

NACE MR0175-2002
美国国家防腐蚀工程师协会

国外阀门标准
及相关标准汇编



油田设备用抗硫化应力裂纹的金属材料
**Sulfide Stress Cracking Resistant
Metallic Materials for Oilfield
Equipment**

李信英 译
尹玉杰 校

中国阀门信息中心
沈阳阀门研究所

材料要求标准

油田设备用抗硫化应力裂纹的金属材料

本 NACE 标准代表着审阅过本标准文件、范围及其条款的众多独立成员的一致意见。虽然本标准得到了认可,但并不妨碍任何人(无论其是否采用本标准)进行生产、销售、采购或使用与本标准不符的产品、工艺或程序。本 NACE 国际标准中没有任何内容可以被理解为以暗示或以其他方式给予任何人以生产、销售或使用专利证书中的方法、仪器或产品的特权,或对侵害专利权行为予以承担赔偿责任或保护的责任。本标准中规定的是最低要求,因此不能理解为本标准限制使用更好的程序或产品。本标准也无意适用于与此课题相关的所有情况。在某些难以预料的特殊情况下,本标准可能会不具备使用价值。NACE 国际对由其他团体做出的解释和使用不负任何责任,只对由 NACE 国际根据其控制程序和政策出版发行的正式的 NACE 国际解释文件负责,以防止任何个人的解释性出版物发行。

本 NACE 国际标准的用户负责审阅相应的健康、安全、环境、和法规性文件,还要在使用本标准之前判断其相对于本标准的适用性。本 NACE 国际标准对与其内详述或提及的材料、设备和/或操作的使用有关的所有潜在的健康和安全问题或环境危害未必完全申明。本 NACE 国际标准的用户有责任确定相应的健康、安全和环境保护条例,如果必要可向相应法规机构进行咨询,以便在本标准的使用之前达到与现有的适用法规要求相符。

注意事项: NACE 标准将定期审查,有可能在没有事先通知的情况下对标准进行修订或取消。NACE 国际要求自原版后 5 年内,对标准进行重审、修订或取消本标准,并提醒用户注意获取最新版本。NACE 国际标准的买主可以通过与 NACE 国际成员关系服务部(NACE International Membership Services Department, 1440 South Creek Dr., Houston, Texas 77084-4906, 电话:+1(281)228-6200) 进行联系以获取关于所有标准和其他 NACE 国际出版物的最新信息。

前言

本 NACE 标准材料要求是由前任团体委员会 T-1(石油开采中的腐蚀控制)针对金属硫化应力裂纹的一般性问题所发起的一系列委员会研究、汇报、座谈及标准的一个阶段性成果。本次工作的重点放在了石油和天然气工业上。本标准是供石油天然气公司、生产厂家、工程师、和采购人用的、适用于酸性气体环境中石油天然气介质的金属材料的要求。本标准中的许多方针和规定要求是基于所列材料在特定部件中使用时的实地经验制定的,该材料还可以适用于石油开采工业或其他工业用的其他部件中,由用户决定。用户在推断本标准内容是否适用于标准范围之外时,应十分慎重。

本标准规定的材料、热处理和金属性能要求是工作组 081(前身为 T-1F-1)及其特殊技术管理组(STG) 32 关于石油和天然气开采——冶金学(先前的一个委员会 T-1F 油田设备的冶金)的最佳鉴定结果。

本 NACE 标准修订并取代以前所有的 MR 0175 版本。最初的 1975 版标准取代 NACE 出版的 1F 166(1973 年改版)题为“开采和管道用阀门的抗硫化应力裂纹金属材料”以及 NACE 1B163 刊物题为“推荐用于酸性环境的材料”(其中包括阀门试行规范 150, 严重金属损失试行规范 51, 管材试行规范 60 和标准失重试行规范 50)。

本标准会随着技术上的变更而做必要的修订(见 1.6)。

标准所推荐的材料尽可能采用经认可的同属代号(如 UNS¹ 编号)和/或已认可的标准,如 AISI,² API,³ ASTM,⁴ 或 DIN⁵ 标准。

本 NACE 标准中使用的术语*一定要*、*必须*、*应*和*可以*与 NACE 第 4 期刊物手册中 7.4.1.9 节的定义一致。*一定要*和*必须*用于陈述强制要求。*应*用于陈述一些认为较好和推荐但不是强制的事项。*可以*用于说明某事可以选择。

空白处的箭头表明技术上或主要编辑上的修订,经 NACE STG32 批准并纳入 MR 0175 的 2002 版中。表中或索引中没有注明修订的章节。

¹ 统一编号系统(最新版本)中的金属和合金,由 ASTM(美国试验与材料协会)国际和汽车工程师协会联合出版, 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096.

² 美国钢铁学会(AISI), 1133 15th St. NW, Washington, DC 20005-2701

³ 美国石油学会(API), 1220 L St. NW, Washington DC 20005

⁴ 美国试验与材料学会, 100 Barr H 的 Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959

⁵ 德国工业标准(DIN), Postfach 1107, D-1000 Berlin 30, Federal Republic of Germany.

目 录

第1章 概述	1
1.1 范围	1
1.2 适用性	1
1.3 MR0175 的应用	1
1.4 硫化应力裂纹的控制	2
1.5 可用材料	2
1.6 添加新材料或工艺的程序	3
1.7 硬度要求	3
1.8 材料管理	4
1.9 采购	4
1.10 材料更换	4
第2章 定义	7
第3章 铁基金属	11
3.1 概述	11
3.2 碳钢和低合金钢	11
3.3 高速易切削钢	12
3.4 铸铁	12
3.5 奥氏体不锈钢	12
3.6 铁素体不锈钢	15
3.7 马氏体不锈钢	15
3.8 沉淀硬化型不锈钢	16
3.9 双相不锈钢	16
第4章 非铁基金属	18
4.1 概述	18
4.2 其他合金	22
第5章 制造	23
5.1 概述	23
5.2 堆焊层	23
5.3 焊接	23
5.4 压印标识	23
5.5 螺纹加工	23
5.6 冷变形工艺	23
第6章 栓接	24
6.1 概述	24
6.2 裸露的栓接材料	24
6.3 非裸露的栓接材料	24
第7章 镀层和涂层	24
7.1 概述	24
7.2 氮化	24
第8章 特殊零部件	24
8.1 概述	24
8.2 轴承	24
8.3 弹簧	24
8.4 仪表和控制装置	25
8.5 密封圈	25
8.6 开口环	25
8.7 井口用双相不锈钢	25
8.8 特种工艺的耐磨损件	25

第9章 阀门及阻流器	26
9.1 概述	26
9.2 轴、杆和销	26
9.3 内阀和压力调节器部件	26
第10章 油井、输送管线、汇集管线、采油设备和油田作业装置	26
10.1 概述	26
10.2 油井	26
10.3 地下设备	28
10.4 井口部件	28
10.5 输送管线和汇集管线	28
10.6 采油设备	28
10.7 压缩机和泵	28
10.8 管件	29
第11章 钻采和油井作业设备	29
11.1 概述	29
11.2 钻采和油井使用环境的控制	29
11.3 钻采设备	29
11.4 防喷器 (BOP)	29
11.5 阻流器集合管、阻流器和压井管线	30
11.6 钻杆试验	30
11.7 油层测试工具	30
11.8 浮动钻采操作	30
11.9 油井作业装置	30
参考文献	31
表 1 试验级别的描述	4
表 2 试验数据	4
表 3 可直接裸露于酸性环境的不锈钢 (见 1.3 节)	33
表 4 可直接裸露于酸性环境中的非铁基材料 (见 1.3 节)	34
表 5 管状制品可用的 API 和 ASTM 规范	36
表 6 适用于直接裸露在酸性环境的地下装置用材料 (见 1.3 节)	37
表 7 材料标准的其他来源	37
图 1 酸性气体系统 (见 1.3.1.1)	5
图 2 酸性多相系统 (见 1.3.1.1)	6

