

316 不锈钢与 302/304 不锈钢的深入比较以及 316 不锈钢的常见用途。

作者：产品工程师 Christopher G. Jeznach
美国 SPIROL 国际公司

卷制弹性圆柱销的多功能性使其往往成为能达到插销应用中各种特定工程和经济目标的最理想紧固件。它们具有各种不同的尺寸、载荷型号、表面处理方式和材质。在各种用于制作卷制弹性圆柱销的材料中，不锈钢因高耐腐蚀性而往往得到广泛使用。最常用的卷制弹性圆柱销制作材料是 302/304 不锈钢和 420 不锈钢，但也有部分选用 316 不锈钢，因为该型号的不锈钢具有优越的耐腐蚀性。本文将深入地对 316 和 302/304 不锈钢进行对比，并讨论 316 不锈钢在不同应用和环境中的优势。

化学成分

从技术上看，302 和 304 不锈钢是两种不同的材料，但是二者在化学成分和属性方面均存在很大程度的一致。正因如此，钢铁厂可以炼出兼具 302 和 304 规格的材料。所以，制造商将 302/304 不锈钢制作的弹性圆柱销称为奥氏体弹性圆柱销，本文也将沿用这种命名惯例。

表 1 对用于制作卷制弹性圆柱销的几种奥氏体不锈钢的化学成分进行了比较。奥氏体是指金属结构方面的特性，此类不锈钢不可进行热处理、在完全退火状态不具有磁性且可进行硬化处理。

在深入研究 316 不锈钢之前，我们最好先简单了解 302 和 304 不锈钢的合铸过程，以及二者实现耐腐蚀性的原因。



表 1: SPIROL 卷制弹性圆柱销所用不同奥氏体不锈钢种的化学成分 (%)

	302 不锈钢	304 不锈钢	316 不锈钢
化学成分 (%)			
碳 (C)	0.15	0.08	0.08
钼 (Mo)	--	--	2 – 3
铬 (Cr)	17 – 19	18 – 20	16 – 18
镍 (Ni)	8 – 10	8 – 10.5	10 – 14

*单个值代表最大值

与 420 不锈钢相比，表 1 列出的各个 300 系列不锈钢中合铸的镍更多，铬的含量也更高。（420 不锈钢含有 0.5% 的镍和 12-14% 的铬。）这使得 300 系列不锈钢具有更高的耐腐蚀性，即耐点蚀和耐应力腐蚀开裂的能力更强。此外，与其他类型的不锈钢相比，300 系列不锈钢的碳含量更低，有助于它们通过减少在晶界析出的碳化物提高耐腐蚀性，并最终提高耐晶间腐蚀（敏化作用）的能力。

316 不锈钢和 302/304 不锈钢主要的成分区别在于 316 不锈钢合铸了 2-3% 的钼，这种方法增强了钝化膜的耐久性，从而提高了不锈钢的耐点蚀能力。钝化膜（通常为氧化物）是金属表面一层“透明的、无形的”膜，可提高腐蚀保护作用。添加的钼还可以提高晶体晶格机构的张力，使分子越来越密集，从而提高铁原子析出并到达金属表面所需的能量。钼和铬在微观结构上有相似的作用，因此 316 不锈钢并不像 302/304 不锈钢那样需要铬。含有钼的不锈钢要保持其奥氏体结构，则必须要提高镍的含量。如表 1 所示，316 不锈钢中的镍含量为 10-14%，304 不锈钢中的镍含量为 8-10.5%，302 不锈钢中的镍含量为 8-10%。

耐腐蚀性

虽然 300 系列奥氏体不锈钢的物理属性和强度属性使其适用于多种应用，但人们选用该系列不锈钢最重要且最主要的原因则是它们在多种不同的化学和大气腐蚀环境下的耐腐蚀能力。300 系列不锈钢普遍具有高耐腐蚀性，但其中 316 不锈钢是公认的耐腐蚀性最强的类型。虽然 302/304 不锈钢的耐腐蚀性能满足大多数应用的需求，但是在海水和石油化工等更严重的腐蚀环境中则易于腐蚀，而 316 不锈钢却能依旧保持完好。腐蚀的类型多种多样，因此我们需要了解各种类型以及如何体现 316 在各腐蚀环境中的优势。

电偶腐蚀

当两个异种金属接触并在二者所处环境中彼此产生电化学反应时，则会出现电偶腐蚀。因此，考虑电偶序（参见表 2）从而确保金属材料暴露于对偶材料时不会出现腐蚀是很重要的。例如，当两种合金在海水中接触时，电偶序中电位较低的合金则会出现腐蚀。电偶序表中的两种金属相隔越远，则当二者浸没在同一电解质中时出现腐蚀的可能性越大。

