由高质量的材料制成，以保持较长的使用寿命。

CTI（冷却技术学会）认证可以让买家放心，它确保了该设备在现场调试时能够达到其设计容量。然而在升级蒸发式设备的结构材料如不锈钢时，并没有“第三方”来验证所用的不锈钢等级是否适当。每个设备制造商都可以使用他们选择的任何等级不锈钢材料，这使得某些制造商提供等级较低、耐腐蚀性较差的不锈钢，却将其作为优质产品进行营销。

在蒸发式冷却行业，300系列不锈钢的营销宣传仍在继续。304号不锈钢广泛应用于各行各业，是所有不锈钢中使用最广泛的。¹下表显示了用于制造蒸发式冷却设备的不同类型奥氏体不锈钢。

| 类型 | 铬含量 (重量百分比) | 镍含量 (重量百分比) | 钼含量 (重量百分比) | 碳含量 (重量百分比) |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 301L | 16.0-18.0 | 6.0-8.0 | 0.0 | 0.03 |
| 304 | 18.0-20.0 | 8.0-12.0 | 0.0 | 0.08 |
| 304L | 18.0-20.0 | 8.0-12.0 | 0.0 | 0.03 |
| 316 | 16.0-18.0 | 10.0-14.0 | 2.0-3.0 | 0.08 |
| 316L | 16.0-18.0 | 10.0-14.0 | 2.0-3.0 | 0.03 |

表1 — 选择和使用不锈钢设计指南

直到2008年左右，EVAPCO和其他领先的蒸发式设备制造商都使用304、304L、316和316L号不锈钢作为其升级的结构材料。如右图所示，当时镍的价格上涨，导致一些制造商寻求更低成本的结构材料——“301 SST是传统高镍奥氏体不锈钢（如304 SST）的低成本替代品。”²

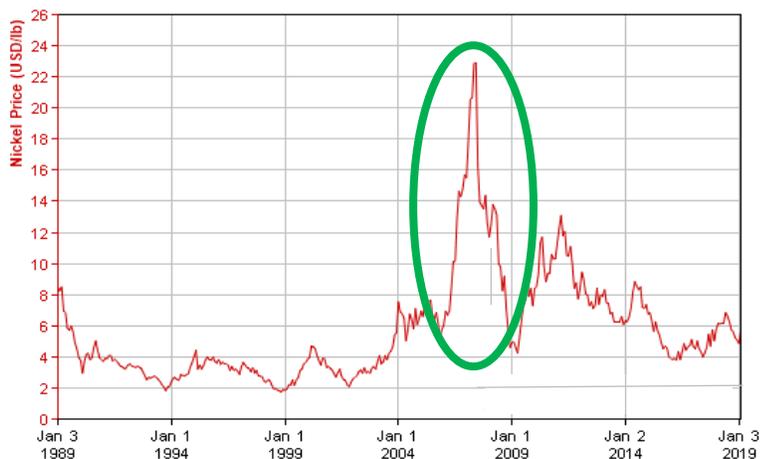


图1 — 历史镍价³

让我们探讨一下某些制造商提出的一些营销主张。

营销主张1: “301L不锈钢在远离焊缝处表现出与304号不锈钢相同的耐腐蚀性。”

分析1: 高含量的铬使不锈钢形成可再生的氧化铬层。这种超薄层（钝化膜）可保护冷热水盘等湿润区域免受全面腐蚀。对全面腐蚀抗性有最大积极影响的元素是铬、钼、镍和铜。⁴

301L和304/304L不锈钢都不包含钼，等级的主要区别在于添加到合金中的铬和镍的量。“一般来说，铬的添加量越大，耐腐蚀性就越高。”⁵

镍在不锈钢的合金化过程中有两个用途。“镍的主要功能是在室温及更低温度下稳定钢的奥氏体结构。在室温下稳定奥氏体结构的最低含镍量约为8%，因此它也是最广泛使用的304号不锈钢中镍的含量。”⁴ 镍还可以降低全面腐蚀的速度，它是一种比铬或铁更贵的金属。