油田设备用抗硫应力裂纹的金属材料

第1章 概述

1.1 范围

1.1.1 本标准阐述的是石油开采、钻井、集输管线以及油田处理设备用于含硫化氢 (H_2S) 的碳氢化合物介质时, 其金属材料的抗硫化应力裂纹 (SSC) 的要求。本标准适用于表 7 所列各材料标准学会 (或其他机构的同等标准或规范) 规定的材料和/或设备。本标准不包括也不准备列入设计规范。其他腐蚀形式和其他失效模式, 尽管不在本标准规定的范围之内, 但在设计和操作设备时应予以考虑。强腐蚀环境会导致非硫化应力裂纹引起的机械失效, 可以通过使用腐蚀抑制剂或选择适当地材料缓和腐蚀程度, 这不在本标准规定的范围之内。例如, 管线和容器上使用的某些低强度钢的失效是由于 $H_2S^{1,2}$ 存在, 氢蚀与一般腐蚀共同作用下使钢产生了皮裂纹或氢诱发 (逐步进展的) 裂纹造成的。同样, 奥氏体不锈钢甚至更高合金化的材料会因高温加剧的氯化应力腐蚀裂纹的作用而失效, 在含有硫化氢的某些工况下后果会更加严重。

1.1.2 首版 MR0175 中收录的许多材料基于现场各种工况实地使用结果收录的, 但 MR0175 中并没有记录当时验收这些材料所基于的工况。MR0175 对最近收录的合金的工况有了特定的限制。所注明的工况限制代表着在此工况下合金成功地通过了实验室试验。由于硫化应力裂纹取决于环境, 包括应力、 H_2S 的分压力、硫元素的存在、盐度、pH 值以及合金的冶金条件, 因此在 MR0175 中没有定义对任何材料的实际工况限制。用户有责任判定 (1) 实验室试验数据的准确程度, 和 (2) 模拟意图用途的关键变化, 确定现场使用经历的适用程度。

1.2 适用性

1.2.1 本标准适用于裸露于酸性环境中所有设备零部件, 因硫化应力裂纹 (SSC) 产生的失效使得: (1) 妨碍仍处于承压状态的设备重新恢复到操作, (2) 危及承压系统的整体性, 和/或 (3) 妨碍设备执行其基本的功能。对大气压下和低压系统下的水处理设备, 抽油杆和地下泵这类设备的材料选择, 不在本标准的规定范围之内, 而在 NACE 的其他国际标准和 API 文件中都做了非常详细的阐述。

1.3 MR0175 的应用

硫化应力裂纹 (SSC) 受以下因素的影响:

- (1) 金属的化学成分、强度、热处理和微观结构;
- (2) 环境中氢离子的浓度 (pH);
- (3) H_2S 的浓度和总压力;
- (4) 总的拉伸应力 (应附加残余应力);
- (5) 温度; 和
- (6) 时间。

用户应确定环境条件是否是 MR0175 所适用的环境。

1.3.1 MR0175 所适用的条件一定是以水作为液态介质且 H_2S 的含量超过了 1.3.1.1 中定义的极限的条件下。应注意的是敏感性高的材料在轻度腐蚀环境中也会失效。

1.3.1.1 所有的气体^(6,7)、 冷凝气体^(6,7)和酸性原油^(8,9) (注释中的除外)

在气体、 冷凝气或酸性原油的湿润气相中 (以水为液态介质) H_2S 的分压力 (绝对压力) 等于或超过 0.0003MPa(0.05 psia)时。

1.3.2 在下列条件下, 不必应用 MR0175 (应由用户决定):

1.3.2.1 低压气体

当总压力 (绝对压力) 低于 0.4MPa(65 psia)时。

1.3.2.2 低压油和气多相系统

当总压力 (绝对压力) 低于 1.8MPa(265 psia), 气: 油的最大比率 (标准立方英尺: 桶[标准立方英尺: 桶]) 小于或等于 5000, 并且 H_2S 的克分子份数低于 15%, 其分压力 (绝对压力) 低于 0.07MPa(10 psia)时。

1.3.3 在下列条件下, 不必应用 MR0175 (应由用户决定):

1.3.3.1 盐水井和盐水处理设备, 适用标准为 NACE RP0475³。

1.3.3.2 失重腐蚀和腐蚀疲劳。

1.3.3.3 精炼厂和化工厂。

1.4 硫化应力裂纹的控制

1.4.1 可以采用下列任何一种或全部措施对硫化应力裂纹进行控制:

- (1) 采用本标准中描述的材料和处理工艺;
- (2) 控制环境; 或
- (3) 将部件与酸性环境隔离。

对硫化应力裂纹敏感的金属可分别通过在钻井和油井维修操作中, 对钻井或油井维修介质的特性进行控制而成功地使用。

1.5 本标准收录的金属材料是基于现场实际应用或硫化应力裂纹试验的验证, 或同时通过两者验证而成为验收合格的材料。事实已证明首版 MR0175 中收录的许多合金尽管在标准的硫化应力裂纹试验中出现了裂纹, 但在酸性介质中仍可获得令人满意的使用效果, 比如 NACE TM0177⁴ 中提到的一些材料。由于某些管理机构已将 MR0175 列入强制要求项, 因此很快就不可能再将现场使用效果良好作为添加新材料或工艺的依据; 即, 由于法规禁止使用没有获得 MR0175 特批的材料, 因此新材料或工艺的提议者无法为之建立一套令人满意的现场使用经历。结果是, 本标准中的一些材料可能还不如基于实验室试验数据而已被淘汰的新材料在硫化应力裂纹试验中表现的好。

材料在现场使用中表现的性能可能与实验室试验时所表现的性能有所不同。为帮助用

⁶ 图 1 给出了上文分压力关系的图示。

⁷ 分压力可用 H_2S 的克分子份数乘以多相系统的总压力来计算。例如, 在一个绝对压力为 69MPa (10000 psia) 的气体系统中, 气体中 H_2S 的克分子份数为 10%, 则 H_2S 的分压力为:

$$\frac{10}{100} \times 69 = 6.9 \text{ MPa abs} \quad \left(\frac{10}{100} \times 10000 = 1000 \text{ psia} \right)$$

⁸ 图 2 给出了上文分压力关系的图示。

⁹ 对于无平衡气相, 且在气泡点压力以上操作的井下液态原油系统中, H_2S 的分压力可通过气泡点压力时在气相中 H_2S 的克分子份数确定。例如, 油中气泡点压力为绝对压力 34.5MPa (5000 psia), 在气泡点压力时在气相中 H_2S 的克分子份数为 10%, 则 H_2S 的分压力为:

$$34.5 \times \frac{10}{100} = 3.45 \text{ MPa abs} \quad \left(5000 \times \frac{10}{100} = 500 \text{ psia} \right)$$

户使用本标准，索引中已注明了首版（MR0175-75）中收录的材料。

本标准收录的材料具有抗硫化应力裂纹的特性，但未必对各种工况都具有免疫力。

1.5.1 当（1）所生产的材料达到规定的热处理和机械性能要求，并且（2）在规定的工况下使用时，第3章至第11章中列出了可选用的材料及生产工艺可在酸性环境中提供令人满意的抗硫化应力裂纹的性能。

1.6 添加新材料或工艺的程序

1.6.1 本标准中的指导方针和特定要求是基于良好的现场使用经历和/或实验室数据。在实验室试验或现场试验完成之后，按照本标准的要求进行投票表决，表决通过的材料将被添加到MR0175中。

对本标准提出的修订要求必须按NACE技术委员会刊物手册⁵的要求以书面形式提交给NACE总部。在修订要求中应详细说明变更提议和相应的支持文件，包括完整的材料或工艺描述、试验室或现场试验数据、使用性能或其他技术上的论据。按照NACE技术委员会刊物手册的规定对变更要求进行研究和投票表决。

1.6.2 对与特定材料有关的新材料和/或新工艺的投票应根据试验所划分的级别进行。各级试验对应的环境腐蚀程度列于表1。在满足试验级别所对应的最低环境限制的基础上，投票人可自由增加其试验的腐蚀严重程度。对新材料和/或工艺的投票仅基于实验室数据的，实验数据中应至少有两个对三个不同熔炉的试样进行试验的结果。