表 2. 电偶序¹

	铂
	金
	石墨
	钛
	[316 不锈钢（钝性）
	[304 不锈钢（钝性）
	[铬镍铁合金（80 镍-13 铬-7 铁）（钝性）
	[镍（钝性）
	[蒙乃尔铜-镍合金（70 镍-30 铜）
	[铜镍合金
	[青铜化合物（铜锡合金）
	[铜
	[黄铜化合物（铜锡合金）
	[铬镍铁合金（活性）
	[镍（活性）
	[锡
	[铅
	[316 不锈钢（活性）
	[304 不锈钢（活性）
	[铸铁
	[钢铁
	[铝合金
	[镉
	[工业纯铝
	[锌
	[镁及镁合金

点蚀

点蚀是面积非常小的局部腐蚀，最初产生小点，最终会穿透金属材料。任何类型的裂纹，甚至是一道小小的划痕，都可能引起点蚀并最终使金属报废（参见图 1）。在海水中，302/304 不锈钢很容易出现点蚀，所以在此介质中常使用 316 不锈钢。在不锈钢中加入钼能显著提高其耐点蚀的性能。

在海水等富含氯元素的环境中，316 不锈钢通常优于 302/304 不锈钢，因而也被称作航海用不锈钢。表 3 中列举了多个具体的腐蚀性环境，316 不锈钢在这些环境中均具有更强的耐腐蚀性。

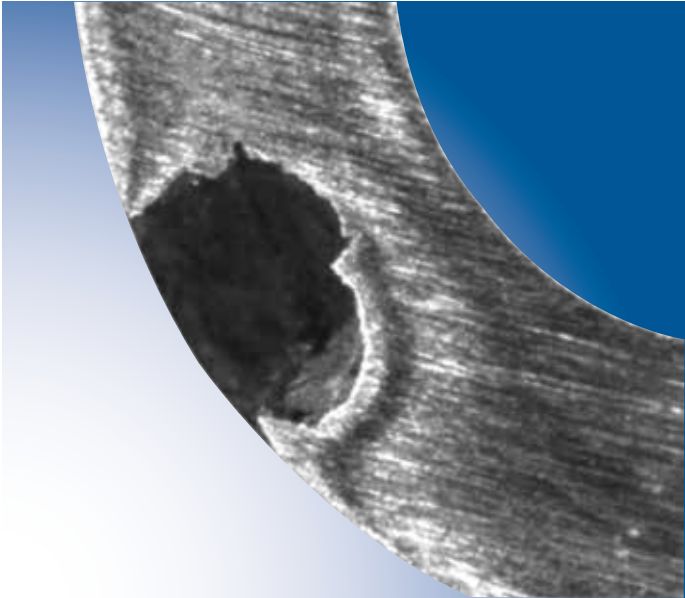


图 1. 金属的横截面示意图 — 点蚀导致横截面遭到破坏且强度下降

表 3. 与 302/304 相比，316 不锈钢耐腐蚀性更强的几种环境

海水	亚硫酸
自来水	酒石酸
矿井水	乙酸
锅炉水	甲酸
碱性氯化物	乳酸
酸式盐	混合有机酸
卤素盐	腐蚀的食物
磷酸	

应力腐蚀开裂

应力腐蚀开裂 (SCC) 是一种开裂过程，这种过程仅当金属材料处于腐蚀环境中且承受持续的拉应力时才会发生。这两个条件缺一不可。氯化物应力腐蚀开裂是 300 系列不锈钢常见的开裂类型，会破坏金属材料的结构完整。影响 SCC 的因素很多，包括外加应力、残余应力、温度以及应用的循环条件。

许多报告和研究都针对 SCC 对奥氏体不锈钢的影响进行了分析并给出了结论，但是由于存在压力、化学成分以及环境状况等变量和因素，我们很难在那么多不同类型的不锈钢中找到“一体通用”的相关关系并依此研究各种不锈钢的反应。因此，我们必须根据特定应用需求进行测试，这一点很重要。

以下所列为几种可能导致 300 系列不锈钢出现应力腐蚀开裂的氯化离子溶液²：

- 氯化铵
 - 氯化钙
 - 氯化钴
 - 氯化锂
- 氯化镁
 - 氯化汞
 - 氯化钠
 - 氯化钾

晶间腐蚀

当销长时间处于高温环境（800°F/430°C 以上）中时才会出现晶间腐蚀，所以 300 系列不锈钢中通常不会出现这种腐蚀。300 系列不锈钢螺旋形销可在温度低至 -300°F (-185°C) 和高达 750°F (400°C) 的环境下使用。

机械性能

300 系列（以及所有的奥氏体）不锈钢都可以通过冷处理实现硬化，因而具有广泛的机械性能。对材料的冷处理会改变 300 系列不锈钢的硬度和磁性。下面的表 4 显示了奥氏体 302、304 以及 316 不锈钢在退火状态下的机械性能。

表 4. 退火状态室温下的最低性能³

	302 不锈钢	304 不锈钢	316 不锈钢
抗拉强度 MPa (ksi)	515 (75)	515 (75)	515 (75)
抗屈服强度 MPa (ksi)	205 (30)	205 (30)	205 (30)
最大硬度 (HRB)	88	88	95

² 美国国际镍公司 1963 年“奥氏体铬镍不锈钢在各化学环境中的耐腐蚀性。”

