

# 简化材料选择

减少腐蚀影响的选择指南



Swagelok®

## 索引

<b>自信地选择</b>	<b>3</b>
<b>什么是腐蚀</b>	<b>4</b>
<b>控制腐蚀的步骤</b>	<b>5</b>
<b>识别腐蚀类型并选择材料</b>	<b>6</b>
寻找合适的材料	6
一般（或均匀）腐蚀	7
局部腐蚀：点蚀和缝隙腐蚀	8
点蚀	9
缝隙腐蚀	10
应力腐蚀开裂 (SCC)	11
酸气或硫化物应力开裂 (SSC)	12
氢脆	13
晶间腐蚀 (IGC)	14
电化学腐蚀	15

316 不锈钢	16
6-钼合金	17
2507 合金超级双相不锈钢	18
825 合金	19
625 合金	20
C-276 合金	21
400 合金	22
钛合金	23
精心设计的材料组合	24
<b>了解要求和标准</b>	<b>25</b>
NACE® 要求	26
NACE MR0175/ISO 15156 概述	27
NACE 关于2507合金超级双相不锈钢卡套接头的要求	28
NACE关于625合金标准和中压卡套管接头的要求	29
NACE对于6钼合金卡套管、公称管和焊接接头的要求	30
NORSOK 标准	31

<b>了解更多</b>	<b>33</b>
材料科学培训	33
更多资源	34
质量和可靠性	34
产品和系统培训	35
评估和咨询服务	35
定制解决方案	35
查找技术顾问	35
文章	36
参考指南	36
产品测试报告	36
NACE	36
<b>安全产品选型</b>	<b>37</b>

海上平台可能拥有近 50,000 英尺的卡套管、20,000 多个流体系统元件、不低于 10,000 个接头以及高达 8,000 个机械式连接。

毫无疑问，选择一种合适的材料并不简单。

实际上，在指定仪表管路、液压动力、化学品注入、浸没系统等材料时，涉及到多方面的考虑事项。

因此，就需要世伟洛克为您提供帮助。自 1947 年以来，我们始终致力于抗腐蚀方面的工作。我们通过深入了解导致腐蚀的因素以及有助于抵抗腐蚀的材料特性来简化选择。我们采用含有至少两种，但通常多达十种不同元素且优化了其含量的合金，因此我们的材料具有出色的耐腐蚀性能，从而有助于我们的产品更好地发挥作用。

例如：

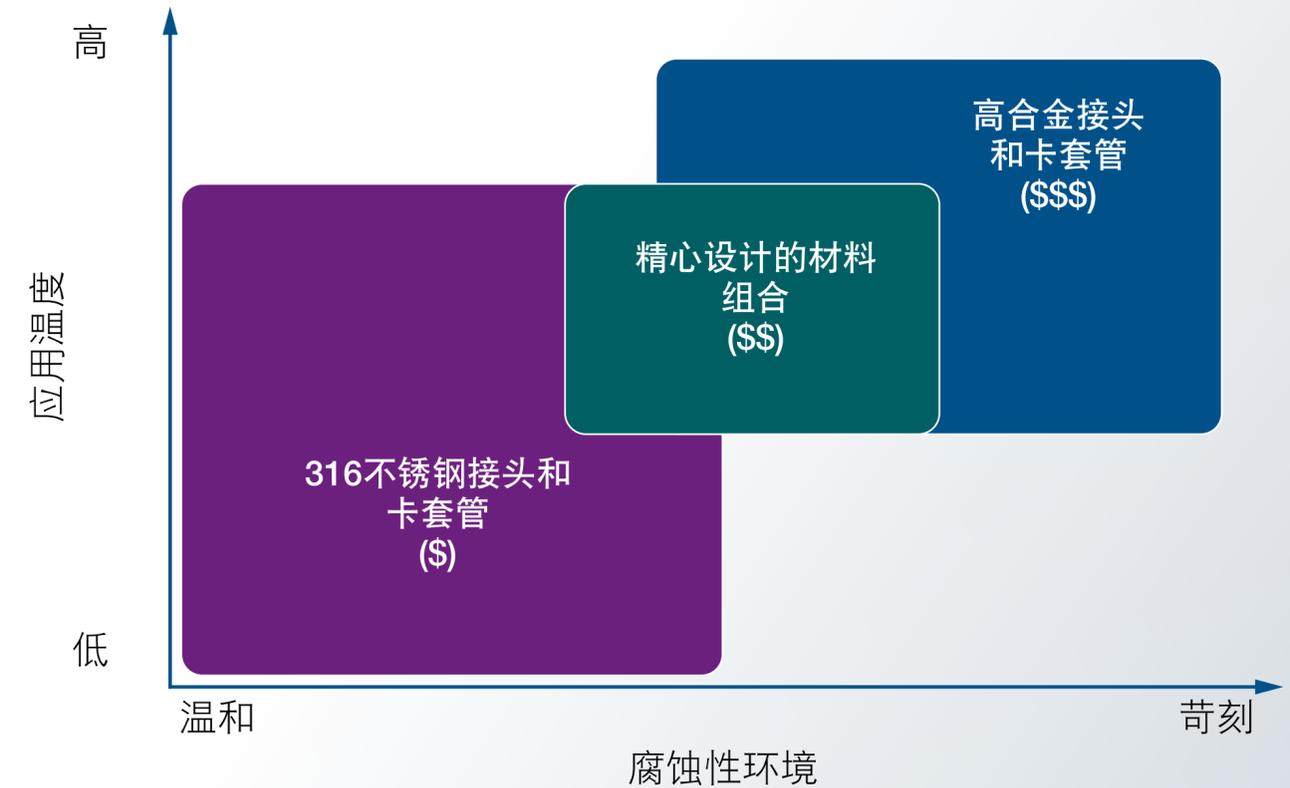
镍 [Ni] + 铜 [Cu] = 合金400（蒙乃尔合金®）

铁 [Fe] + 镍 [Ni] + 铬 [Cr] + 钼 [Mo] = 316 奥氏体不锈钢

凭借严格的质量控制措施、专家主导的指导以及授权的销售与服务中心支持，世伟洛克得可以在世界上最恶劣的环境中提供无与伦比的专业知识。因此，这使我们的客户对材料选择充满信心。世伟洛克可以在您的运营中使得材料大为改善。

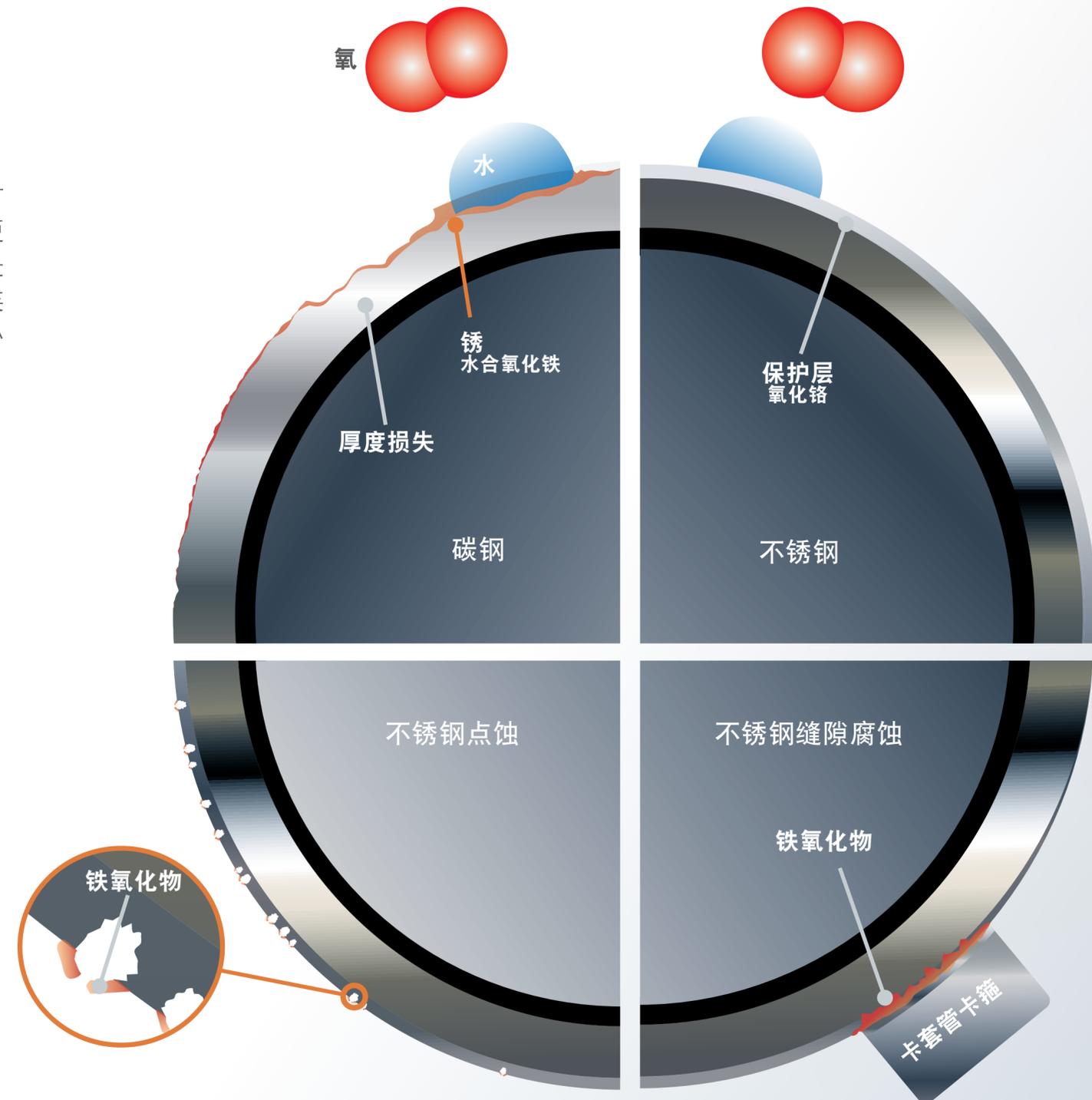
### 接头和卡套管合金选择

应用和成本考虑



## 几乎每种金属在一定条件下都会受腐蚀。

腐蚀是材料因与环境相互作用而发生的一种物理退化。当金属原子被流体氧化时会发生腐蚀，从而导致金属表面的材料损失。这种损耗会减小元件的壁厚，并使其更易于引发机械故障。几乎每种金属在一定条件下都会受腐蚀。例如，铁锈是腐蚀的常见副产物，由铁腐蚀并形成铁氧化物而引起。然而，还存在多种其他类型的腐蚀。在为您的应用选择最理想的材料时，每种类型都会构成威胁，因此必须对其进行评估。



整个石油和天然气生产行业的年腐蚀总成本为 13 亿美元。

对于石油和天然气生产商而言，这一问题所带来的成本可能尤为高昂。据NACE国际估算，整个石油和天然气生产行业的年防腐总成本为 13 亿美元<sup>1</sup>。不过，如果工作人员可以从视觉上识别腐蚀并了解查找腐蚀的位置，则可以将风险降至最低。更好的是，如果工程师能够预测腐蚀并作出最佳选择，则可以改善系统完整性、资产寿命、性能和安全性。

采取以下措施降低腐蚀对应用的影响：

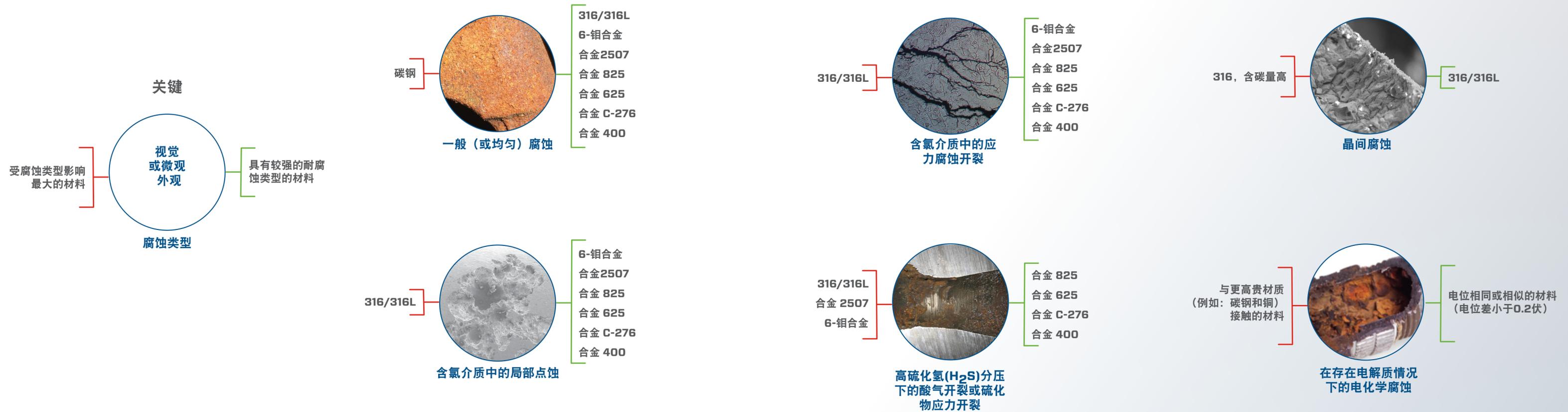
- *确定防腐类型*— 腐蚀外观、发生位置以及腐蚀原因
- *选择耐腐蚀材料*
- 解决最大限度地减少可能发生*缝隙腐蚀*的位置
- 解决避免接触不同类金属，否则会导致电化学腐蚀
- 指定从*支承件和管夹*到*卡套管*本身的每个组件，以减少腐蚀的可能性
- *了解要求和标准*
- *借助于培训和其它资源了解更多信息*