1.6.3 高温下，奥氏体钢和双相不锈钢、镍基合金、钛合金对裂纹会很敏感。高温应用时，应提交试验IV、V、VI或VII级的试验数据。在对III级以上的试验级别进行投票表决时，提交的投票表决卡中还要有在III级试验的室温试验结果。某些双相不锈钢的裂纹可通过与钢电镀相接得到抑制。因此，对双相不锈钢室温的评估应考虑用试验II级。

1.6.4 根据NACE TM0177的要求进行试验得出的实验室数据为验收提供了基础。也可使用其他试验方法。试验结果以及试验细节应以表2的形式插入本标准；例如，拉伸试验中，裂纹出现的最低极限应力或不出现失效/裂纹的最大应力，以及试验材料、试验进行时工况都要进行记录。试验的环境并不代表着实际的使用条件。表2中记录的数据并不意味着可作为使用的指导方针或材料可能的使用环境限制。因此用户有责任确保材料在其使用环境下会有良好的表现。

1.7 硬度要求

1.7.1 硫化应力裂纹、热处理和硬度之间的关系已经实验室及现场使用的数据资料证明。由于硬度试验是无损试验，制造厂可用来作为质量控制方法，用户可来作为现场检查的手段。精确的硬度试验要求严格遵照相应的ASTM规范所规定的方法。

1.7.2 要做足够的硬度试验以确定所检验的材料或部件的实际硬度值。本标准允许有个别硬度读数超过本标准规定的允许硬度值，只要所取的几个读数非常接近，其平均值不违背本标准中的允许值，且没有任何硬度读数比本标准规定的允许值高出2个洛氏硬度值单位。对测试的数目和测试部位的规定不在本标准规定的范围之内。

1.7.3 整个标准均是以洛氏硬度（HRC）值为参照标准。洛氏（HRC）硬度值是验收的主要基础。如果准允，也可以使用布氏硬度（HRB）或其他硬度值。当使用其他硬度值时，可根据ASTM E140⁶中的金属硬度换算表进行转换。微观硬度验收标准不在本标准规定的范围之内。

1.8 材料管理

1.8.1 不能因为本标准中收录着用于酸性环境的材料,就理解为暗示着符合本标准要求的材料在酸性环境的任何工况下都具有抗硫化应力裂纹的特性。不合理的设计、生产、安装或材料管理都会使原本抗硫化应力裂纹的材料变成对硫化应力裂纹敏感的材料。

1.9 确定预期的操作工况并规定什么时候应用本标准是用户的责任。本标准中包括了给定零部件可能会用到的各种材料。用户可根据操作工况,包括压力、温度、腐蚀性、介质特性等选择特定的材料。例如在选择螺栓部件材料时,起选择作用的是压力额定值。可由用户规定:(1)制造厂按照本标准选用材料;或(2)由制造厂根据本标准选择推荐材料,由用户认可。

1.10 对本标准中的材料增加了新的限制条件,或从本标准中删除了某些材料时,在标准变更时已在使用中的、符合修改之前的标准的材料,且其周围环境中没有出现过 H₂S 加剧的环境裂纹失效情况,那么此材料是符合本标准的。但,在更换此材料时,为了与本标准相一致,替代材料必须是更换时已列于本标准之中的材料。

表 1 试验级别的描述

		I	II	III	IV	V	VI	VII
环境 条件	温度	25±3°C (77±5°F)	25±3°C (77±5°F)	25±3°C (77±5°F)	90±5°C (194±9°F)	150±5°C (302±9°F)	175±5°C (347±9°F)	205±5°C (401±9°F)
	CO ₂ 最低含量	无	无	无	0.7MPa abs (100psia)	1.4MPa abs (200psia)	3.5MPa abs (500psia)	3.5MPa abs (500psia)
	H ₂ S 最低含量	(记录)	TM0177	TM0177	0.003MPa abs (0.4 psia)	0.7MPa abs (100psia)	3.5MPa abs (500psia)	3.5MPa abs (500psia)
	NaCl 最低含量	(记录)	TM0177	TM0177	150,000mg/L	150,000mg/L	200,000mg/L	250,000mg/L
	pH	(记录)	TM0177	TM0177	(记录)	(记录)	(记录)	(记录)
	其他	(记录)	无	与钢相接	(记录)	(记录)	(记录)	(记录)
试验方法		(记录)	记录 TM0177 的方法	记录 TM0177 的方法	(记录)	(记录)	(记录)	(记录)
材料类型和状态		描述——化学成分, UNS 编号, 工艺过程						
材料性能		描述——屈服强度, 拉伸强度, 延伸率%, 硬度						
应力值和结果		描述——试验应力值, 塑性变形等, 试验结果						

表 2 试验数据

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果

每标准立方米 H₂S 的毫克数(16°C, 1 个大气压)

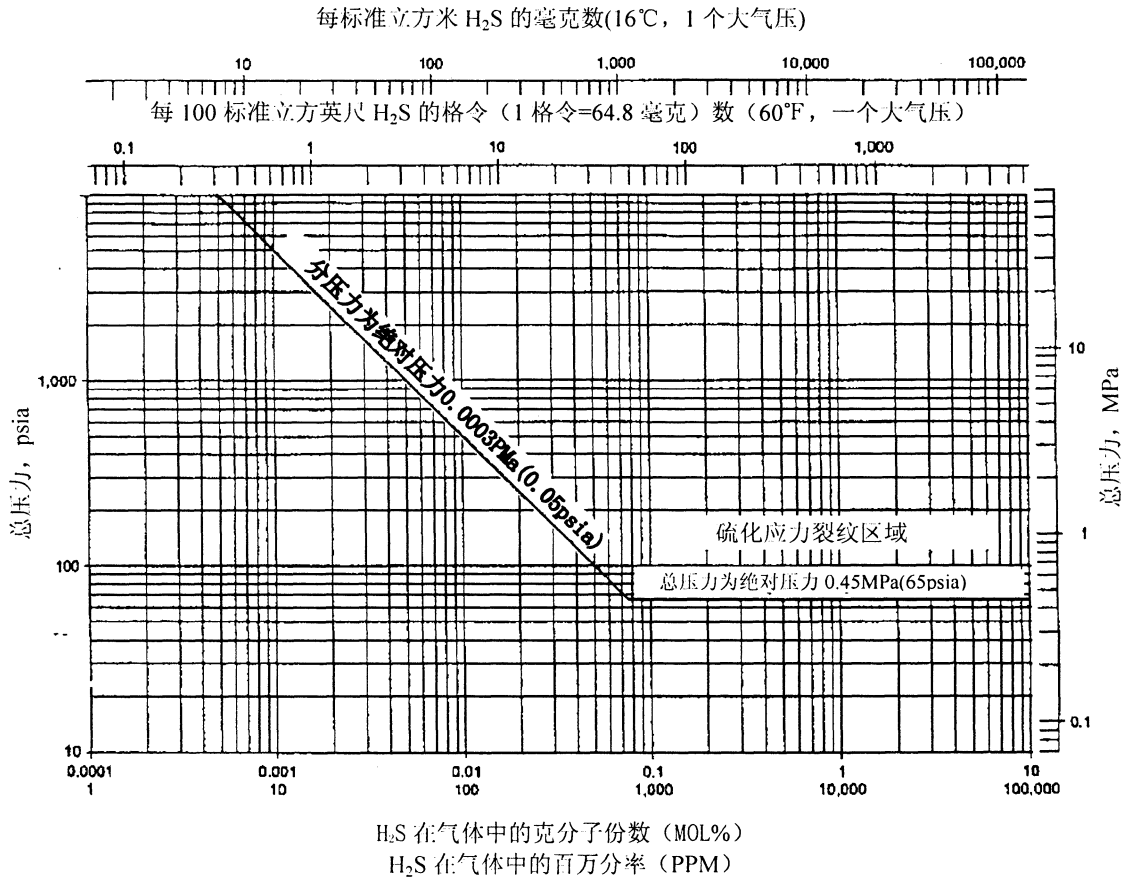


图 1 酸性气体系统 (见 1.3.1.1)

