

节约成本的超级双相不锈钢

不锈钢材料量化的优势往往是未来可见的，即减少了整个使用寿命期间的维护并降低了生命周期成本。而不锈钢尤其是高强度的双相不锈钢，有时会成为初始投资中最经济实惠的选择！下面的案例研究讨论了工厂废气排放烟囱的更换方案中，为什么采用2507 超级双相不锈钢建造的烟囱，其成本低于耐候钢烟囱。



2017 年，一家烧结厂的排气烟囱在恶劣天气中发生部分坍塌。该烧结厂主要生产铁矿石粉烧结料，为邻近的高炉冶炼提供原料。巨大的烟囱高约 60 米，直径 3.7 米，采用双层设计，由 6 毫米厚的耐候钢内壁、隔热层和镀锌钢板外层组成。这种设计依靠隔热层将烟囱内的温度保持在露点以上，以避免内表面产生腐蚀性冷凝液。然而，在海边工业厂房恶劣的使用条件下，隔热保温层开始老化。事实上，坍塌前的检查显示，在隔热层老化的位置，耐候钢的壁厚严重减薄。

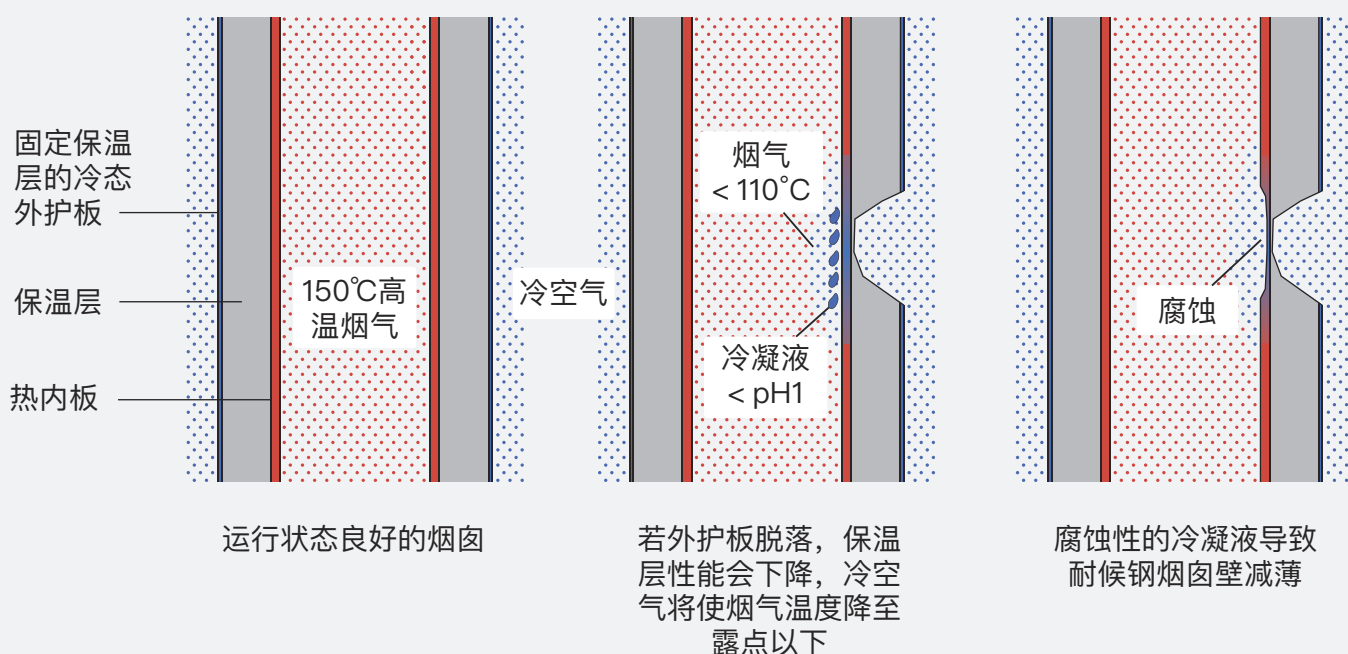
在竞争中脱颖而出

由于排气烟囱折断成两半，工厂需要一个快速有效的替换方案，并可显著提高耐腐蚀性能。Industeel公司协助进行了腐蚀测试，并在探讨可能的替换方案上提供了技术支持，考虑了几个关键的操作和环境参数。该工厂位于靠近海洋的工业环境中，每年温差很大，常常有强风。

