

SUS486plus®高性能紧固件解决方案

——应对严苛环境的新型不锈钢技术

Bossard 柏中工程材料白皮书

引言：当传统材料遇到时代瓶颈

在深海探测器承受 500 个大气压的密封结构中，在折叠屏手机每日数百次的铰链开合间，在海上风电塔经受盐雾与海浪的持续侵蚀时，传统不锈钢紧固件正面临前所未有的挑战。SUS304 的强度局限、SUS316 的应力腐蚀风险、以及铁素体不锈钢的脆性问题，迫使工程师们不断在性能参数之间艰难妥协。

我们面对挑战，现有材料已无法同时满足：

- ✓ 极端环境下的长期耐腐蚀性
- ✓ 高强度与良好韧性的平衡
- ✓ 精密制造对尺寸稳定性的严苛要求
- ✓ 特殊应用场景的电磁性能需求

Bossard 基于 190 多年的紧固件行业应用经验，推荐的 SUS486plus®沉淀硬化不锈钢，正在改写这一困境。这种突破性的超低碳合金材料，首次实现了无需热处理即可达到 800MPa 抗拉强度，同时兼具奥氏体不锈钢的耐蚀性和铁素体材料的磁响应特性，为高端装备制造提供了全新的紧固解决方案。

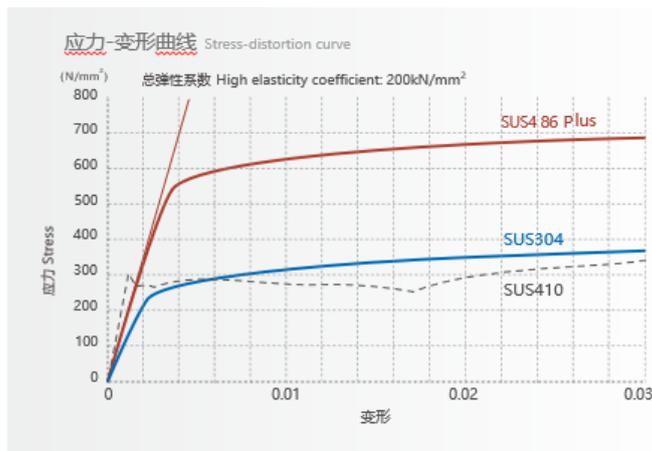
一、材料科学的里程碑式突破

传统不锈钢的强度与耐蚀性往往不能兼顾。SUS486plus®其独特的化学架构，通过三项核心创新改变了这一局面。通过将铬含量提升至 18.5%并添加 1.2%钼，配合精确控制的氮元素配比，材料在冶炼阶段就形成了纳米级碳氮化合物弥散分布。这种微观结构赋予它三大先天优势：

首先，**在机械性能方面**，即便不经过传统淬火回火工艺，其屈服强度即可达到 550MPa 以上。这得益于材料中自发形成的 (Cr,Mo) 2N 相强化机制，相比需要通过冷作硬化达成强度的 304 不锈钢，SUS486plus®的韧性储备高出 30%，在振动工况下表现出更优异的抗疲劳特性。

其次，**耐腐蚀性能的突破更为显著**。在模拟海洋环境的加速实验中，SUS486plus®经过 500 小时盐雾测试后仍保持金属光泽。更关键的是，其在含氯环境中的应力腐蚀临界温度达到 112°C，比 316L 高出近 40°C，这使其成为海底电缆接头等关键部位的首选材料。

第三，**独特的温域适应性打破了行业认知**。从北极圈机械的 -60°C 低温到内燃机周边的 350°C 高温，材料的冲击功始终保持在 50J 以上。2023 年第三方测试显示，其在 200°C 热循环下的尺寸变化率仅为 0.003%，远超航空紧固件 ASME B18.31 标准要求。

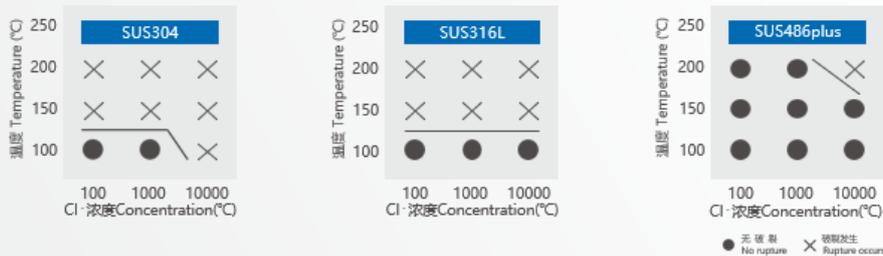


机械性能的案例 Examples of mechanical properties

产品种类 Product Variety	JISZ2201(14号) 0.2%耐力 0.2% stamina N/mm ²	拉伸强度 Tensile strength N/mm ²
SUS486 Plus	600	801
SUS304全螺纹、W3/8 SUS304 full screw	486	643