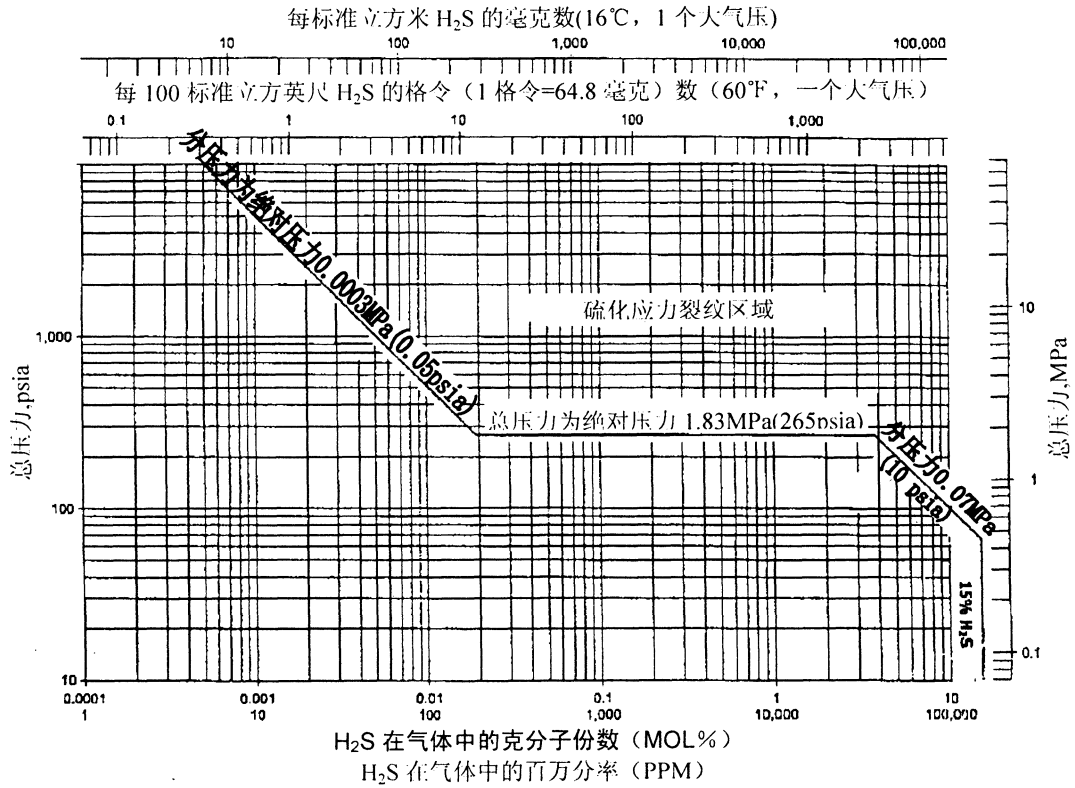


图 2 酸性多相系统 (见 1.3.1.1)

转换系数: 绝对压力 1 MPa = 145.089 psia

2 章 定义

时效硬化 (Age Hardening): 通常在快速冷却或冷作之后, 通过时效处理实现的硬化。

时效 (Aging): 金属学特性的变化过程, 通常在室温变化缓慢 (自然时效) 和较高温度下变化较快 (人工时效)。

退火 (Annealing): 将特定材料加热至某一温度并保温, 然后以适宜的速度冷却。目的是降低硬度、改善机械加工性能或获得所希望的材料特性 (参见固溶热处理)。

奥氏体 (Austenite): 铁基金属的面心立方晶格结构。

奥氏体钢 (Austenitic Steel): 常温微观组织主要为奥氏体的钢。

奥氏体化 (Austenitizing): 将铁基金属加热至相变温度 (局部奥氏体化) 或加热至相变温度以上 (完全奥氏体化), 从而形成奥氏体的过程。

自增强法 (Autofrattage): 通过施加或释放使零件的内径或通道附近的金属产生塑性变形的内压, 而使厚壁件内部产生残余压缩应力的一种技术。

防喷器 (BOP): 在钻探操作过程中, 用于控制井口介质和钻井介质的承压装置。

钎焊 (Brazing): 在金属之间熔化一薄层 (毛细管厚度) 低熔点的非铁基填充金属, 从而实现金属联接。

布氏硬度 (HRB): 按 ASTM E10⁷ 的规定, 用一个直径为 10mm 的硬化钢 (或硬质合金) 钢球, 及额定负载 3000kg 测得的硬度值。

抛光 (Burnishing): 将一种材料与其他坚硬的材料 (如硬化钢钢球) 通过摩擦接触获得光滑表面。

碳钢 (Carbon Steel): 含碳量小于或等于 2%, 含锰量小于或等于 1.65% 和余下的是其他元素的铁碳合金, 除有意添加的一定数量的脱氧元素 (通常为硅和/或铝) 外。石油工业用的碳钢含碳量一般低于 0.8%。

表面硬化 (Case Hardening): 为使铁基合金的外部或表面硬度远远大于其内部或中心的硬度, 而采取的淬硬工艺。典型的表面硬化工艺有渗碳硬化、氰化、碳氮共渗、氮化、感应淬火和火焰淬火。

铸件 (Cast Component 或 Casting): 通过将熔融金属倒入型腔内凝固而获得的或接近其成品形状的金属。

铸铁 (Cast Iron): 含碳量约为 2%~4% 的铁碳合金。铸铁可分为:

- (1) 灰铸铁: 由于片状石墨的存在而使断口呈灰色的铸铁。
- (2) 白口铁: 由于渗碳体 (Fe_3C) 的存在而使断口呈白色的铸铁。
- (3) 可锻铸铁: 白口铁经热处理后, 大部分或全部的渗碳体转化成石墨 (二次石墨) 的铸铁。
- (4) 球墨铸铁: 向熔融状态的铸铁中加入球化元素 (通常用锰或铈) 使石墨球化了的铸铁。
- (5) 奥氏体铸铁: 加入足够数量的镍以生成奥氏体显微组织的铸铁。

碳化钨硬质合金 (Cemented Tungsten Carbide): 将碳化钨和以钴或镍为主的合金粘结剂进行压制或烧结制成的整料碳化钨合金。

氯应力腐蚀裂纹 (Chloride Stress Corrosion Cracking): 在拉伸应力以及因水和氯化物存在而产生的腐蚀的复合作用下, 形成的裂纹失效。

冷变形 (Cold Deforming): 见冷作。

冷成形 (Cold Forming): 见冷作。

冷拔 (Cold Reducing): 见冷作。

冷作 (Cold Working): 在能诱发应变硬化的温度和应变值下, 使金属产生塑性变形。冷作通常在室温下进行, 但未必一定要在室温下进行。冷作与热作相对而言。

两次回火 (Double Tempering): 钢在正火或淬硬后进行的两次完整的回火处理 (在每次回火后冷却至适当温度), 第二次回火温度应等于或低于第一次回火温度。目的是使第一次回火形成的马氏体全部回火。

双相 (奥氏体/铁素体) 不锈钢 (Duplex (Austenitic/Ferritic) Stainless Steel): 在室温下, 这种不锈钢的显微结构主要由奥氏体和铁素体混合而成。

弹性极限 (Elastic Limit): 当一种材料所承受的应力完全消除后, 不会产生永久形变的最大应力。

铁素体 (Ferrite): 铁基合金的体心立方晶格结构。

铁素体钢 (Ferritic Steel): 室温下的显微结构主要是铁素体的钢。

铁基金属 (Ferrous metal): 主要成分为铁的金属。

高速易切削钢 (Free-Machining Steel): 为改善钢的机械加工性能, 而有意添加硫、硒或铅这类元素的钢。

硬度 (Hardness): 金属的抗塑性变形的能力, 通常以压痕进行度量。

热处理 (Heat Treatment): 为了获得理想的金属性能而加热和冷却固体金属或合金的工艺。单纯为热作而进行的加热过程不认为是热处理过程。(参见固溶热处理)。

热影响区 (Heat-Affected Zone(HAZ)): 在钎焊、切削或焊接过程中基体金属部分虽没熔化, 但其显微结构和材料特性却因操作过程中所产生的热而发生了变化了的区域。