<sup>1</sup> 由NACE国际于2002年估算



# 寻求合适的材料解决方案意味着应从问题的根源入手。

点击了解有关多种类型腐蚀、受影响最大材料以及对每种类型具有更大耐受材料的更多信息。



## 一般（或均匀）腐蚀

易于识别：表面均匀地受到“红锈”形成的影响

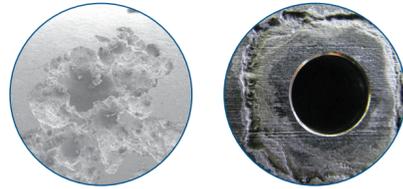
**这是何种腐蚀：**最广为人知的腐蚀类型也是最容易发现和预测的。导致灾难性故障的全面腐蚀不常见，但并非闻所未闻。因此，全面腐蚀通常不被认为是严重问题，而往往被视为眼中钉。全面腐蚀在金属表面上相对均匀地发生。在计算压力额定值时，必须考虑元件壁厚的逐渐减小。

**这种腐蚀是如何形成的：**在海洋或其他腐蚀性环境中，碳或低合金钢的表面开始分解，从而形成氧化铁氧化磷皮，并且随着时间的推移而逐渐变厚，直至磷皮脱落并形成新的磷皮。

### 可通过以下方法衡量全面腐蚀：

- 材料每年的退化速度。例如，未受保护的碳钢可能在海洋环境中以每年 1 mm 的速度退化。
- 合金与腐蚀性流体接触时所遭受的重量损失，通常以每天每平方厘米暴露材料的毫克数来衡量





## 局部腐蚀：点蚀和缝隙腐蚀

常见于海洋环境中

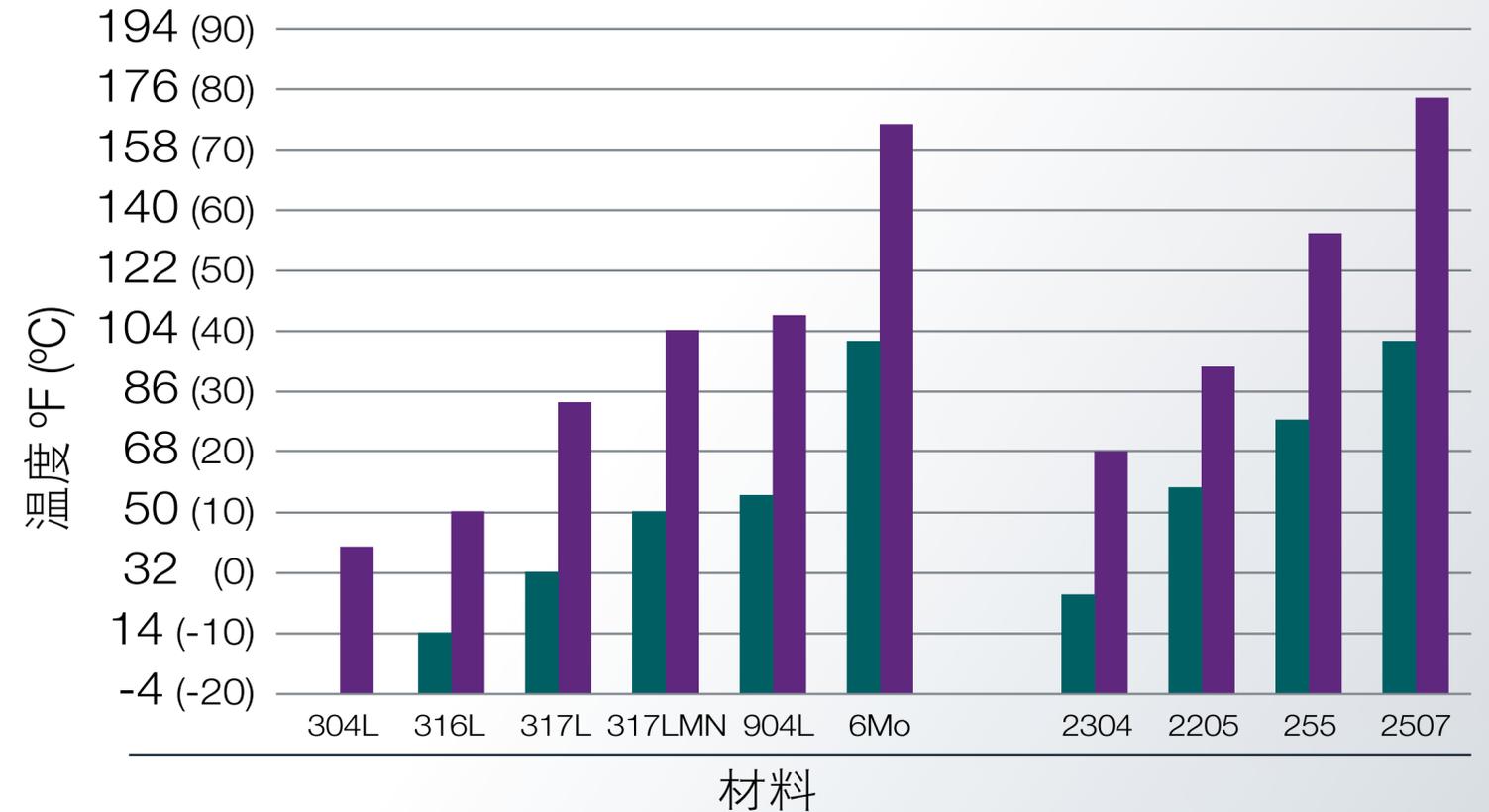
**这是何种腐蚀：**点蚀和缝隙腐蚀均比全面腐蚀更难以检测，因此，针对此种类型的腐蚀，识别、预测和设计工作往往更具挑战性。

**这种腐蚀是如何形成的：**当暴露于含有氯化物的液体中时，材料的保护层会分解。材料对局部腐蚀的抵抗力越强，其临界点蚀温度 (CPT) 和临界缝隙腐蚀温度 (CCCT) 越高。此图为观察到点蚀和缝隙腐蚀时的最低温度。测量 CPT 和 CCCT 的方法请参见 ASTM G48。

➤ 了解点蚀

➤ 了解缝隙腐蚀

**材料至关重要：**有关进一步参考，请参阅 [世界石油 \(World Oil\)](#) 中发布的 [预防点蚀和缝隙腐蚀](#)。



• 通过 ASTM G48 在 10% 的氯化铁中测得

■ CCCT ■ CPT

缝隙腐蚀可能发生在低于点蚀的温度下。例如，对于 10% 氯化铁溶液中的 316L 不锈钢来说，点蚀可能在 10°C (50°F) 时开始发生，而缝隙腐蚀则可能在 -10°C (14°F) 时开始。

来源：双相不锈钢制造实用指南，Int. Molybdenum Assoc., 2001

➤ 请参见潜在的解决方案：6-钼合金；合金2507；合金825；合金625；合金 C-276；合金400





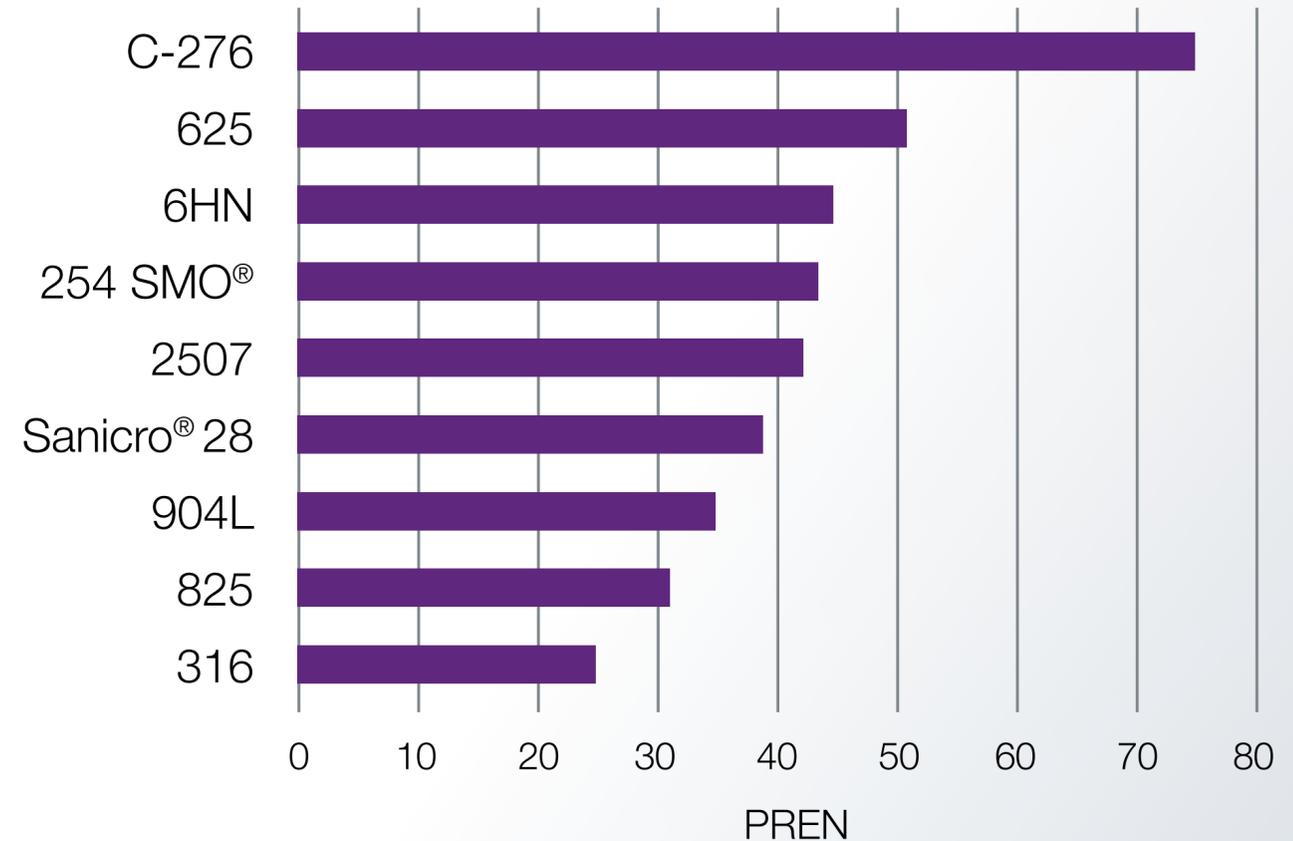
## 点蚀

常见于高温环境下的高氯环境中

**这是何种腐蚀：**点蚀导致在材料表面上形成小的空腔或蚀坑。

尽管可以通过全面的目视检查检测出来，但这些蚀坑可能发展到足以穿透卡套管的程度。在高温下的高氯环境中经常可以观察到点蚀。

**这种腐蚀是如何形成的：**当金属表面上的氧化物（或氧化钝化层）保护层分解时，金属会变得易于失去电子。这导致金属中的铁溶解在阳极性较强的蚀坑底部，然后向顶部扩散并氧化为氧化铁（即铁锈）。随着蚀坑变深，蚀坑中的氯化铁溶液浓度会增大并且酸性变得更强。这些变化加快了点蚀、管壁穿孔和泄漏的速度。



$$PREN = \%Cr + 3.3 \times (\%Mo + 0.5W) + 16 \times \%N$$

PREN 值越高表示耐点蚀性越强。

选择适当的合金即可以完美地防止点蚀。可以使用各自的抗点蚀当量数 (PREN) 来比较不同的金属和合金，该数字根据材料的化学成分计算。PREN 随铬、钼和氮含量的增加而增加。