304/304L不锈钢的铬和镍含量较高，这极大地提升了局部耐腐蚀性能。“点蚀和缝隙腐蚀都很常见，通常统称为‘局部腐蚀’。”⁴ 由于侵蚀的局部性，缝隙腐蚀和点蚀通常比全面腐蚀更快地导致泄漏或故障。

水中的侵蚀性阴离子是不锈钢点蚀和缝隙腐蚀的最常见诱因。单种合金的抗点蚀能力可以使用以下点蚀电阻当量数（PREN）公式计算。

$$PREN = \%Cr + (16.0 \times \%N) + (3.3 \times \%Mo)$$

| 不锈钢 | 铬含量 (重量百分比) | 氮含量 (重量百分比) | 钼含量 (重量百分比) | 点蚀当量PREN |
|-----|----------------|----------------|----------------|-----------|
| 301 | 16.0-18.0 | 0.1 | 0.0 | 17.6-19.6 |
| 304 | 18.0-20.0 | 0.1 | 0.0 | 19.6-21.6 |
| 316 | 16.0-18.0 | 0.1 | 2.0-3.0 | 24.2-29.5 |

表2 — 各种不锈钢的点蚀当量PREN

表2显示，301号不锈钢的PREN比304号不锈钢最多低19%，比316不锈钢最多低40%。PREN越高，不锈钢对由氯化物引起的点蚀的抵抗力就越强。⁵ 在比较不同等级的不锈钢及其耐腐蚀性能时，大多数不锈钢技术网站甚至没有列出301/301L，这是因为301/301L是一种不常用于焊接制造的不锈钢，因此通常也不会用于304/304L和316/316L所处的那种腐蚀性环境。

营销主张2: “在焊接处，由于301L不锈钢的碳含量低，因此它比304号不锈钢更耐腐蚀。”

分析2: 碳化物沉淀，也称为敏化反映，可能发生在碳含量较高（最大0.08%）的不锈钢焊接过程中。“L”是指碳含量较低（最大0.03%）的不锈钢，这降低了碳化物沉淀的风险。EVAPCO使用304和304L以获得优秀的产品质量，而非301L。整个机组都需要进行防腐保护，而不仅仅是焊接区域。这就是为什么304/304L不锈钢机组优于301L不锈钢机组的原因。

工业应用、沿海和恶劣环境

在沿海地区、高温应用和补充水中氯化物浓度高的地区，⁵ 把304/304L升级到316/316L不锈钢是正确的选择。当蒸发式设备内的循环水温度升高时，钢材抵抗氯化物点蚀的能力会迅速降低。316/316L不锈钢含有2-3%的钼，这为表面膜提供了高保护以防止氯化物侵蚀。

EVAPCO的水分析实验室配备有检测补给水中氯化物和其他离子的装置，可以帮助业主为他们的机组选择最适合的结构材料。一些制造商置环境因素于不顾，不推荐使用316不锈钢，这是因为316不锈钢会使他们失去低成本优势。

无论何种应用，304/304L或316/316L蒸发式机组都优于301L蒸发式机组。现在削减结构材料成本会导致建筑或生产工艺在今后面临停机的风险。



图2 — 不锈钢冷却塔

请联系EVAPCO了解更多不锈钢机组的信息。

参考文献

1. Covert, R. (2000, July) *Stainless Steel: An Introduction to Their Metallurgy and Corrosion Resistance*
2. North America Stainless: *Flat Products Stainless Steel Grade Sheet*.
3. http://www.infomine.com/investment/metal_prices/nickel/all/
4. Jessen, C. Q. (2011, September) *Stainless Steel and Corrosion*
5. *The nickel advantage* www.nickelinstitute.org
6. *Corrosion: Pitting and Crevice Corrosion* www.ssina.com