³ 《金属手册》（案头便览版），第 2 版。1998. 美国材料信息学会

磁性

处于完全退火状态时，所有的 300 系列不锈钢都不具有磁性，但对其进行加工硬化时，磁性会得到增强。加工硬化后，302/304 不锈钢都会出现较强的导磁率。

成本和供应情况

302/304 不锈钢是奥氏体不锈钢中最常用于制作弹性圆柱销的材料，因此，与 316 不锈钢相比，它们通常会得到大量采购。所以 302/304 不锈钢制作的弹性圆柱销通常更便宜且容易获得。

应用

许多应用对耐腐蚀性的要求较高，而 302/304 不锈钢无法达到。表 5 列举了部分此类应用。由于这些应用需要在多种刺激性化学物质环境（参见表 3）中使用，所以使用 316 不锈钢制作的卷制弹性圆柱销可减少点蚀情况的发生。

表 5. 使用 316 不锈钢卷制弹性圆柱销的应用和行业
(注：302/304 不锈钢也可满足部分耐腐蚀要求)

应用

暴露在海水环境中的组件
艇具
排气歧管
喷气发动机零件
制药设备
熔炉部件
摄影设备
造纸业加工设备
采矿筛网和滤水筛网
热交换器
化学品处理厂的组件
医疗设备

行业

化工、制药行业
造纸工业的消化池、蒸馏器和处理设备
医药行业
纺织业精炼设备
摄影胶片
石油炼油设备

结论

卷制弹性圆柱销可由多种类型的材料进行生产，其中包括多种级别的不锈钢。302/304 不锈钢因其较高的耐腐蚀性成为最常见的制作材料。在某些环境中，例如销在海水环境中会接触氯化物，此时 302/304 不锈钢的耐腐蚀性并不足以抵抗氯化物的腐蚀，则最好选择使用 316 不锈钢以避免发生点蚀。通常 316 不锈钢的价格高于 302/304 不锈钢，但其更强的耐腐蚀性有助于确保关键部件保持完好，且不会对周边零件产生其他损害。对很多工程团队来说，为确保安全性而增加部件成本是值得的，这一点在处理危险的化学品时尤为明显。

由于腐蚀环境具有复杂性和多种变量，例如化学物质类型和浓度、对材料施加的力、大气环境以及时间和温度，所以在为卷制弹性圆柱销等紧固件选择材料时必须进行测试，从而确保所选材料能达到预想的结果。

恰当的材料选择是工程师最重要的设计标准之一，因为这决定了最终产品的最终成本、使用寿命和性能。可供选择的材料类型很多，当选择紧固件材料时，那些对紧固件设计有经验的公司选择的往往就是最适合的材料。



不锈钢锁船门中的 316 不锈钢
卷制弹性圆柱销

亚太地区

SPIROL Asia Headquarters

史派洛亚洲总部
中国上海市, 外高桥保税区
荷丹路122号 D区D9地块1层
邮编 200131
电话: +86 (0) 21 5046-1451
传真: +86 (0) 21 5046-1540

SPIROL Korea

160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Korea
Tel. +86 (0) 21 5046-1451
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

欧洲

SPIROL France

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, France
Tel. +33 (0) 3 26 36 31 42
Fax. +33 (0) 3 26 09 19 76

SPIROL United Kingdom

17 Princewood Road
Corby, Northants
NN17 4ET United Kingdom
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Germany

Ottostr. 4
80333 Munich, Germany
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL Spain

08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, Spain
Tel. +34 93 193 05 32
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL Czech Republic

Sokola Tůmy 743/16
Ostrava-Mariánské Hory 70900
Czech Republic
Tel/Fax. +420 417 537 979

SPIROL Poland

ul. M. Skłodowskiej-Curie 7E / 2
56-400, Oleśnica, Poland
Tel. +48 71 399 44 55

北美洲

SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 U.S.A.
Tel. +1 (1) 860.774.8571
Fax. +1 (1) 860.774.2048

SPIROL Shim Division

321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 U.S.A.
Tel. +1 (1) 330.920.3655
Fax. +1 (1) 330.920.3659

SPIROL Canada

3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canada
Tel. +1 (1) 519.974.3334
Fax. +1 (1) 519.974.6550

SPIROL Mexico

Carretera a Laredo KM 16.5 Interior E
Col. Moisés Saenz
Apodaca, N.L. 66613 México
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

南美洲

SPIROL Brazil

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brazil
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

电子邮件: info-cn@SPIROL.com

SPIROL.cn



最新的规格和标准详情请参考www.SPIROL.cn。

SPIROL 应用工程师将了解您的应用需求, 与您的设计团队合作, 为您推荐最佳的解决方案。如要开始此流程, 可选择访问我们的[最佳应用工程](http://www.SPIROL.cn)门户网站:
www.SPIROL.cn。

经 ISO/TS 16949 认证
经 ISO 9001 认证

© 2017 SPIROL International Corporation

除非法律允许, 否则在未获得 SPIROL International Corporation 书面许可的情况下不得以任何形式或方式, 包括电子或纸质方式复制或传播此文档的任何一部分。