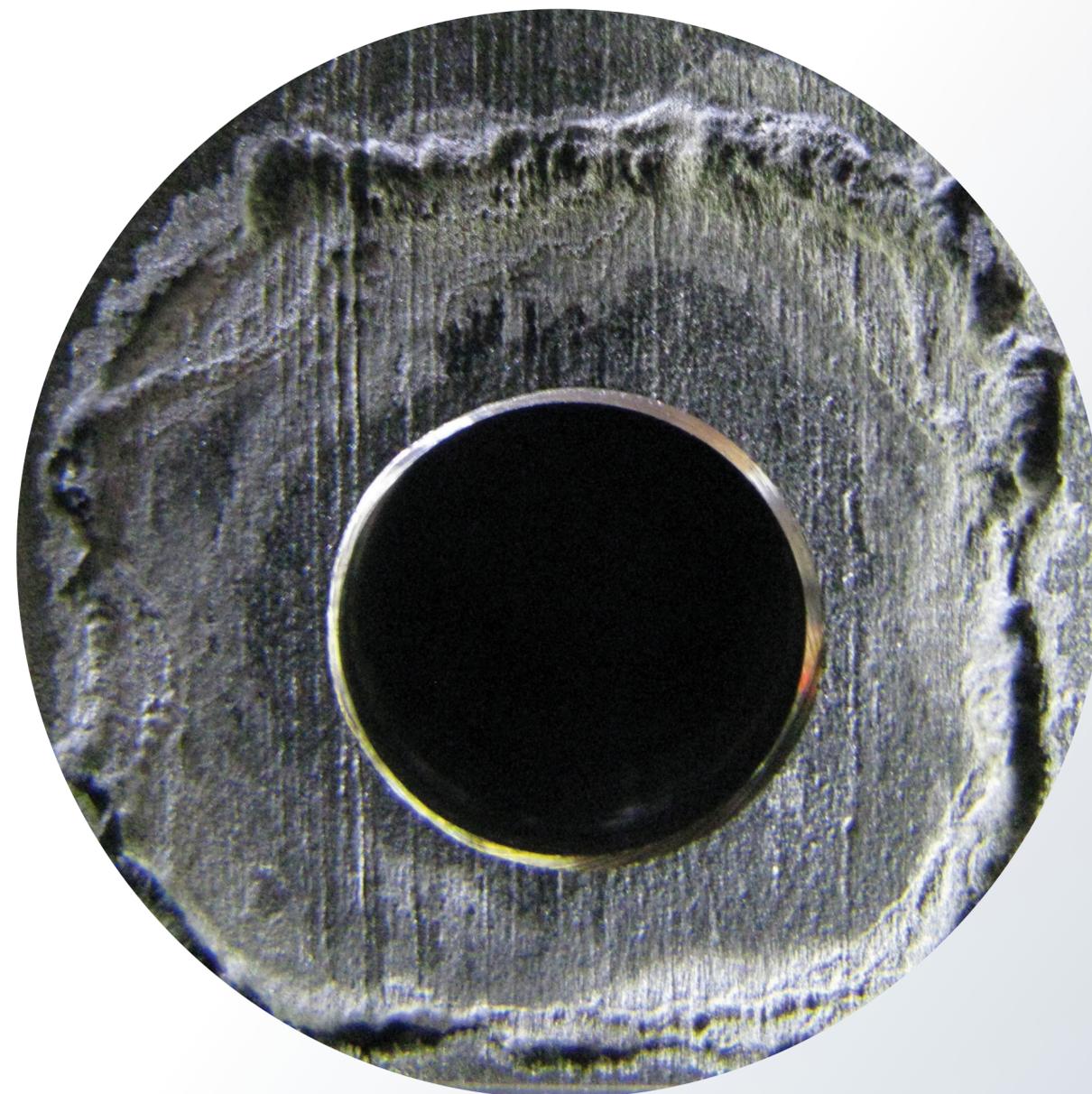
## 缝隙腐蚀

与密封空间相关的局部腐蚀

**这是何种腐蚀：**在典型的流体系统中，卡套管与卡套管支架或管夹之间、相邻卡套管之间以及可能积聚在表面上的污垢和沉积物下方都存在缝隙。在卡套管安装中，缝隙几乎是无法避免的，并且紧密的缝隙造成的腐蚀威胁最大。

**这种腐蚀是如何形成的：**与点蚀类似，缝隙腐蚀始于保护金属的氧化钝化层的分解。这种分解会导致小型蚀坑的形成。蚀坑逐渐变大变深，直至覆盖整个缝隙。在某些地方，可能穿透卡套管。缝隙腐蚀发生在远低于点蚀的温度下。

**材料至关重要：**当海水扩散到缝隙中时，部分  $Fe^{++}$  离子会溶解并且无法快速地从紧密的缝隙中扩散出来。在盐水中，带负电荷的氯离子 ( $Cl^-$ ) 被这些带正电荷的  $Fe^{++}$  离子吸引并开始扩散到缝隙中。随着氯离子浓度的增大，缝隙中的溶液变得更具腐蚀性，这会导致更多的铁溶解，从而吸引更多的氯离子扩散到缝隙中。最终，缝隙中的溶液变为具有高氯离子浓度的酸性溶液，从而具有极强的腐蚀性。





## 应力腐蚀开裂 (SCC)

常见于不锈钢（氯化物诱发）、低碳钢（碱诱发）和黄铜（氨诱发）

**这是何种腐蚀：** 应力腐蚀开裂 (SCC) 很危险，因为它可能在低于合金屈服强度的应力水平下就破坏元件部件。存在氯离子时，奥氏体不锈钢易受 SCC 影响。离子与拉伸应力最高的裂纹尖端的材料相互作用，从而使裂纹更易于发展。在发展过程中，可能难以检测到 SCC，并且可能突然出现最终失效。

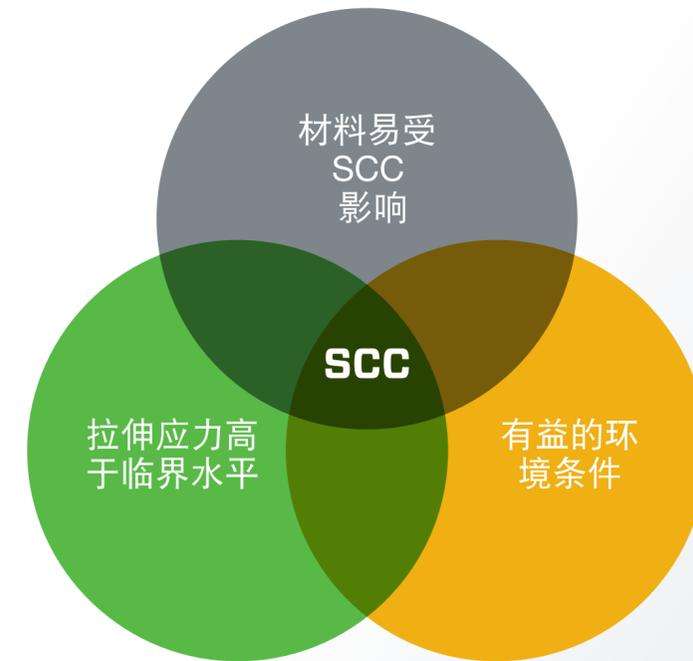
**这种腐蚀是如何形成的：** 必须同时满足以下三个条件才能发生 SCC：

- 金属必须易受 SCC 的影响
- 必须存在有利于 SCC 的环境（流体或温度）条件
- 拉伸应力（施加 + 残留）必须高于临界水平

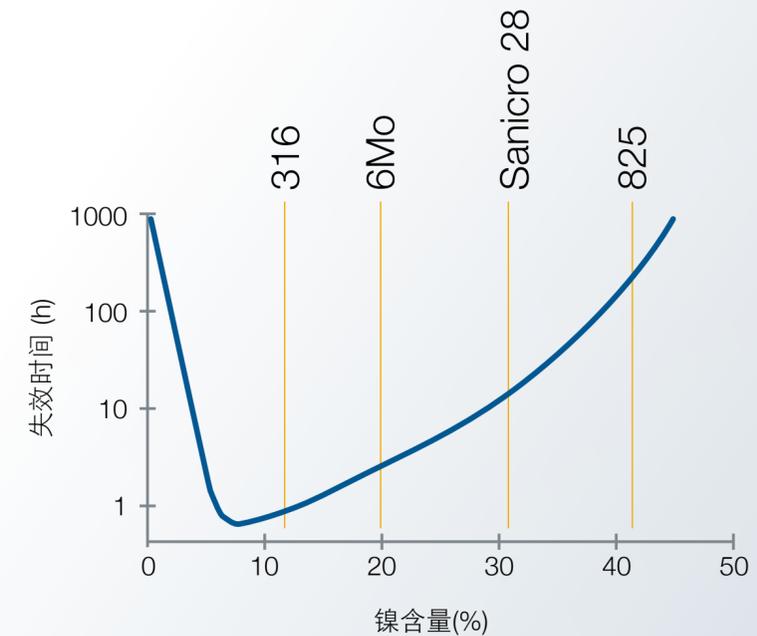
**耐氯化物诱导SCC的材料包括：**

- 镍基合金
- 双相不锈钢

**材料至关重要：** 通过世伟洛克，了解有关选择酸性油田流体系统元件的更多信息。阅读我们的领先专家为 [Offshore Magazine](#) 读者提供的建议。



镍含量越高，对氯化物诱发的 SCC 的抵抗性越高。



## 酸性气体裂解或硫化物应力开裂 (SSC)

常见于新的酸性油藏和注入海水以提高采油量的老化油藏

**这是何种腐蚀：**酸气开裂，也称为硫化物应力开裂 (SSC)，是由于与硫化氢 ( $H_2S$ ) 和水分接触而导致的金属退化。 $H_2S$  在存在水的情况下变得极具腐蚀性。这种条件会导致材料脆化，从而在拉伸应力和腐蚀的共同作用下导致开裂。

**这种腐蚀是如何形成的：**必须同时满足以下三个条件才能发生 SSC：

- 金属必须易受 SSC 的影响
- 环境必须具有足够的酸性 ( $H_2S$  含量较高)
- 拉伸应力（施加 + 残留）必须高于临界水平

SSC 的风险会随着以下因素的增加而增加：

- 材料硬度/抗拉强度
- 总拉伸应力（施加 + 残留）
- 氢离子浓度（较低的 pH 值）
- 暴露时间
- $H_2S$  分压

如果材料的延展性较低，则在低温环境下 SSC 的风险会增加。

**材料至关重要：** [NACE MR0175/ISO 15156](#) 标准规定了适用于石油和天然气生产中的酸性环境的材料。有关选择适用于酸性油田的元件的更多帮助，请参阅发表于《近海杂志》上本[篇文章](#)。



转载自 Science Direct, 第 1 卷, 第 3 期, S.M.R.Ziaei, A.H.Kokabi, M. Nasr-Esehani, A216-WCC 井口流量控制阀体的硫化物应力腐蚀开裂和氢致开裂案例研究, 第 223-224 页, 2013 年 7 月, 并获得 Elsevier 许可。



## 氢脆

在高压气态氢中或金属表面产生原子氢时发生

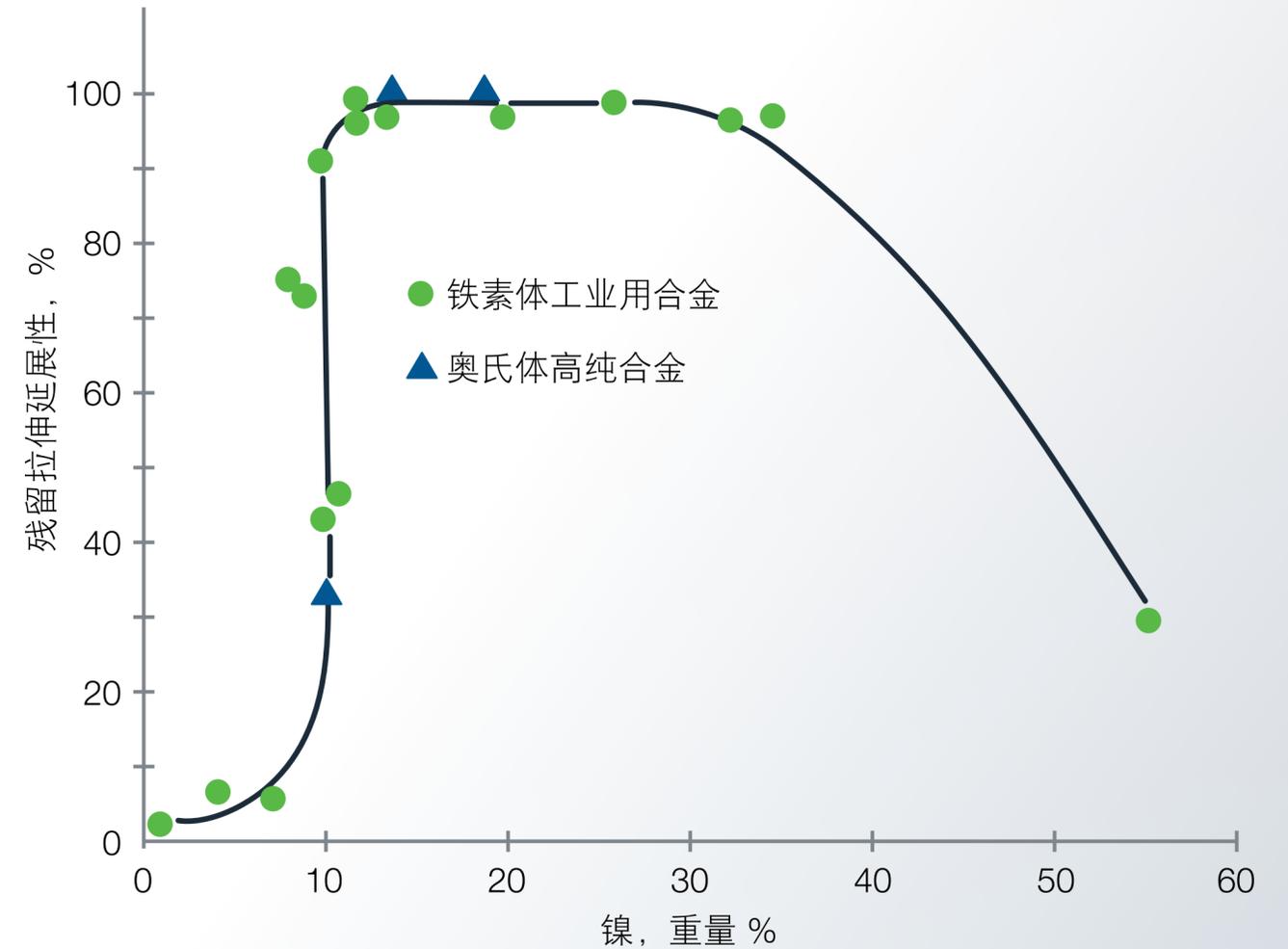
**这是何种腐蚀：**氢原子可能扩散到金属中，从而使其变脆。所有具有氢脆敏感性的材料同样极易受到硫化物应力开裂的影响。

**这种腐蚀是如何形成的：**如果金属承受静态或循环拉伸应力，则会发生氢致开裂。

氢可能导致金属的机械性能和特性发生变化，包括：

- 降低延展性（延伸率和断面收缩率）
- 降低冲击强度和断裂韧性
- 增加疲劳反应

选择镍含量介于 10% 与 30% 之间的奥氏体合金等耐氢材料即可避免氢脆。



具有极低镍含量的铁素体合金会显著变脆，而镍含量介于 10% 与 30% 之间的奥氏体合金则表现出相对较小的脆化。

来源：G.R.Caskey, 不锈钢氢兼容性手册 (1983 年)