热轧 (Hot Rolling): 金属通过冲模或轧制获得理想形状的热作过程。

热作 (Hot Working): 在能同时产生变形和再结晶的温度和应变值下使金属产生塑性变形, 从而避免了应变硬化。

低合金钢 (Low-Alloy Steel): 合金元素的总量低于 5%, 但高于规定的碳钢合金含量的钢。

下临界温度 (Lower Critical Temperature): 铁基金属在加热过程中奥氏体开始形成时的温度或在冷却过程中奥氏体转化完成时的温度。

制造厂 (Manufacturer): 从事零部件生产或装配的部分或全过程的商号或法人。例如, 管件制造厂。

马氏体 (Martensite): 铁中碳的过饱和固溶体, 以显微针状结构为特征。

马氏体钢 (Martensitic Steel): 用足够快的冷却速度淬火以防止形成其它显微结构, 而获得的马氏体显微结构的钢。

显微结构 (Microstructure): 将制备好的试样放在显微镜下观察到的金属结构。

氮化 (Nitriding): 将氮导入金属材料表面 (通常为铁基金属) 的一种硬化工艺。典型工艺包括, 但不仅限于液态氮化、气体氮化和离子或等离子氮化。

非铁基金属 (Nonferrous Metal): 主要成分不是铁的金属。

正火 (Normalizing): 将铁基金属加热至奥氏体相变温度以上, 保温适当的时间, 然后在静止的空气中或保护气体中冷却至远低于奥氏体相变温度。

分压力 (Partial Pressure): 理想状态下, 在相同的温度下, 混合气体中的一种气体单独

存在于容纳全部的混合气体的空间时所产生的压力。每种气体的分压力等于总压力乘以其在混合气体中的克分子份数。对于理想气体，每种气体的克分子份数等于其所占有的体积份数。

塑性变形 (Plastic Deformation): 受到超过弹性极限应力的作用而产生的永久变形。

焊后热处理 (Postweld Heat Treatment): 加热和冷却焊接件以获得理想性能的工艺。

沉淀硬化 (Precipitation Hardening): 先奥氏体化铁基金属，然后以足够快的速度冷却以使部分或全部的奥氏体相转化成马氏体相的硬化过程。

承压件 (Pressure-Containing Parts): 当该种零件因失效而无法达到其预期的功能时，会使其内截留的介质泄放到大气中。例如阀体、阀盖和阀杆。

调质 (淬火加回火) (Quench and Temper): 淬硬后回火处理。

再结晶温度 (Recrystallization temperature): 在规定的时间内，使冷作的金属中形成新的无应变结构的最低温度。

残余应力 (Residual Stress): 在消除外力或温度梯度后，存在于零件中的应力。

洛氏硬度 (Rockwell C Hardness) (HRC): 用锥体金刚石压头，和 150kg 的载荷，按 ASTM E18⁸ 的规定所测得的硬度值。

喷丸 (Shot Peening): 在控制条件下，用选定的介质（通常为圆形钢丸）喷射材料，使其表面层产生压缩应力。

泥浆泵 (Slush Pump): 该泵通常用于将钻井介质通过钻探杆泵入所钻孔的柱面，最后泵送到工作面的循环运作，以清除钻屑并保持静压头。

固溶体 (Solid Solution): 含有两个或多个元素的单晶体相。

固溶热处理 (Solution Heat Treatment) (Solution Anneal): 将金属加热到适当温度，保温足够长的时间，以使一种或多种成分进入固溶体中，最后以足够快的速度冷却以使这些成分保留在固溶体中。

酸性环境 (Sour Environment): 见 1.3。

不锈钢 (Stainless Steel): 铬的含量大于或等于 10.5% 的钢。可以添加的其他元素以获得钢的特殊性能。

气体的标准立方英尺 (Standard Cubic Foot of Gas): 在绝对压力为一标准大气压或 0.10133MPa (14.696psia) 以及 15°C (59°F) 条件下，充满 1 立方英尺容积的气体量。

应力腐蚀裂纹 (Stress Corrosion Cracking) (SCC): 由腐蚀和拉伸应力（残余应力或外加应力）共同作用使金属产生的裂纹。

高温去应力 (Stress Relieving (Thermal)): 将金属加热到适当温度，长时间保温以消除残余应力，然后缓慢冷却以减少新的残余应力生成。

硫化应力裂纹 (SSC): 存在水和 H₂S 的情况下，腐蚀和拉伸应力的共同作用产生的裂纹会使金属脆性断裂。见 1.1 关于起皮的介绍。

表面硬化 (Surface Hardening): 见表面硬化。

回火 (Tempering): 热处理中，将被淬硬的钢或铸铁重新加热至下临界温度以下的某一温度，以降低硬度并增加韧性。此工艺有时也适用于正火后的钢。

拉伸强度 (Tensile Strength): 拉伸试验中，最大载荷与原始横截面面积的比值（见 ASTM A370⁹），也称之为极限强度 (Ultimate strength)。

拉伸应力 (Tensile Stress): 所有合应力——轴向或纵向，周边或环向和残余应力中的净拉伸分应力。

相变区 (Transformation Ranges): 是指钢在加热过程中形成奥氏体以及在冷却过程中发生奥氏体的转换的温度区域。此两个温度区域是有差别的, 有时会交迭, 但决不会重合。

管状零件 (Tubular component): 带有纵向长孔的柱状件 (管子), 钻探/生产操作中用于传输介质。

焊接 (Welding): 通过加热和/或加压 (用或不用填充金属) 使两个或多个基体金属局部熔化, 熔合在一起, 然后跨越凝固, 从而联结两个或更多个金属件。

焊接部分 (Weldment): 在零件上进行了焊接操作的那部分, 一个焊接部分包括焊缝金属, 热影响区 (HAZ) 和基体金属。

焊缝金属 (Weld Metal): 在焊接件上焊接时熔化的那部分金属。

锻制 (Wrought): 通常在高温条件下, 通过加工 (轧制、挤压、锻造等) 将固态金属制成理想的形状。

屈服强度 (Yield Strength): 当应变随应力的变化偏离原比例, 呈现一种特定变化时的应力值。此种变化用应变来表示, 可以用偏移量的方式 (通常是 0.2% 的应变), 或用加载总伸长法 (通常是 0.5% 的应变) 来表示。(参见 ASTM A370)。

***沉淀硬化 (Precipitation Hardening):** 由过饱和固溶体中的一个成分的沉淀而形成的硬化。

***淬硬 (Quench Hardening):** 先奥氏体化铁基金属, 然后以足够快的速度冷却以使部分或全部的奥氏体转化成马氏体相的硬化过程。

* (原文没有列入“淬硬”这一项, 而对“沉淀硬化”一项的定义有误 (应是淬硬的定义)。翻译中补上“淬硬”这一项, 改正了对“沉淀硬化”一项的定义。——译者)

第3章 铁基金属

3.1 概述

裸露于酸性环境中的铁基金属必须满足本章的要求。对一些耐腐蚀合金（CRA）材料来说，环境（H₂S 的分压力、含硫量、含铬量和温度）和/或机械强度限制，并不意味着这些材料不具备抗应力腐蚀裂纹的能力和也并不意味着对同类的其他材料没有此种限制。

多数铁基金属对硫化应力裂纹（SSC）的敏感性极大地受热处理、冷作或受两者共同的影响。下面章节介绍了已经找到的为特定材料提供认可的抗硫化应力裂纹（SSC）性能的热处理工艺。

3.2 碳钢和低合金钢

3.2.1 最高硬度为 22HRC 的所有碳钢和低合金钢都可以选用，条件是（1）含镍量低于 1%，（2）符合 3.2.2，3.3 和第 5 章的要求，和（3）采用以下热处理条件之一：

- (a) 热轧（仅适用于碳钢）；
- (b) 退火；
- (c) 正火；
- (d) 正火和回火；
- (e) 正火、奥氏体化、淬火和回火；或
- (f) 奥氏体化、淬火和回火。