优越的耐SCC性

Superior SCC resistance



耐SCC性调查结果 (双U弯曲试验, 不排气, 500hrs)

SCC resistance results (double U bending test, no exhaust, 500hrs)

SUS486Plus & SUS304 & SUS316材料性能方案对比					
料号	测试项目	材料牌号	SUS486Plus	SUS304	SUS316
		规格	(实测值最小最大)	(实测值最小最大)	(实测值最小最大)
螺钉	螺纹规格&螺距:P	M3*0.5p	M3*0.5p	M3*0.5p	M3*0.5p
	螺纹外径:mm	Φ2.87~2.98	2.92~2.94	2.92~2.94	2.92~2.94
	杆长:mm	5+0/-0.3	4.78~4.85	4.78~4.85	4.78~4.85
	头径:mm	5.7±0.1	5.68~5.72	5.68~5.72	5.68~5.72
	头厚:mm	1.7±0.2	1.65~1.69	1.65~1.69	1.65~1.69
	Q值:mm	Q0.91-1.43	1.2~1.22	1.2~1.22	1.2~1.22
	抗拉强度	Kgf/mm ²	797	557	565
	破坏扭力Kgf.cm: MIN	16kgf.cm以上	23~25	17~18	17~18
	表面硬度:HV	HV:300MIN	420~440	400~420	400~420
	芯部硬度:HV	HV:220MIN	300~320	260~290	260~290
	有无磁性	有/无/弱	有	弱	无
	耐强酸性	强/一般/差	强	一般	一般
	耐强碱性	强/一般/差	强	一般	一般
	耐人工海水	强/一般/差	强	差	一般
	是否符合RoHS2.0标准	是/否	是	是	是
是否符合镍释放标准	是/否	是	是	是	
盐雾 :h	常规盐雾无变化	500	72	120	

二、改变行业格局的应用实践

(1) 消费电子领域的精密革命

当某国际手机品牌为其折叠屏寻找铰链螺栓时，传统材料面临两难选择：304 不锈钢无法满足 10 万次折叠的强度要求，而 17-4PH 热处理钢又会导致屏幕磁干扰。SUS486plus®的登场改变了游戏规则——其固有的 450HV 硬度与可控磁导率，不仅将铰链寿命提升至 20 万次，还使自动组装线的磁吸定位精度达到 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

这仅仅是开始。在 TWS 耳机充电触点、智能手表心率传感器支架等场景中，材料与人体汗液接触的耐蚀性达到 ISO 10993-15 生物相容标准，同时其非热处理的特性避免了微型紧固件（如 M0.6 螺丝）的变形风险。

(2) 新能源时代的可靠保障

某海上光伏电站的运维报告显示，使用传统不锈钢紧固件的支架系统，在南海环境 18 个月后发现批量应力腐蚀开裂。而采用 SUS486plus®的对比组，经过三个台风季仍保持完好。这归功于材料在 90%湿度+50ppm 氯离子环境中的独特稳定性，其钝化膜再生速度比 316L 大约快 5 倍。表现出很好的耐应力腐蚀开裂的性能。

在电动汽车领域，材料更展现出多维价值：电池包连接件利用其磁性实现快速定位；热管理系统凭借 $-0.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 的热膨胀系数与复合材料完美匹配；甚至在碰撞安全测试中，其能量吸收能力比传统材料高出 15%。

(3) 应用领域

- 无人机
- 汽车
- 水下航行器
- 医疗器械
- 手机组装
- 折叠屏铰链
- 智能手表
- 其它智能穿戴装备

三、面向未来的工程化思考

尽管 SUS486plus®已展现卓越性能，Bossard 的工程师们仍在持续优化其产业适配性。目前推出的 BT-3 表面处理技术，可使材料在保持耐蚀性的同时，摩擦系数稳定在 0.12 ± 0.02 区间，特别适用于需要精确预紧力的航空航天螺纹连接。

值得关注的是，材料的环保属性正创造额外价值。其生产过程碳排放比同强度马氏体不锈钢低 37%，且 100%可回收利用。2024 年起，欧盟多个海上风电项目已将其列入可持续采购清单。

结束语：让材料成为您的竞争优势

从实验室创新到产业应用，SUS486plus®的成功印证了一个真理：在高端装备制造领域，紧固件不再是配角，而是决定产品可靠性与差异化的关键要素。Bossard 柏中愿与各行业领导者共同探索材料应用的边界——我们提供从材料认证、失效分析到定制化处理的全程支持，现有超过 200 种标准件可即时转换为 SUS486plus®方案。

您是否正在面临以下挑战？

- 现有紧固件在腐蚀/振动环境中过早失效
- 需要同时满足强度、耐蚀和非磁性的矛盾需求
- 微型化设计导致传统热处理工艺失效

欢迎联系我们的应用工程师团队。