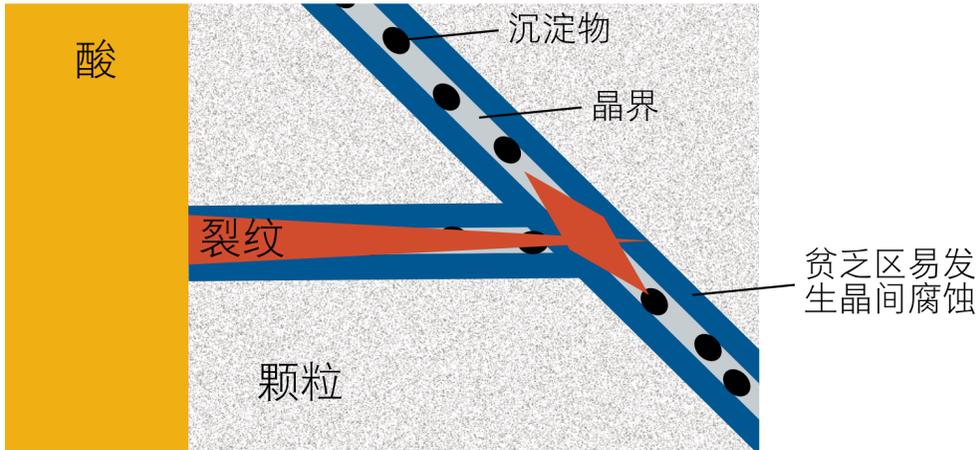
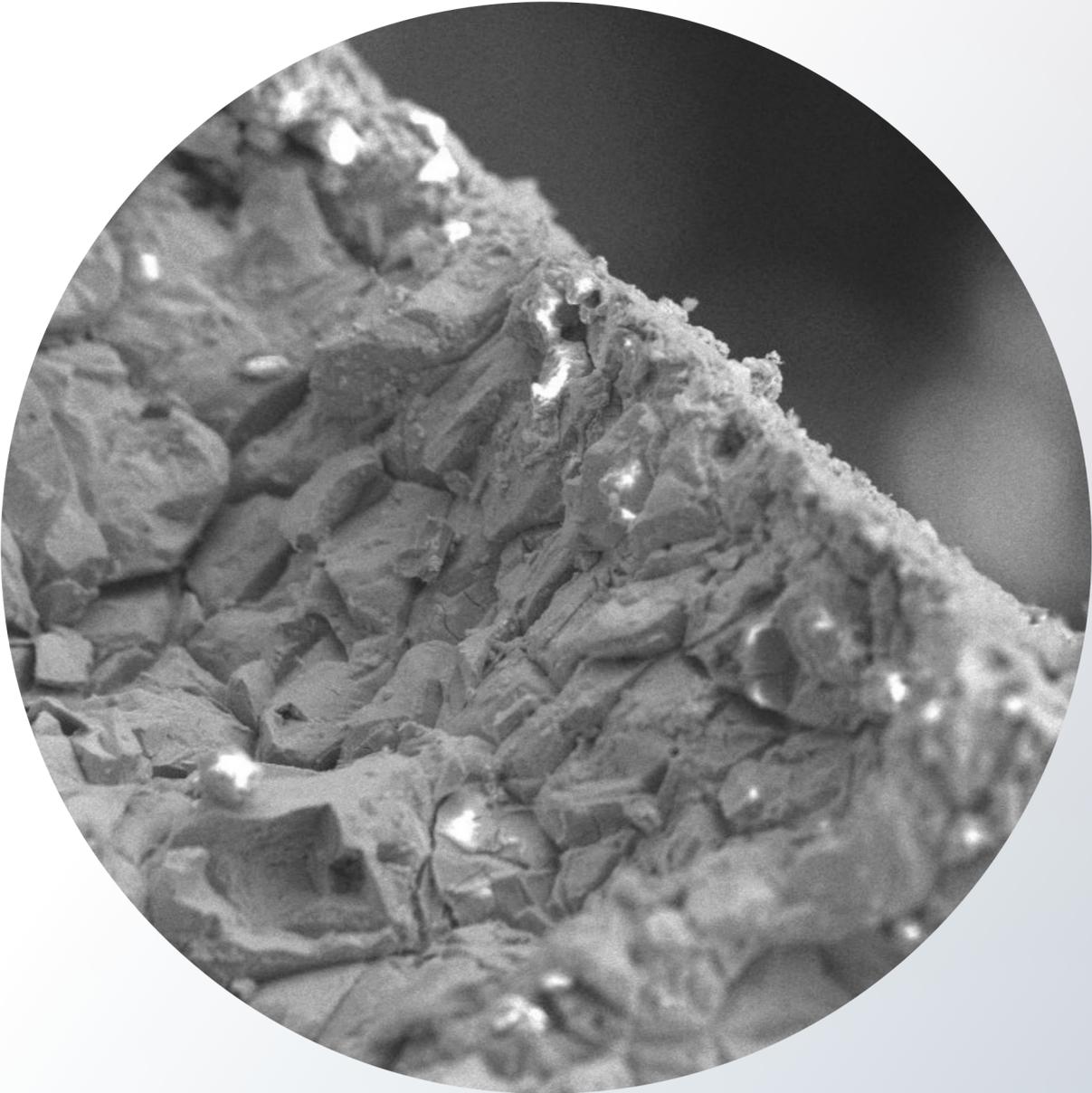


### 晶间腐蚀 (IGC)

常见于焊接操作、热处理、高温应用中

**这是何种腐蚀：**要了解 IGC，请考虑所有金属均由单个晶粒组成。在每个晶粒内，原子系统地排列，从而形成一个三维晶格。IGC 沿晶界（构成金属的晶粒聚集在一起的位置）侵蚀材料。

**这种腐蚀是如何形成的：**在焊接、热处理或暴露于高温期间，可能开始在晶界上形成碳化物。这些碳化物沉淀物可能随着时间的推移而逐渐变大。形成这种碳化物后，会导致与重要元素（例如铬）的晶界相邻的材料流失而影响金属内元素的均匀分布。当腐蚀性流体（如酸）侵蚀贫铬区时，会形成晶间裂纹。这些裂纹会在整个材料中扩展并且难以检测，从而使 IGC 成为一种危险的腐蚀形式。





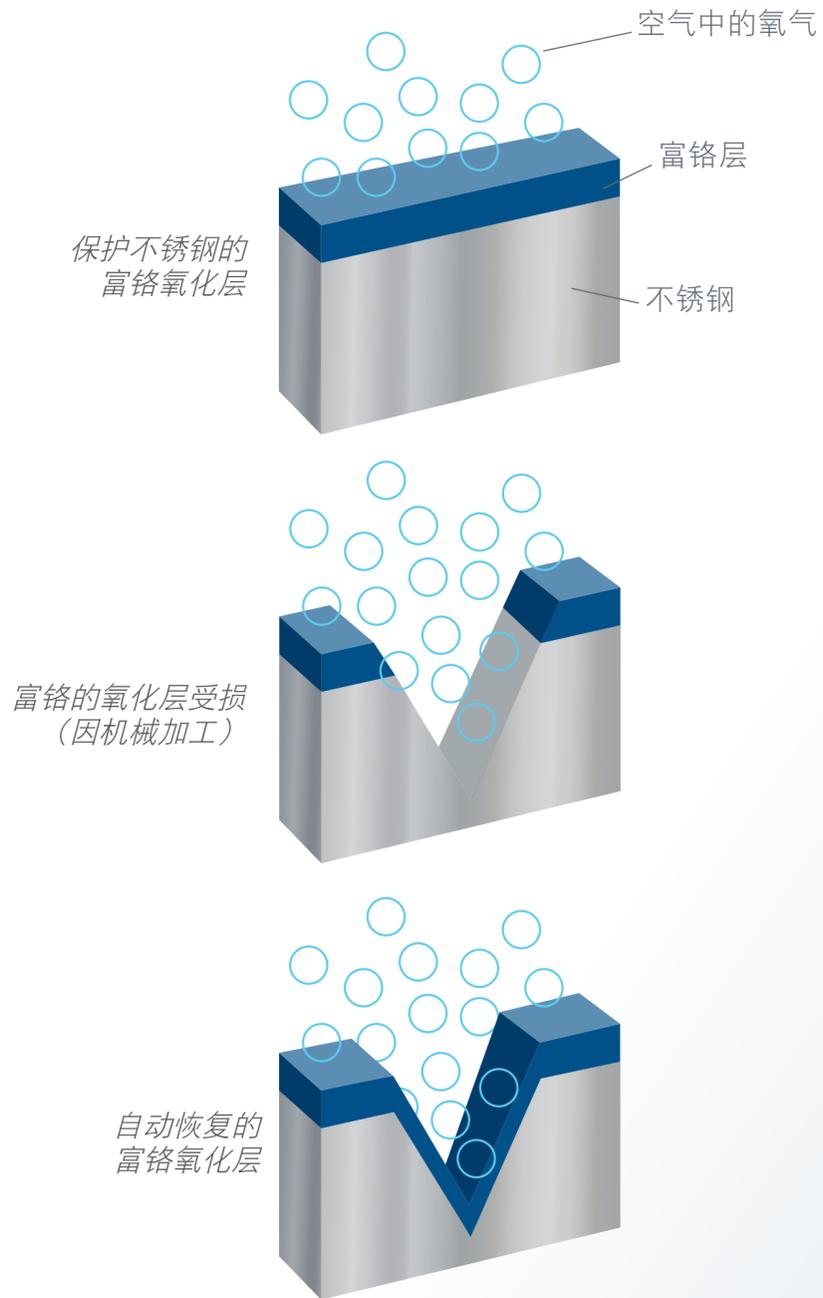
## 电化学腐蚀

当两种不同的材料紧密接触并存在电解质时，可能会发生

**这是何种腐蚀：**当具有不同电极电位的材料在电解质存在下接触时会发生电化学腐蚀。不锈钢上的钝化层由极薄的富铬氧化膜组成，这层薄膜在环境空气中自动形成并保护材料免受腐蚀。钝化层使材料更负有惰性且不易腐蚀。可以通过阳极指数来判定金属的相容性，该指数描述了在海水中测量的金属相对于标准电极的电位或电压差。

**这种腐蚀是如何形成的：**当两种不同金属在电解质存在的情况下的电位差太大，材料的钝化层开始分解。

为避免电化学腐蚀，请选择电位差不超过 0.2V 的材料。例如，配有 6-钼卡套管 (0.00V) 的 316 不锈钢接头 (-0.05V) 将导致两种合金之间的电压为 0.05V。该电压明显低于 0.2V，这意味着电化学腐蚀的风险很低。



电压与 SCE	材料
-1.60	镁
-1.00	锌
-0.95	铝
-0.70	镉
-0.60	钢
-0.50	304 型 (活性)
-0.40	316 型 (活性)
-0.35	海黄铜
-0.30	蒙次黄铜
-0.30	铜
-0.30	锰青铜
-0.25	90-10 铜镍
-0.20	70-30 铜镍
-0.20	铅
-0.15	镍
-0.10	304 型 (非活性)
-0.05	316 型 (非活性)
0.00	E-BRITE® 合金
0.00	AL 29-4C® 合金
0.00	AL-6XN® 合金
0.05	625 合金, 276 合金
.010	钛
.025	石墨

SCE 代表标准甘汞电极。

**阳极指数**  
具有“惰性表面”的高惰性材料不像具有“活性表面”的低惰性材料或惰性材料那样易受电化学腐蚀的影响。在该图中，镁是最不惰性的材料，而石墨是最惰性的材料。

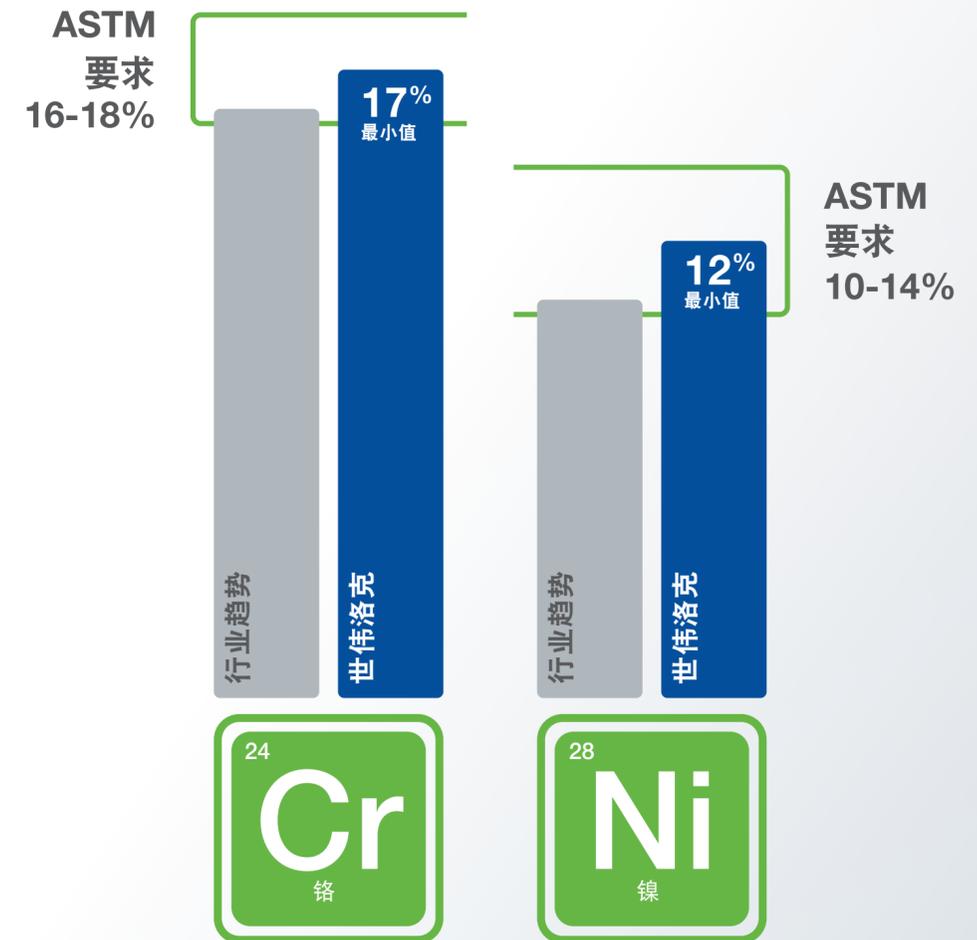
不锈钢

## 316 不锈钢

在所有不锈钢中，铬和镍对耐腐蚀性和延展性具有重要作用。添加 10% 以上的铬可将钢转化为不锈钢，从而形成无形附着的富铬氧化层。当合金中的铬与环境空气中的氧气发生反应时，形成该氧化层。该层使得钢具有不锈钢的特性。加入镍可提供良好的延展性，并且易于成型和焊接。