3.2.1.1 按 ASTM A105¹⁰ 制成的锻件，如果其是高硬度不超过 187HRB，也可以选用。

3.2.1.2 验收标准：硬度高于 22HRC 的锻制碳钢和低合金钢件也不例外，必须满足录入本标准之前进行的投票表决的最低标准要求。这些验收的最低标准是 MR0175 收录材料的必要条件，但不是任何情况下的充分条件。

（1） 候选钢必须按 NACE TM0177 中规定的试验程序进行试验。符合 NACE TM0177 规定的拉伸试棒、C 形圈、弯梁和双悬梁可作为试验用的试样。可以选用其中任何形式的试样。

（2） 从三个不同熔炉制备的商品钢中，每炉至少取三个试样按 MR 0175 材料收录要求的投票条件（热处理）进行试验。每炉的化学成分及其热处理记录要做为投票表决的一项内容提交。MR 0175 材料收录所要求的候选钢化学成分范围和/或 UNS 编号及热处理条件都必须包含在投票内容中。

（3） 必须确定和报告各试样的洛氏硬度并作为投票的一项内容汇报。各试样的平均硬度作为该试样的硬度值。测得的给定熔炉/条件的最小试样硬度作为该批熔炉/条件下的硬度值以供投票用。MR0175 中收录候选材料所要求的最大硬度必须在投票内容中明确，并提供支持数据。

（4） 此外，为了使材料/条件可被接受，要求对试验的每炉商品钢，要提供所有试验的应力强度值等（按相应的试验方法），并作为投票的一项内容提交。

3.2.2 经轧制、冷拔或其他冷加工工艺成形的金属，当其外部形状超过 5% 的永久变形时，必须高温消除应力。高温消除应力应按 ASME¹¹ 第 VIII 章，第 1 部分的规定进行，除非最低去应力温度为 595°C（1100°F）。部件的最大硬度为 22HRC。

3.2.2.1 以上要求不适用于表 5 列出的管件或按相应规范进行压力试验时的冷作管件。只有当 API 规范中许可，才可选用冷作的旋转拉管。若冷变形小于或等于 15%，且变形部分的硬度不超过 190HRB 时，也可选用经冷作的、符合 ASTM A53¹²B 级、ASTM A106¹³B 级、

API 5L¹⁴ 的 X-42 级或具有相似化学成份的低强度管件。

3.3 高速易切削钢

3.3.1 不准使用高速易切削钢。

3.4 铸铁

3.4.1 灰口铁、奥氏体铸铁和白口铁不适于做承压件。在买方同意使用的前提下，可将这类材料用于与 API 和其他适当标准有关的内部零件上。

3.4.2 当 API、ANSI 和/或其他工业标准中准许使用时，在设备上可以选用符合 ASTM A395¹⁵ 标准的铁素体球墨铸铁。

3.5 奥氏体不锈钢⁽¹⁰⁾

3.5.1 与表 3 规定的标准化学成份相符的奥氏体不锈钢，无论是锻造还是铸造结构，经退火后最大硬度为 22HRC，若不再有为强化其机械性能而设计的冷作工艺时，可以选用。

3.5.2 编号为 UNS S20910 的奥氏体不锈钢，经退火或热轧（热/冷作）后，最大硬度为 35HRC，倘若接下来不再有为强化其机械强度而设计的冷作工艺，也可选用。

3.5.3 编号为 UNS S08020 的奥氏体不锈钢，经退火或冷作后，最大硬度为 32HRC，可以选用。

3.5.4 符合 ASTM A351¹⁶，A743¹⁷，或 A744¹⁸ 要求的 CN7M 铸件，在下列条件下可以选用于非井下用途（无工业标准说明这些熔炼和铸造要求）：

(1) 在最低温度 1121°C(2050°F) 下进行固溶退火，或在最低温度 1121°C(2050°F) 下进行固溶退火，并用 AWS E320LR 或 ER320LR 材料进行焊接；

(2) 该铸件必须是经亚氧脱碳精炼炉（AOD 炉）熔炼，或二次亚氧脱碳精炼而成，除非熔融后再在 AOD 炉中精炼，否则禁止使用废料，如车削下脚、金属屑和回收材料；

(3) 应进一步限制 ASTM A351、A743 或 A744 中给出的 CN7M 铸件的化学成份：最大含碳量为 0.03%，最大含硅量为 1.00%，3%~3.5% 的铜，最大含硫量为 0.015%，最大含磷量为 0.030% 和最大含铝量为 0.05%；并且

(4) 最大硬度值为 22HRC。

3.5.5 可以选用经退火或冷作的，最高硬度值为 35HRC 的锻制奥氏体不锈钢 UNS S31254。

3.5.6 只有当：温度高达 150°C (302°F) 的酸性环境中无自由状态的硫元素存在，盐度低于 5000mg/L，且 H₂S 的分压力不超过 310kPa (45psi) 时，才可选用经固溶退火和冷作加工的、最高硬度为 35HRC 的奥氏体不锈钢 UNS N08367。

3.5.7 若使用环境的温度低于 170°C (338°F)，H₂S 的分压力不超过 100kPa (14.6psi 或 1 巴)，且不含硫元素时，可以选用经退火或经退火和冷作的、最高硬度为 34HRC 的锻制材料 UNS S32200。

3.5.8 经退火或冷作后最高硬度为 35HRC 的锻制材料 UNS N08926 可以用于 1.6.2 节表 1 中规定的 V 级试验环境。已经证明合金 UNS N08926 适用于温度高达 121°C (250°F)，氯浓度 60700mg/L (10%NaCl)，H₂S 的分压力为 0.7MPa(101.5psi)，CO₂ 的分压力为 1.4MPa(203psi) 的酸性环境中。

¹⁰某些环境中，该类材料会产生氯应力腐蚀裂纹。

3.5.9 符合 ASTM A351, A743, 或 A744 的 UNS J93254 (CK3MCuN) 铸件, 在经铸造、固溶热处理后最高硬度值为 100HRB 时, 可用于无硫的环境中。表 2 中的 II 级和 III 级试验的试验数据是投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果
II 级和 III 级	经固溶热处理的 UNS J93254 (CK3MCuN) 铸件,	屈服强度 (YS) 为 300~330MPa (43~48ksi) 极限拉伸强度 (UTS) 为 590~650MPa (86~94psi) 延伸率: 47%~54%	TM0177 方案, 180° U 形弯曲载荷值超过屈服强度, 耦接铁和不耦接铁	在 720 多个小时之内不失效
		屈服强度 (YS) 为 300~340MPa (43~50ksi) 极限拉伸强度 (UTS) 为 650~690MPa (94~100psi) 延伸率: 47%~48%	TM0177 拉伸, 达屈服强度的载荷, 与铁耦合和与铁耦合	在 720 多个小时之内不失效

3.5.10.1 经锻制、固溶热处理或固溶热处理和冷作后, 最高硬度为 35HRC 的 UNS N08367 可以用于无硫环境中。表 2 中的 II 级和 III 级试验的试验数据及修正的 V 级试验是投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法, 环境	试验结果
II 级和 III 级	经固溶热处理和固溶热处理加冷作的 UNS N08367	屈服强度 (YS) 为 1,300MPa (120ksi) 极限拉伸强度 (UTS) 为 1,400MPa (200psi) 延伸率: 11%~16%	TM0177 的方法 A, 加载至屈服强度的 90%, 耦接铁和不耦接铁	在 720 多个小时之内不失效
修正的 V 级		硬度 41~45 HRC	4 点弯梁, V 级修正: 10%NaCl, 121°C (302°F), 在 100%屈服强度下 H ₂ S 的绝对压力为 0.7MPa (100psi)	在 720 多个小时之内不失效