该工厂全天候运行，平均烟气温度为 150°C 。烟气的酸露点为 110°C ，pH值为1，酸性极强，这意味着当温度低于 110°C 时，烟囱中会形成高腐蚀性的冷凝液。空气中的海盐使这种腐蚀更加严重。对烟囱中的颗粒物进行分析发现，氯化物的含量远远高于耐候钢所能承受的水平。

近60米高的排气烟囱很难检查和维护。它的三层设计是一把双刃剑：虽然各层之间相互保护，但一旦内层受损，就很难进入进行检修，甚至连测量最内层材料的厚度都很困难，这就影响了检查的完整性。由于烟囱的使用寿命没有达到预期的20年，因此对各种具有更强抗腐蚀能力的更换设计方案进行了评估。与原始设计相比，所有替代方案都具有更强的抗腐蚀能力，但它们各有利弊。例如，其中三种设计由于壁厚和重量增加，需要建造新的地基，这不仅成本高昂，而且会延长施工时间。另外两种方案则需要更昂贵的建筑材料（基于每公斤成本计算），但它们避免了隔热层的成本，而且可以在现有地基上建造。采用 2507 超级双相不锈钢或 904L 不锈钢的两个单层设计方案都能抵御使用环境的腐蚀。

隔热排气烟囱的腐蚀机理



	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5
材料和设计	带内防护衬里的双层耐候钢壳体	自支撑单层 2507 超级双相不锈钢	自支撑单层 904L 奥氏体不锈钢	带内防护衬里的双层 316Ti 不锈钢壳体	钢筋混凝土结构壳体 / 耐火砖内衬
保温层	有	无	无	有	无
腐蚀防护	加厚壳体（↑腐蚀余量）外加衬里	不需要	不需要	加厚壳体（↑腐蚀余量）外加衬里	不需要
地基	新建	现有的	现有的	新建	新建
交付时间	9个月	7个月	7个月	9个月	现场施工12个月
预期寿命	20年	30年	30年	20年	50年
烟囱和地基的成本	参照值 = 100	88	100	100	128

能够承受冷凝液腐蚀的两个不锈钢解决方案（方案2和3）是兼顾简便、更换速度和使用寿命的最佳组合。超级双相钢由于其更高的强度和更低的合金成本而成为成本最低的解决方案。

而2507 双相不锈钢的耐腐蚀性和强度都较高，因此可以减小壁厚。通过减薄壁厚、提高强度来节省材料，往往能显著降低成本，本案例就是如此。上表总结列出了各个方案的相对成本、施工时间和相关设计要素。

更少的材料，更长的使用寿命

根据候选设计方案的成本、时间和预期性能，选择了方案2对烟囱进行更换，即采用2507超级双相不锈钢

在加工车间对2507超级双相不锈钢烟囱节段进行加工制造





烟囱自安装完成后，没有出现任何问题，应该在未来 30 年或更长的时间内，持续提供低维护的服务。该案例研究说明，双相不锈钢的高强度和优异的耐腐蚀性不仅能减轻重量，还能立即节约成本。不锈钢还是地球上回收利用率最高的材料之一，因此，在使用寿命结束时，至少有一部分初始投资可以作为废料价值收回。在充分考虑使用寿命和维护需求的情况下，有时看似奢侈的材料却被证明是最经济实惠的选材。(Jim Fritz)

多年来，烧结矿厂的铁矿石粉尘在烟囱表面积聚成红褐色沉积物，但由于超级双相不锈钢具有出色的耐腐蚀性，这些沉积物不会对烟囱造成任何损坏

烟囱是分段运输的，在现场用螺栓固定在一起。梯子和平台直接连接到自支撑烟囱壁上。这比在双层烟囱中通过外层和厚厚的保温层将它们锚定到结构内壁上要简单得多

制造的单层烟囱。这种双相不锈钢含有约 3.5% 的钼，且氮的添加量约为 0.25%，铬、钼和氮的组合具有出色的抗局部氯化物腐蚀的能力。

由于这种设计方案不涉及隔热，因此避免了隔热材料维护方面的费用，还有可能延长检查的间隔时间。此外，单层设计比双层设计更容易检查出壁厚的损失。这个研究发现 2507 双相不锈钢替代方案的投资成本最低，而如果将总的生命周期成本纳入评估，则它比其他方案节省的成本更多。

烟囱的更换采用 6 毫米至 10 毫米厚的不锈钢冷成型板并焊接成巨大的圆环。钢板在制造厂焊接成可以运到施工现场的烟囱长度，运到现场安装。就像一个巨大的环形塔一样，每一个圆形焊接板都用一台巨大的起重机放在下一个环形板的顶部。更换后的烟囱于 2019 年夏季完工并投入使用。