但并非所有棒料都是相同的。世伟洛克 316/316L 不锈钢卡套管接头和仪表阀的镍及铬含量高于 ASTM 关于棒料和锻件标准的最低要求。

请注意，尽管不锈钢不会遭受全面腐蚀，但会受到局部腐蚀的影响。



Swagelok 316 不锈钢卡套管接头和仪表阀超出了 ASTM 的最低规格。

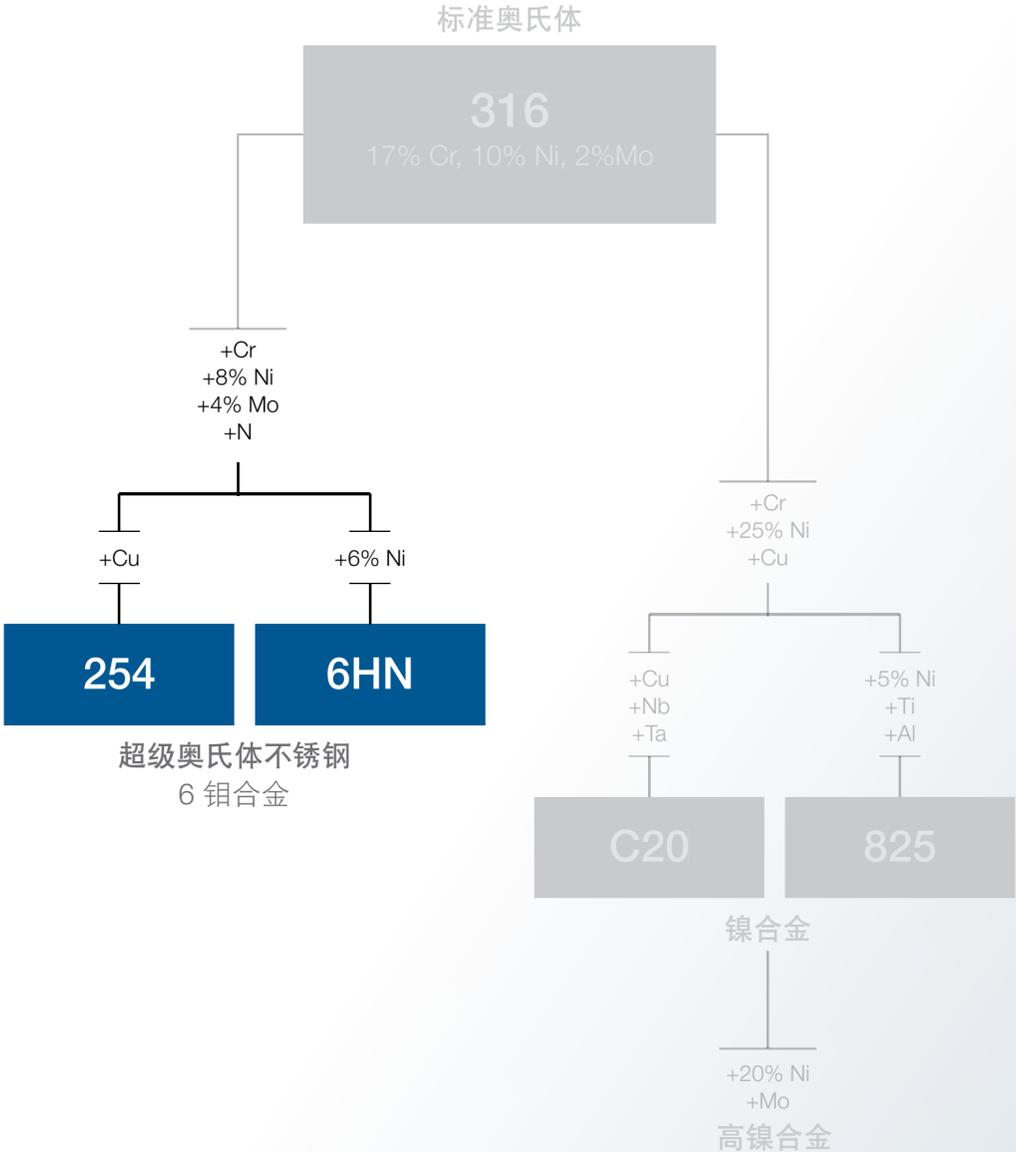
**材料至关重要：**当氯离子浓度、温度和拉伸应力较高时，应力腐蚀开裂 (SCC) 的风险会增加。没有任何不锈钢完全不受 SCC 的影响。我们对加压世伟洛克卡套管接头进行了 SCC 测试，结果非常出色。[请查看测试结果。](#)

不锈钢

### 6-钼合金

6-钼（6Mo）合金是超级奥氏体不锈钢，其含有至少 6% 的钼且 PREN 至少为 40。6HN 合金 (UNS N08367) 含有高于 254 合金 (UNS S31254) 6% 重量的镍 (Ni)。更高的镍含量使得 6HN 在不希望的金属间相的形成方面提高了稳定性。已证实 6HN 合金在含氯介质中具有比 254 合金更出色的耐腐蚀性能。

- 耐氯化物点蚀和缝隙腐蚀
- 抗氯化物应力腐蚀开裂 (CSCC)
- 材料屈服强度比 300 系列奥氏体不锈钢高出 50%
- 冲击韧性、可加工性及可焊性
- 适用于酸性气体应用 (NACE MR0175/ISO 15156)
- 解决世伟洛克6-钼产品包括 6HN (UNS N08367) 棒料和锻件，且符合 NORSOK M-650 供应链认证标准的要求。



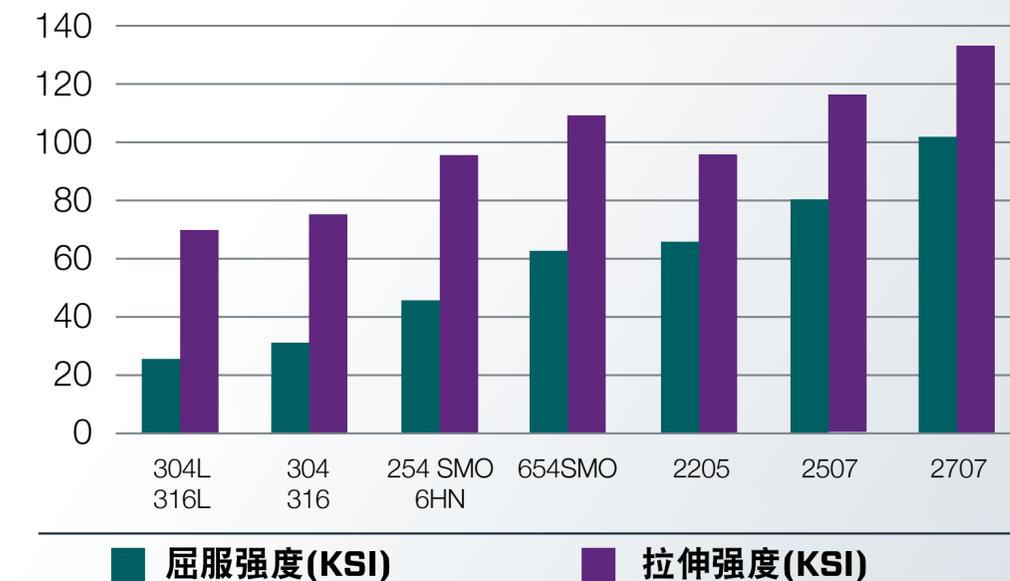
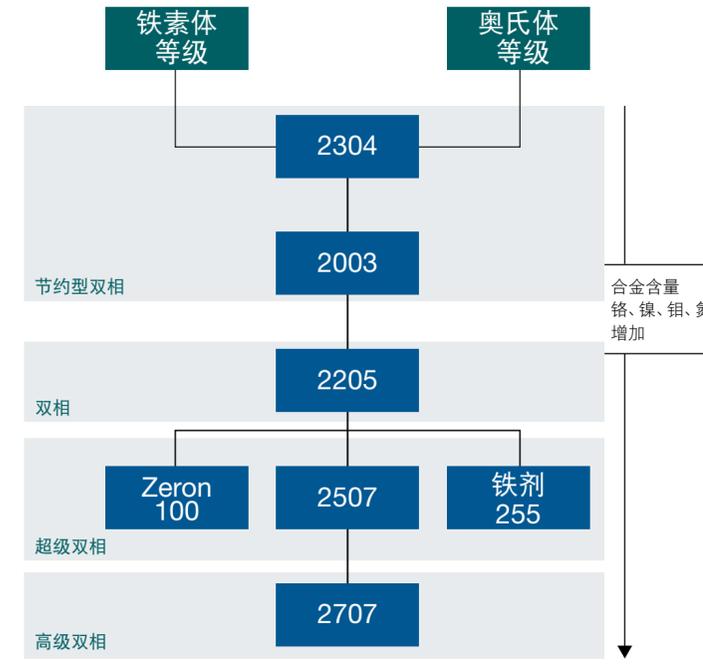
不锈钢

## 2507 合金超级双相不锈钢

双相不锈钢具有奥氏体和铁素体晶粒的两相微观结构。这种结构使得这些材料兼具强度、延展性和耐腐蚀性等引人注目的特性。

2507 合金超级双相铁素体-奥氏体不锈钢非常适合在高腐蚀性环境下使用。其成分包括镍、钼、铬、氮和锰，具有出色的抗全面腐蚀、点蚀、缝隙腐蚀以及应力腐蚀开裂 (SCC) 性能，并同时保持可焊性。

- 屈服强度和拉伸强度更高，因此提高了压力额定值
- 解决与具有相同外径和压力额定值的 316/316L 卡套管相比，较低的壁厚允许更高的流体流量
- 可焊性
- 应用温度高达 482°F (250°C)
- 热导率更高/热膨胀系数低于 316SS
- 适用于酸性气体应用 (NACE MR0175/ISO 15156)
- 解决世伟洛克 2507 产品包括棒料和锻件，且符合 NORSOK M-650 供应链认证标准的要求



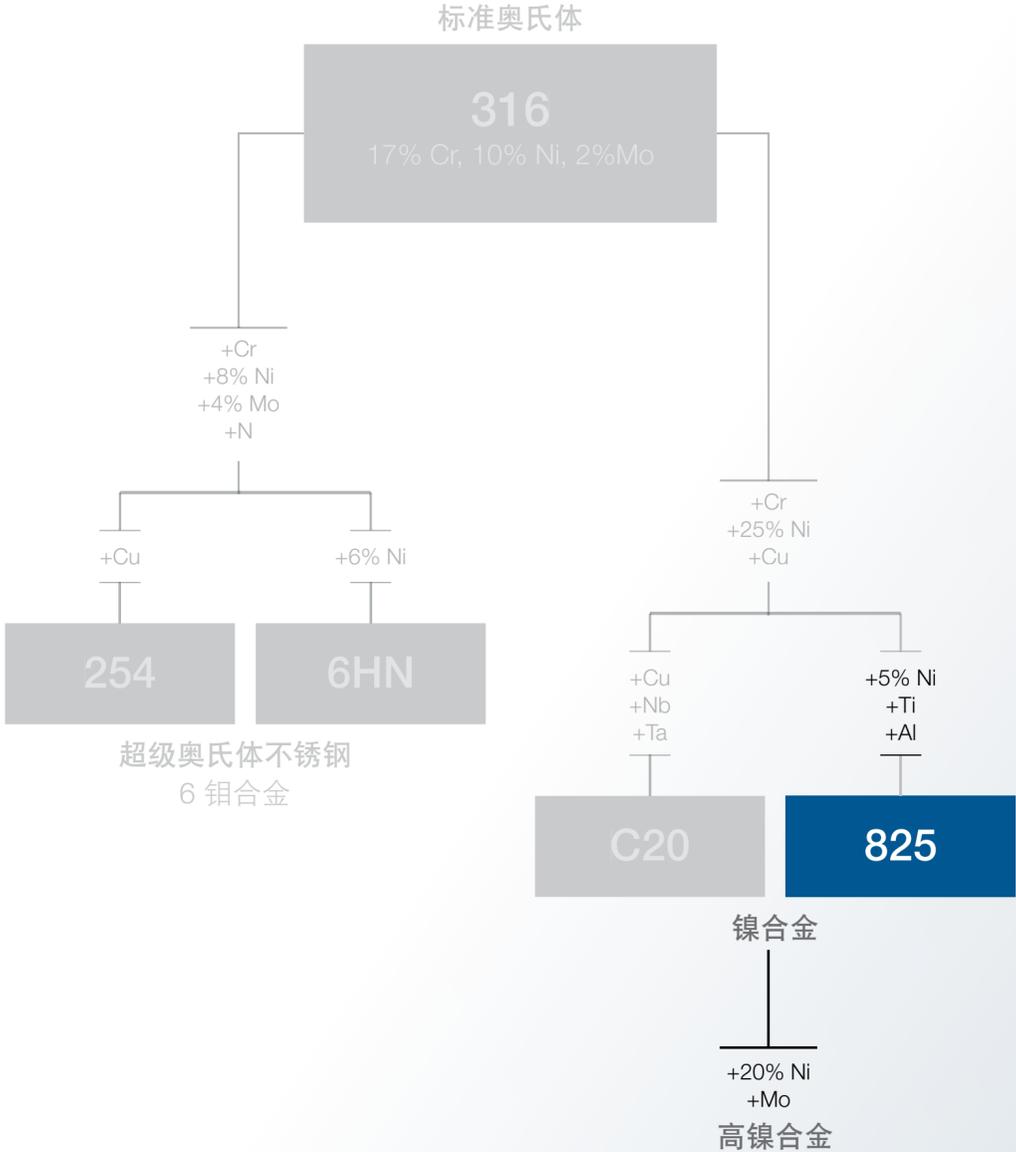
2507 合金的机械性能使其成为腐蚀、流体流量和重量至关重要的高压海上应用及海下系统的理想选择。