3.5.11 退火后、最高硬度值为 22HRC, 若不再有为强化机械性能而设计的冷作工艺的情况下, 可将锻制的 UNS S32654 用于无硫环境中。表 1 中 II 级和 III 级试验的试验数据为投票内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果
II	经锻制、退火处理的 UNS S32654	硬度高达 16.5HRC	4 点载荷, 0.9~1.0 倍的屈服强度, 5%NaCl +0.5%HAc, 室温、总压=pH ₂ S=100kPa(绝对压力)(14.5psia)	对 12 个试样进行了试验, 无裂纹
II	经锻制、退火处理、通过轧制方式实现 40%冷变形	硬度高达 42.5HRC	4 点载荷, 0.9~1.0 倍的屈服强度, 5%NaCl +0.5%HAc, 室温、总压=pH ₂ S=100kPa(绝对压力)(14.5psia)	对 12 个试样进行了试验, 无裂纹
III	经锻制、退火处理	硬度高达 16.5HRC	4 点载荷, 0.9~1.0 倍的屈服强度, 与碳钢连在一起, 5%NaCl +0.5%HAc, 室温、总压=pH ₂ S=100kPa(绝对压力)(14.5psia)	对 12 个试样进行了试验, 无裂纹
III	经锻制、退火处理、通过轧制方式实现 40%冷变形	硬度高达 42.5HRC	4 点载荷, 0.9~1.0 倍的屈服强度, 与碳钢耦合, 5%NaCl +0.5%HAc, 室温、总压=pH ₂ S=100kPa(绝对压力)(14.5psia)	对 12 个试样进行了试验, 无裂纹

3.5.12 经真空感应熔炼 (VIM) 或真空氧化脱氧 (VOD), 之后进行电渣冶炼 (ESR), 接下来对其进行固溶退火和冷作处理, 最高硬度达 38HRC 的锻制 UNS S31266 可用于相当于 1.6.2 节表 1 中的 V 级环境。表 2 的 I 级和 V 级试验的试验数据是投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	应力水平 (为实际屈服强度的%)	试验结果
I	经固溶退火和冷拔的 UNS S31266	41 HRC	TM0177 方法 A— 5%NaCl 0.5%乙酸 绝对压力为 0.1MPa (15psia) 的 H ₂ S 24°C (75°F)	100	720 小时不失效
I	固溶退火和冷拔	41 HRC	TM0177 方法 A— 5%NaCl 0.5%乙酸 绝对压力为 0.1MPa (15psia) 的 H ₂ S 24°C (75°F) 与钢连接	100	720 小时不失效
I	经固溶退火和通过拉伸变形进行冷作	37,36,35 HRC	TM0177 方法 A— 5%NaCl 0.5%乙酸 绝对压力为 0.1MPa (15psia) 的 H ₂ S 24°C (75°F)	100	720 小时不失效
I	经固溶退火和通过拉伸变形进行冷作	37,36,35 HRC	TM0177 方法 A— 5%NaCl 0.5%乙酸 绝对压力为 0.1MPa (15psia) 的 H ₂ S 24°C (75°F)	100	720 小时不失效
V	固溶退火和冷拔	41HRC	TM0177 方法 A— 15%NaCl 绝对压力为 0.7MPa (100psia) 的 H ₂ S 绝对压力为 1.4MPa (200psia) 的 CO ₂ 150°C (302□)	为 150°C (302□) 时的 90	720 小时不失效
V	经固溶退火和通过拉伸变形进行冷作	37,38HRC	TM0177 方法 A— 15%NaCl 绝对压力为 0.7MPa (100psia) 的 H ₂ S 绝对压力为 1.4MPa (200psia) 的 CO ₂ 150°C (302□)	为 150°C (302□) 时的 90	720 小时不失效
V ^(A) 修正	固溶退火和冷轧	38, 39HRC	4 点弯曲试验— 20%NaCl 绝对压力为 0.7MPa (100psia) 的 H ₂ S 绝对压力为 1.4MPa (200psia) 的 CO ₂ 150°C (302□)	为 150°C (302□) 时的 100	720 小时不失效

(A) 用浓度为 20%NaCl 而不标准 V 级试验用的 15%NaCl.

3.5.13 固溶退火后最高硬度为 29HRC, 的锻制 UNS S34565 可用于无硫元素的环境中。表 1 中 IV 级试验数据是投票表决的内容。III 级试验要与碳钢耦合完成试验。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	应力水平	试验结果
III	经锻制、固溶退火的 UNS S34565	最大 29 HRC	TM0177 方案 A, 室温, 方法 A	90%屈服强度	不失效
IV	经锻制、固溶退火的 UNS S34565	最大 29 HRC	TM0177, 表 1 中的 IV 级, 90°C (194°F), 方法 A	90%规定的最小屈服强度	不失效
IV	经锻制、固溶退火的 UNS S34565	最大 29 HRC	类似于 TM0198, 90°C (194°F),		不失效

3.6 铁素体不锈钢

3.6.1 可选用退火后最高硬度为 22HRC, 并且满足第 5 章有关规定的铁素体不锈钢。表 3 中列出了可选用的铁素体不锈钢清单。

3.7 马氏体不锈钢⁽¹¹⁾

3.7.1 表 3 列出的马氏体不锈钢, 无论是铸造的还是锻造的, 只要按 3.7.1.1 的规定进行了热处理并且满足第 5 章中的有关规定, 最高硬度为 22HRC 就可被选用。符合本标准要求的马氏体不锈钢正在某些酸性环境中, 提供着令人满意的现场使用效果。但, 这些材料在 NACE TM0177 中所展示的最低极限应力要低于本标准中其他材料。

3.7.1.1 热处理工艺规程 (三步工艺法)

- (1) 正火或奥氏体化和淬火。
- (2) 最低回火温度为 620°C (1150°F), 回火后冷却至室温。
- (3) 最低回火温度为 620°C (1150°F), 但低于首次回火温度; 回火后冷却至室温。

3.7.1.2 经冷变形 (见 3.2.2) 后的材料, 最低应在 620°C (1150°F) 温度下在热处理炉内去除应力以获得最大为 22HRC 的硬度。

3.7.2 低碳马氏体不锈钢

3.7.2.1 符合 ASTM A487¹⁹ CA6NM 和 UNS S42400 化学成份要求的铸造和锻造低碳马氏体不锈钢, 按 3.7.2.1.1⁽¹²⁾ 节要求进行热处理, 最高硬度为 23HRC 的可以选用。

3.7.2.1.1 热处理工艺规程 (三步工艺法)

- (1) 在最低 1010°C (1850°F) 下进行奥氏体化, 然后空冷或油淬至室温。
- (2) 在 648~690°C (1200~1275°F) 范围内进行回火, 然后空冷至室温。
- (3) 在 593~620°C (1100~1150°F) 范围内进行回火, 然后空冷至室温。

¹¹ 阀门制造厂通常不用这些材料制作用于酸性介质的阀杆或其他承受高应力的部件。

¹² ASTM E140 中表列的硬度关系不适用于 CA6NM 或 UNS S42400。当所测硬度为布氏硬度时, 允许的最大布氏硬度值为 255BHN, 根据经验, 这类合金硬度值相当于 23HRC。

3.7.2.2 锻制的低碳马氏体不锈钢 UNS S41425 在经奥氏体化、淬火和回火后，最高硬度达 28HRC，可用于无硫元素的环境中。表 1 中的 I 级试验数据是投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	应力值	试验结果
I	锻造、淬火和回火的 UNS S41425	29,27,28 HRC	TM0177 方案 A 除了绝对压力为 0.010MPa (1.5psia) 的 H ₂ S pH 3.5 室温 方法 A 不与钢耦合	最小规定屈服强度的 80%	不失效
I	锻造、淬火和回火	29, 27, 28, 29 HRC	0.0030MPa (0.45 psia) 的 H ₂ S 0.7MPa (101psia) 的 CO ₂ NaCl 15% 温度 90°C (194°F)	最小规定屈服强度的 80% 和 90%	不失效
I	锻造、淬火和回火	29,27,28,HRC	0.010MPa (1.5 psia) 的 H ₂ S 20MPa (450psia) 的 CO ₂ NaCl 5% 温度 175°C (348°F)	最小规定屈服强度的 80% 和 90%	不失效