镍合金

# 合金 825

825 合金 (Incoloy® 825) 是一种镍-铁-铬-钼合金，专为在各种介质中抵抗全面腐蚀、点蚀、缝隙腐蚀以及应力腐蚀开裂 (SCC) 而设计。

- 得益于采用钛实现了稳定化而抗晶间腐蚀
- 适用于酸性气体应用 (NACE MR0175/ISO 15156)
- 在还原环境中具有耐受性 (即硫酸或磷酸)

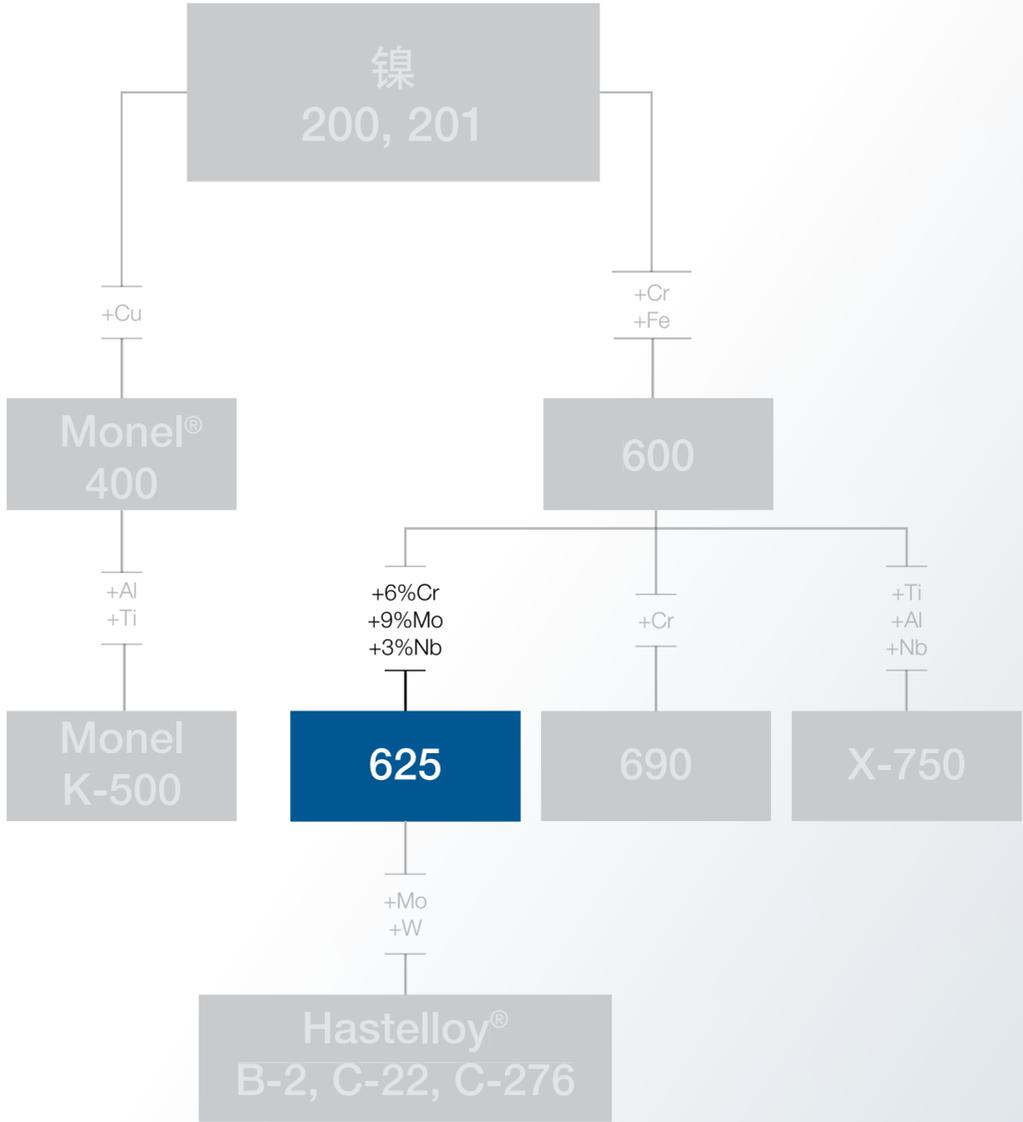


镍合金

# 合金 625

625 合金 (Inconel® 625) 是一种镍-铬-钼合金，并含有少量的铌，可降低各种严重腐蚀环境中晶间腐蚀的风险。

- 耐盐酸和硝酸
- 强度和延展性
- 在高温应用下耐缝隙腐蚀和点蚀
- 适用于酸性气体应用 (NACE MR0175/ISO 15156)



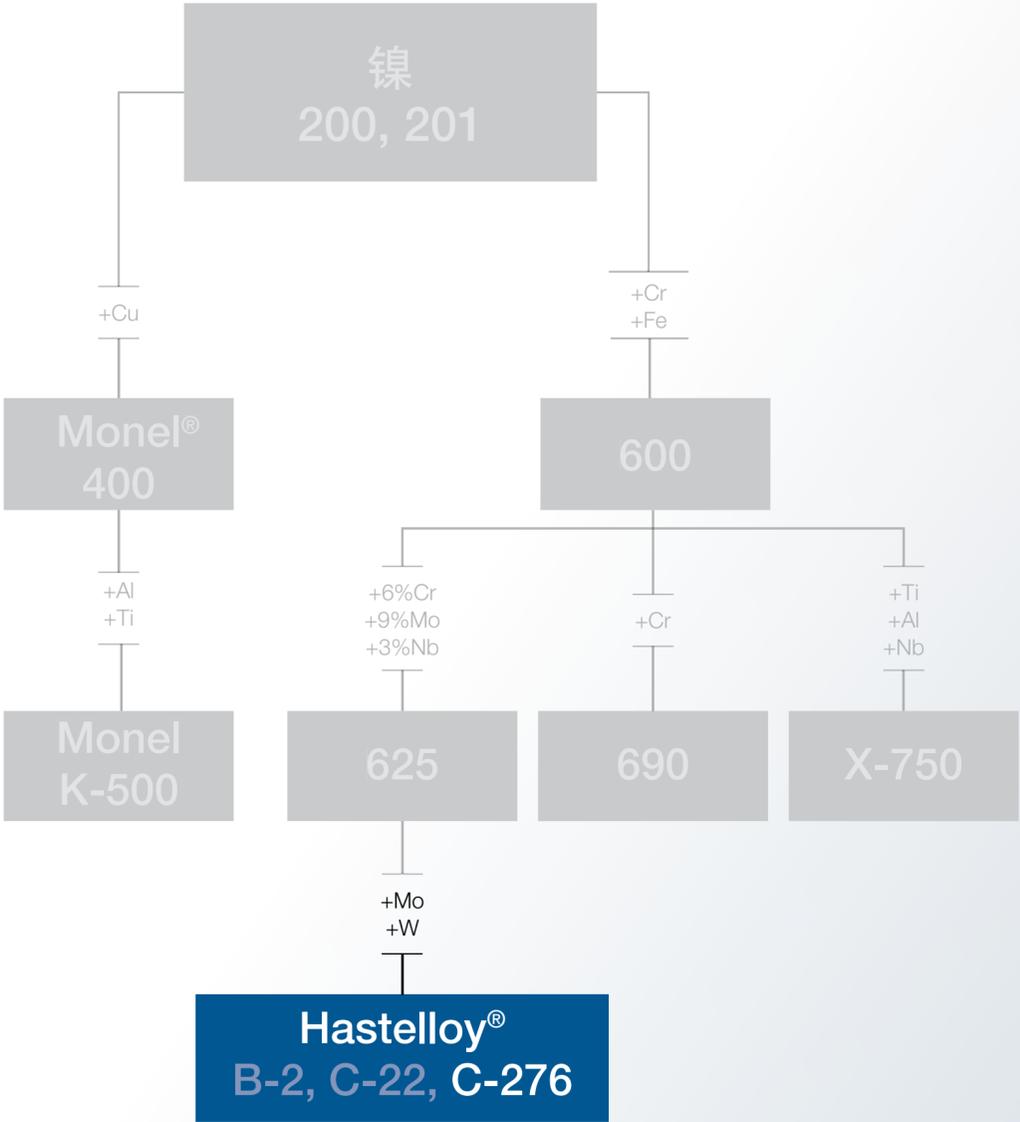
镍合金

### 合金 C-276

C-276 合金 (Hastelloy® C-276) 含有镍、钼和铬。较高的钼含量使其特别耐点蚀和缝隙腐蚀，是少数能够承受湿氯气、次氯酸盐和二氧化氯腐蚀作用的材料之一。

- 抗氧化和还原介质
- 高温下的延展性、韧性和强度
- 抗缝隙腐蚀、点蚀、硫化物应力开裂 (SSC) 和晶间腐蚀 (IGC)
- 适用于酸性气体应用 (NACE MR0175/ISO 15156)

请注意，不建议将此合金用于高氧化环境，例如热浓硝酸。



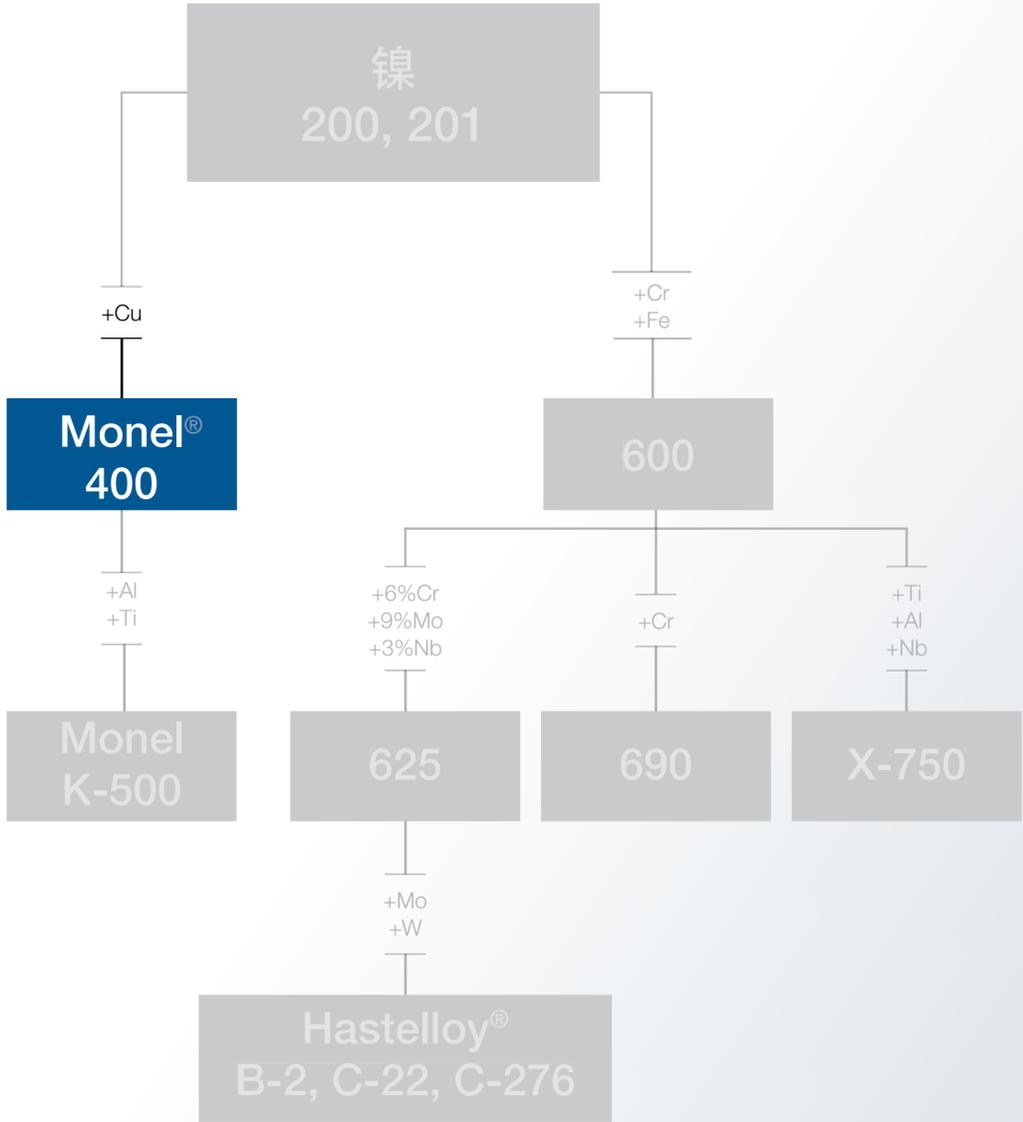
镍合金

合金 400

合金400 (Monel® 400) 是一种铜镍合金，以其出色的耐氢氟酸性能以及在大多数淡水和工业用水中抗应力腐蚀开裂和点蚀能力而著称。

- 在各种温度和介质中具有出色的强度和耐腐蚀性
- 在零度以下的低温下保持可靠的机械性能

请注意，已有研究表明，静止的海水会诱发这种合金产生缝隙腐蚀和点蚀。



## 钛合金

稳定而强力的附着性氧化膜可保护钛合金免受腐蚀。当去膜表面暴露于空气或水分中时，会立即形成这种薄膜。应避免无氧源的情况下的无水条件，因为保护膜如果受损则可能无法复原。

由于钛具有出色的耐腐蚀性能，因此已成功应用于诸多应用中：

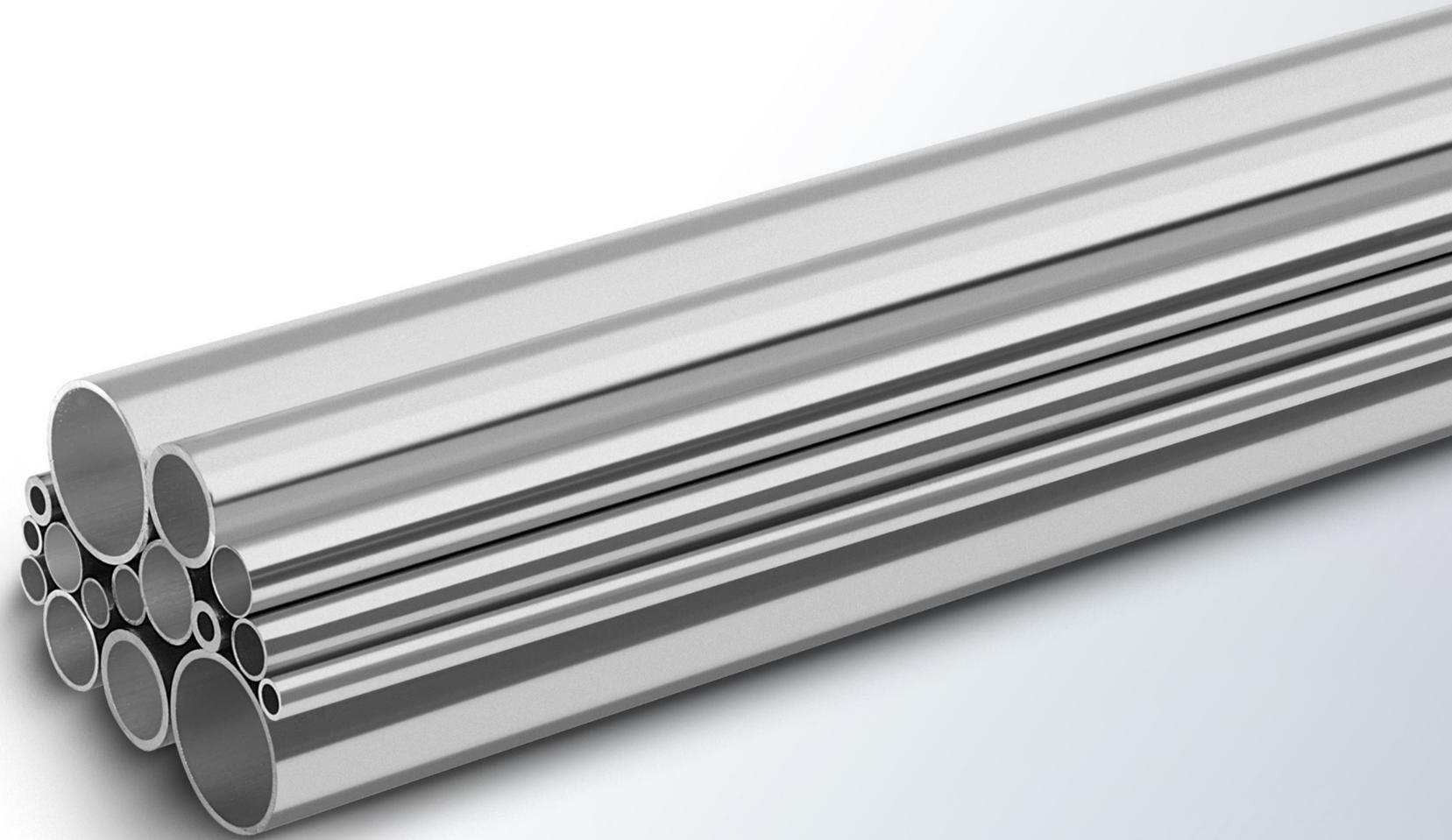
- 含氯溶液和潮湿的氯气
- 亚氯酸盐、次氯酸盐、高氯酸盐和二氧化氯的水溶液
- 温度相对较高的天然和氯化海水

钛及钛合金：

- 解决对微生物引起的腐蚀 (MIC) 具有极高的抵抗力
- 解决在很大的浓度和温度范围内都具有较强的抗氧化酸性。这类常见酸包括硝酸、铬酸、高氯酸和次氯（湿  $\text{Cl}_2$ ）酸。

钛及钛合金应用的限制因素包括：

- 解决在无法通过全面腐蚀速率进行预测的条件下，非合金钛有时会在氯化物水溶液环境中发生腐蚀
- 解决干氯会导致钛的快速腐蚀，甚至可能引起燃烧
- 钛不适合与氟气、纯氧或氢气一起使用



## 精心设计的材料组合

在世伟洛克 316/316L 不锈钢接头表现良好而 316/316L 卡套管在管夹中经受缝隙腐蚀的船舶装置中，将 316/316L 接头与更耐腐蚀的合金卡套管结合使用可能具有成本效益。精心设计的组合采用世伟洛克 316/316L 卡套管接头与 254、904L、825 合金卡套管或 Tungum®（铜合金 UNS C69100）卡套管。

316/316L 中更高的铬和镍含量为世伟洛克卡套管接头带来了更高的抗局部腐蚀性能。采用世伟洛克专利的铰链夹箍式抱紧™，实现了卓越的卡套管夹持；后卡套设计可将轴向运动转化为卡套管上的径向挤压作用，而操作时只需要很小的装配扭矩。世伟洛克专利的 SAT12 低温渗碳工艺用于硬化处理后卡套表面，从而有助于在上述合金卡套管上实现优异的卡套管夹持力。

精心设计的组合可能是一种经济高效的耐腐蚀解决方案，可为海洋环境中的装置提供以下优势：

- 解决世伟洛克标准 316 不锈钢中的镍和铬含量高于 ASTM A479 规定的最低要求，因此具有更高的 PREN 值和更高的抗局部腐蚀性能
- 解决特种合金卡套管具有更高的抗点蚀和缝隙腐蚀性能
- 解决以电化学图表中 316、254、904L 和 825 的主张或以 316/316L 接头和 Tungum 卡套管的长期使用为依据，则电化学腐蚀的风险较低。

与任何混合材料组件相同，采用不同合金制成的卡套管和接头的压力额定值取决于较低的材料等级。有关压力额定值，请参见卡套管数据 - 精心设计的材料组合 [MS-06-117](#)。

### 如何计算耐腐蚀性

$$\text{PREN} = \%Cr + 3.3 \times (\%Mo + 0.5W) + 16 \times \%N$$

$$\text{ASTM 316} = 16 + 3.3 \times 2 + 16 \times 0.03 = 23.1 \text{ PREN}$$

$$\text{Swagelok 316} = 17.5 + 3.3 \times 2 + 16 \times 0.03 = 24.6 \text{ PREN}$$

抗点蚀量数 (PREN) 表示耐局部点蚀的强度。PREN 值越高表示耐点蚀性越强。

## NACE和NORSOK标准

采用 316/316L 或特种合金制成的世伟洛克流体系统元件可作为符合 NACE MR0175/ISO 15156 酸性气体标准要求的产品提供。由 6HN 合金 (UNS N08367) 和 2507 合金制成的阀门和接头包括棒料和锻件，且采用符合 NORSOK M-650 供应链认证标准的严格要求的工艺制造。

了解有关以下内容的更多信息：

- › NACE 要求
- › NACE MR0175/ISO 15156 概述
- › NACE关于2507合金超级双相不锈钢卡套接头的要求
- › NACE关于625合金标准和中压卡套管接头的要求
- › NACE关于6钼合金卡套管、公称管和焊接接头的要求
- › NORSOK 标准



## NACE 要求

NACE MR0175/ISO 15156 标准列出了用于油田上游设备的预合格材料，设备在酸性环境（即存在硫化氢 (H<sub>2</sub>S) 的油/气/海水混合物）中，可能存在由硫化物引起的应力腐蚀开裂风险。

该标准允许在仪表和控制系统中分别使用由冷拔 316 不锈钢和 6-钼生产的卡套管接头。镍合金还可以用于应变硬化条件下的仪表和控制系统以及用于处理工艺流体。

该文档包括：

- 关于材料条件和特性的要求
- 材料使用的环境条件
- 特定酸性气体条件下的材料使用资格

➤ 了解有关 NACE 的更多信息

**材料至关重要：**了解 [Offshore Magazine](#) 中有关选择酸性油田流体系统元件的更多信息。

## NACE MR0175/ISO 15156 概述

合金	合金条件	适用的 NACE 表	应用场合	最高温度, °C (°F)	最大 H <sub>2</sub> S 分压 <sup>①</sup> , kPa (psi)
6Mo (254、6HN)	固溶退火和冷拔	A.11	仪表用管、控制管路用管和压缩接头	无限制；有关警示性说明，请参阅 NACE MR0175/ISO 15156。	
	固溶退火	A.8		60 (140)	100 (15)
625	退火和冷拔	A.14	任何设备或元件	232 (450)	200 (30)
				218 (425)	2000 (300)
	149 (300)	任何			
	无限制；有关警示性说明，请参阅 NACE MR0175/ISO 15156。				
2507	固溶退火和冷拔	不符合 NACE 标准	不适用		
	固溶退火	A.24	232 (450)	20 (3)	

<sup>①</sup> H<sub>2</sub>S 分压表示硫化氢气体对总压力的压力占比。例如，对于分压：空气由 21% 的氧气组成；如果总空气压力为 1.00atm，则氧气的分压为 0.21atm。有关合金环境限制的详细信息，请参阅 ANSI/NACE MR0175/ISO 15156。

➤ 了解有关 NACE 的更多信息



## NACE 关于 2507 合金超级双相不锈钢卡套接头的要求

为确保世伟洛克 2507 合金卡套管接头正常工作，螺母和卡套必须由冷拔棒料制成。这种材料具有夹持 2507 卡套管（具有高表面硬度）并保持世伟洛克卡套管数据表 [MS-01-107](#) 中列出的高工作压力所需的强度。

根据标准表 A.24，如果接头内部与介质接触，而非外部与酸性气体接触，则带有 -SG2 代号的订购号的世伟洛克 2507 合金卡套管接头符合 NACE MR0175/ISO 15156 要求，适用于任何设备。

2507 合金的 NACE MR0175/ISO 15156 标准要求：

- 直通卡套管接头本体由固溶-退火2507合金棒料制成
- 成型卡套管接头本体由固溶退火2507合金锻件制成
- 未与系统流体接触的卡套管接头本体外螺纹可以通过螺纹滚压加工而成
- 切削加工内部与介质接触的螺纹
- 卡套管接头螺母由冷拔 2507 棒料制成，但不会与系统流体接触
- 后卡套由冷拔 6-钼棒料制成，但不会与系统流体接触
- 前卡套由冷拔 2507 合金棒料制成
- 前卡套前缘包括与介质接触的表面；它处于压缩状态，因此不受 SCC 或酸气开裂的影响，如标准所述，承受拉伸应力的部件才能发生这些开裂型式
- 孔口接头和堵塞由固溶退火的 2507 合金棒料制成



**材料至关重要：** 欲了解更多信息，请访问符合 NACE MR0175 标准的世伟洛克 2507 合金超级双相卡套管、公称管和焊接接头完整数据表 [MS-06-115](#)。

➤ 了解有关 NACE 的更多信息

## NACE 关于 625 合金标准和中压卡套管接头的要求

为确保世伟洛克 625 合金卡套管接头和中压卡套管接头正常工作，螺母和卡套必须由冷拔棒料制成。

这种材料具有夹持 625 合金卡套管并保持在世伟洛克卡套管数据表 [MS-01-107](#) 和世伟洛克中高压接头和转换接头—特种合金材料数据表 [MS-02-474](#) 中列出的高工作压力所需的强度。

由冷拔棒料制成的接头及本体符合 NACE MR0175/ISO 15156 [表A.14](#) 的要求。符合 [表A.13](#) 要求的接头生产如下：

- 直通接头本体由退火棒料制成
- 解决成型接头本体由退火锻件或退火棒料制成
- 螺母由固溶退火和冷拔棒料制成存货，但不会与系统流体接触
- 后卡套由固溶退火和冷拔棒料制成存货，但不会与系统流体接触
- 前卡套采用固溶-退火和冷拔棒料制成
- 前卡套前缘包括与介质接触的表面；它处于压缩状态，因此不受 SCC 或酸气开裂的影响，如标准所述，承受拉伸应力的部件才能发生这些开裂型式
- 解决堵塞、孔口接头和卡套管转换接头采用退火棒料制成



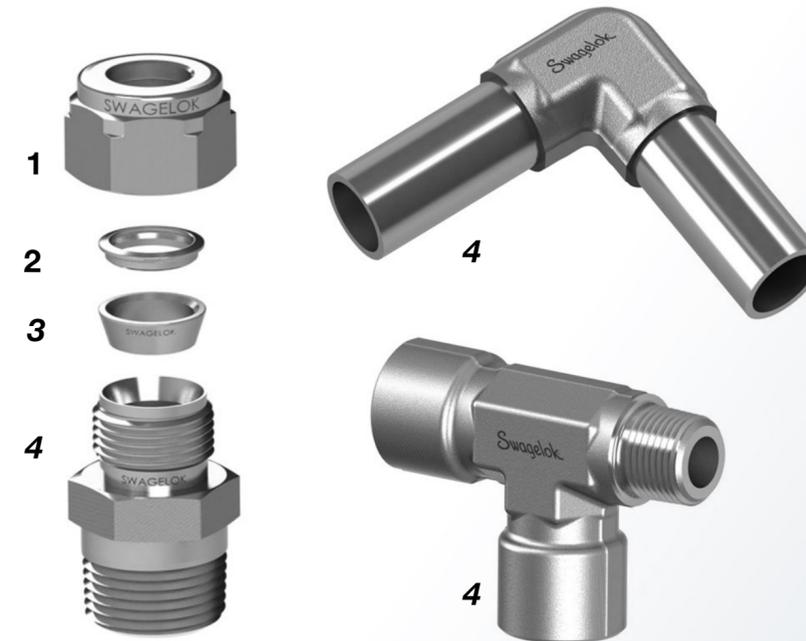
➤ 了解有关 NACE 的更多信息

## NACE 对 6 钼合金卡套管、公称管和焊接接头的要求

NACE MR0175/ISO 15156 标准包含描述用于上游酸性气体应用的各种材料的材料要求和环境限制的表格。定义6钼合金要求的NACE MR0175/ISO 15156表格是[表A.8和A.11](#)。

[表A.8](#)规定了用于所有类型酸性气体装置的任何设备或部件的高合金奥氏体不锈钢的环境和材料限制。

[表A.11](#)规定了用作仪表管路、控制管路、压缩接头以及地面和井下筛设备的高合金奥氏体不锈钢的环境和材料限制。



组件	材料	ASTM 规范	标记
1 螺母	254 合金 (UNS S31254) 或 6HN 合金 (UNS N08367)	A479 <sup>①</sup>	表面标有 254 或 6HN
2 后卡套	6HN (UNS N08367)	A479 <sup>②</sup>	外缘标有 6HN
3 前卡套	254 合金 (UNS S31254) 或 6HN 合金 (UNS N08367)	A479 <sup>①</sup>	外缘标有 254 或 6HN
4 本体	254 合金 (UNS S31254) 或 6HN 合金 (UNS N08367)	直通本体—A479 <sup>①</sup> 成型本体—A182	卡套管和公称管接头— 颈部标有 254 或 6HN 焊接接头—本体上标有 254 或 6HN 公称管和焊接接头— 本体上标有 SG

**材料至关重要：**欲了解更多信息，请访问世伟洛克 6 钼合金卡套管、公称管和焊接接头符合 NACE MR0175/ISO 15156 标准的完整数据表 [MS-06-122](#)。

润湿元件以斜体字列出

① A479 (冷拔棒的延伸率、断面收缩率和硬度除外)

② A479 (延伸率和硬度除外)

## NORSOK 标准

NORSOK 标准（由挪威石油工业制定）概述了材料和供应链要求，重点包括：

- 确保运营的安全性和成本效益
- 取代石油公司规范
- 为国际标准化进程提供依据
- 公布国际标准后收回标准

为响应对 NORSOK 认可的产品日益增长的需求，世伟洛克乐于为卡套管接头、公称管接头的订单报价，并选择由 NORSOK 认证材料制造的通用工业阀门产品。

我们提供的产品由 2507、254 合金和 6HN 棒料和锻件制成，因此符合 NORSOK M-650 供应链认证标准的要求。

> 了解有关 NORSOK 的更多内容



## NORSOK 标准

下表中列出了标准的详细信息。

标准	说明
M-650: 生产特种材料的制造商资格	<p>涵盖一系列资格要求，以验证制造商是否具备：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 相关材料等级的足够能力和经验</li> <li>• 以所需形状和尺寸且具有可接受的性能生产这些等级的材料的必要设施和设备</li> </ul> <p>还涵盖包括无缝管、焊接管、接头、锻件、板件、铸件、棒件和卡套管在内的不同产品形式的数据表。</p>
M-001: 材料选择	<p>为海上设施的石油和天然气生产的材料选择提供与 ISO 21457 相关的指导，其中包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 腐蚀防护与控制</li> <li>• 特种材料的设计限制</li> <li>• 关于新材料和应用的资格要求</li> </ul>
M-630: 管道的材料数据表和要素数据	<p>提供以下材料的数据表：</p> <p>碳钢：235 型、235LT 型、360LT 型 铁素体/奥氏体不锈钢：22Cr 型、25Cr 型</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 铜/镍 90/10 及其他铜合金</li> <li>• 镍基合金：625 型</li> <li>• 聚合物，包括纤维增强型</li> <li>• 奥氏体不锈钢：6Mo 型</li> <li>• 奥氏体不锈钢：316 型</li> <li>• 钛</li> <li>• 高强度低合金钢</li> </ul>

## 材料科学培训

### 为您的应用作出最佳选择

世伟洛克提供 *材料科学培训*。就需要产品具有特定额定压力、在极低或非常高的温度下使用、必须承受腐蚀性威胁，必须符合某些行业标准或必须满足独特的性能要求的应用选择最佳耐腐蚀材料，了解更多信息。

- 选择合适的材料以保持流体系统密封完好且高效运行
- 了解特种合金如何抗腐蚀，材料特性如何以及行业标准如何影响您的材料选择

### 您将学到什么

- 材料科学和腐蚀的原理及影响材料特性的其他因素
- 腐蚀类型以及特种合金如何抵抗腐蚀
- 如何根据压力和温度额定值、腐蚀性威胁和合规性为要求苛刻的应用选择最合适的结构材料
- 如何选择可抵抗酸性气体腐蚀且符合 NACE 标准的合适元件
- 涵盖材料性质和特性的关键概念，包括金属的原子级视图以及材料的微观结构特征和机械性能



## 更多资源

### 质量和可靠性

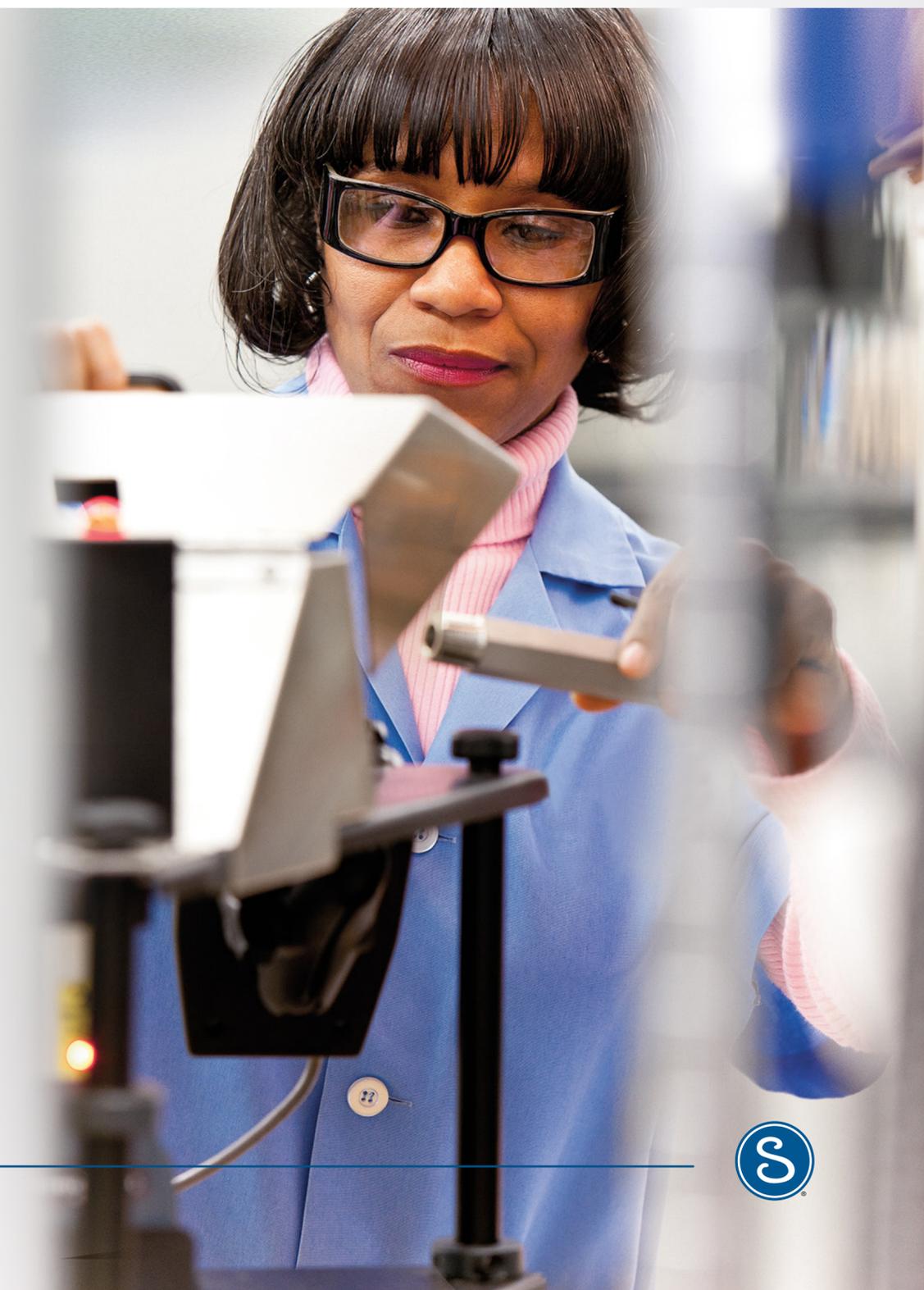
对于任何提供高水平性能和长使用寿命的流体系统解决方案而言，设计和材料缺一不可。这就是为什么世伟洛克不只拥有专门的质量部门，而且我们整个公司都致力于追求卓越，包括所有特种合金的产品标定和测试报告。

我们不是购买现成的材料，而是选择通过以下方式严格控制质量：

- 保证原材料厂实施更严格的合金和质量规范
- 实施材料可靠性鉴别
- 制作我们自己的模具
- 使用技术型无损检测方法
- 配备专门从事供应链工作的专业工程师

这些措施可提高材料的一致性，并有助于防止最终产品出现瑕疵。一旦安装在您的系统中，我们销售的所有产品均享受[终身有限保证](#)的支持。

› 了解有关其他资源的更多内容



## 更多资源

### **产品和系统培训**

凭借我们的一整套培训计划，了解有关流体系统的更多信息并提升您团队的能力。

### **评估咨询服务**

如果您需要额外的支持，我们可以对您的现场进行调查，以评估并排除取样系统、软管、蒸汽系统等故障。

### **世伟洛克® 定制化解决方案**

我们可以帮助您设计、指定并构建流体系统组件。我们提供专业而可重复的解决方案，包括试验、检测和封装，所有这一切均享受世伟洛克的终身有限保证。

### **查找技术顾问**

想进一步讨论您的材料要求？请与世伟洛克授权的销售与服务中心联系。

➤ **了解有关其他资源的更多内容**



## 更多资源

利用以下链接访问其他有益的参考资料：

### 文章

[世界石油 \(World Oil\)](#)：预防海上不锈钢卡套管的点蚀和缝隙腐蚀

[Offshore Magazine](#)：选择应用于酸性油田的流体系统元件

### 参考指南

[卡套管数据表](#) MS-01-107

[卡套管数据 - 精心设计的材料组合](#) MS-06-117

### 产品测试报告

316 不锈钢世伟洛克® 卡套管接头设计组合的氯化物应力腐蚀开裂 (CSCC) 测试

[PTR-4183](#) - 氯化物应力腐蚀开裂测试

超级奥氏体 254 Smo® (6-钼) 不锈钢卡套管，配有不锈钢世伟洛克® (6-钼) 不锈钢卡套管接头

[PTR-2834](#) - 拉伸测试

[PTR-2835](#) - 高温热循环和静水压力验证测试

[PTR-2836](#) - 低温热循环和静水压力验证测试

[PTR-2841](#) - 旋转弯曲测试

[PTR-2849](#) - 液压冲击测试和静水压力验证测试

[PTR-2852](#) - 静水压力测试

[PTR-2853](#) - 反复重新装配下的氮气密封测试

### NACE 和 NORSOK

符合 NACE 和 NORSOK 标准的阀门 [SCS-00193](#)

### 安全产品选型

选择产品时，必须考虑总体系统设计以保证获得安全的、无故障的产品性能。产品的功能、材料兼容性、充足的额定值、正确的安装、使用和维护是系统设计者和用户的责任。