3.8 沉淀硬化型不锈钢⁽¹⁰⁾

3.8.1 锻造的 UNS S17400 沉淀硬化型马氏体不锈钢，如果该钢按 3.8.1.1 或 3.8.1.2 节的规定进行了热处理，且其最高硬度为 33HRC，可以被选用。符合本标准要求的沉淀硬化型马氏体不锈钢在某些酸性环境提供着令人满意的使用。但，这些材料在 NACE TM0177 中所显示的最低极限应力要低于本标准中其他材料的最低极限应力。

3.8.1.1 在 620°C (1,150°F) 双重时效

(1) 在 1,040°C ± 14°C (1,900°F ± 25°F) 温度下进行固溶退火，然后空冷或用适宜的液体淬火至 32°C (90°F) 以下。

(2) 在 620°C ± 14°C (1,150°F ± 25°F) 下至少硬化 4 小时然后空冷。

(3) 在二次沉淀硬化阶段到来之前，先将金属材料的温度降至 32°C (90°F) 以下。

(4) 在 620°C ± 14°C (1,150°F ± 25°F) 下至少硬化 4 小时然后空冷。

3.8.1.2 热处理工艺规程 (三步工艺法)

(1) 在 1,040°C ± 14°C (1,900°F ± 25°F) 温度下进行固溶退火，然后空冷，或用适宜的液体淬火至 32°C (90°F) 以下。

(2) 在 760°C ± 14°C (1,400°F ± 25°F) 下至少硬化 2 小时然后空冷，在二次沉淀硬化之前将温度冷却至 32°C (90°F) 以下。

(3) 在 620°C ± 14°C (1,150°F ± 25°F) 沉淀硬化至少 4 小时然后空冷。

3.8.2 化学成份符合 UNS S66286 的沉淀硬化型奥氏体不锈钢，在经固溶退火和时效处理或经固溶退火和双重时效处理后，其最高硬度达 35HRC，可以被选用。

3.8.3 锻造的 NS S45000 沉淀硬化型马氏体不锈钢，若按 3.8.3.1 节的工艺规程进行了热处理后，其最高硬度为 31HRC 时，可以选用。

3.8.3.1 热处理工艺规程 (二步工艺法)

(1) 固溶退火。

(2) 在 620°C (1,150°F) 下沉淀硬化至少 4 小时。

3.9 双相不锈钢

3.9.1 表 3 中列出的锻造双相不锈钢 (奥氏体的/铁素体的)，在经固溶退火后其最高硬度为 28HRC 时，可以选用。

3.9.2 法国国家标准 NF A320-55²⁰ 中的 Z 6 CNDU 28.08 M 的铸造双相不锈钢 (奥氏体的/铁素

体的), 若其铁素体含量为 25%~40%, 经退火和淬火后其最高硬度为 17HRC, 则可以选择。退火温度应为 $1,150^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ($2,100^{\circ}\text{F} \pm 20^{\circ}\text{F}$), 并且随后应快速淬火以免析出 σ 相。

3.9.3 锻造的双相不锈钢 UNS S32404 (含氮量为 0.1%~0.2%), 经固溶退火后, 其最高硬度为 20HRC, 可以被选用。

3.9.4 若 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.002MPa (0.3psia), 则经固溶退火和冷作后硬度不超过 36HRC, 屈服强度不高于 1,100MPa (160ksi) 的 UNS S31803 可以用于温度高达 232°C (450°F) 的酸性环境中。

3.9.5 若 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.01MPa (1.5psia), 则经固溶退火后硬度最高达 32HRC 的锻造双相不锈钢 UNS S32750 可以用于温度高达 232°C (450°F) 的酸性环境中。

3.9.6 若 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.020MPa (3.0psia), 则经固溶退火和冷作后, 最高硬度达 34HRC 的锻造双相不锈钢 UNS S32760 可用于氯离子含量高达 120,000mg/L 的酸性环境中。如果氯离子的浓度总是低于 15,000mg/L、水中的 pH 值总是大于 5.6、且 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.10MPa (15psia) 时, 可以选择此钢。

3.9.7 若 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.020MPa (3.0psi), 则经固溶退火和淬火后, 最高硬度值达 24HRC 的铸造双相不锈钢 UNS J93380 可用于氯离子含量高达 120,000mg/L 的酸性环境中。如果氯离子的浓度总是低于 15,000mg/L、水中的 pH 值总是大于 5.6、且 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.10MPa (15psia) 时, 可以选择此钢。

3.9.8 若环境中 H_2S 的分压力不超过 7Kpa (1.0psi) 且不含硫元素, 则经固溶退火和冷作后, 屈服强度不高于 1,100MPa (160ksi), 硬度不超过 36HRC 的锻造 UNS S31260 可用于温度高达 232°C (450°F) 的酸性环境中。

3.9.9 若环境中无硫元素且 H_2S 的分压力不超过 10Kpa (1.5psi), 则经固溶退火和冷作后, 屈服强度不高于 1,100MPa (160ksi), 硬度不超过 36HRC 的锻造 UNS S39274 可用于温度高达 232°C (450°F) 酸性环境中。

3.9.10 铸造双相不锈钢 UNS J93404 在经固溶退火和淬火后, 最高硬度值达 265HRB, 可用于 H_2S 的分压力最高为绝对压力 10kPa (1.5psi)、最高温度为 110°C (230°F) 的环境中。

3.9.11 若 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.020MPa (3.0psi), 则经固溶退火后, 最高硬度达 28HRC 的锻造双相不锈钢 UNS S39277 可以用于无硫元素, 且氯离子含量高达 91,000mg/L 的酸性环境中。如果水中的 pH 值总是大于 4.5、 H_2S 的分压力不超过绝对压力 0.070MPa (10psi), 则该材料可用于含氯离子高达 91,000mg/L 的酸性环境中。

第4章 非铁基金属^(13,14,15)

4.1 概述

本章提到的非铁基金属在同时满足本标准规定的工况和硬度要求的条件下可以用于酸性环境。对一些耐腐蚀合金(CRA)材料的周围环境(H_2S 分压力, 硫的含量, 氯的含量和温度)和/或机械强度的限制不意味着这些合金材料不具有抗应力腐蚀裂纹能力, 也不意味着对同类的其他材料没有这些限制。参见表4。

4.1.1 镍铜合金

4.1.1.1 可以选用最高硬度为 35HRC 的 UNS N04400, ASTM A494²¹ 牌号为 M-35-1 和 M-35-2 以及 UNS N04405 合金。

4.1.1.2 具有以下三种条件之一, 且最高硬度为 35HRC 的 UNS N05500 合金可以被选用:

- (1) 经热作和时效硬化处理;
- (2) 经固溶退火; 以及
- (3) 经固溶退火和时效硬化处理。

4.1.2 镍铁铬合金

4.1.2.1 可以选用最高硬度为 35HRC 的 UNS N08800。

4.1.3 镍铁铬钼合金

4.1.3.1 可以选用最高硬度为 35HRC 的 UNS N08825, UNS N06007, 锻造的 UNS N06250, 锻造的 UNS N06255 和锻造的 UNS N06975 合金。可以选用最高硬度为 38HRC 的 UNS N06950 合金和最高硬度为 39HRC 的 UNS N06985 合金。

4.1.3.2 具有以下五种条件之一的 UNS N09925 可以被选用:

- (1) 冷作后, 最高硬度达 35HRC;
- (2) 固溶退火后, 最高硬度达 35HRC;
- (3) 固溶退火和时效后, 最高硬度达 38HRC;
- (4) 冷作和时效后, 最高硬度达 40HRC;
- (5) 热作和时效后, 最高硬度达 40HRC。

4.1.3.2.1 经固溶退火和时效处理后, 最高硬度达 35HRC 铸造的 UNS N09925 可用于无硫元素的环境中。

4.1.3.3 可选用最高硬度达 32HRC 的 UNS N08024。

4.1.3.4 可选用经固溶退火和冷作后, 最高硬度达 33HRC 的 UNS N08028 可。

4.1.3.5 可选用经固溶退火或经固溶退火和冷作的, 最高硬度达 41HRC 的镍铁铬钼钨合金 UNS N06030。

4.1.3.6 可选用经固溶退火, 固溶退火和时效或直接时效的, 最高硬度达 40HRC 的 UNS N07048。

4.1.3.7 经固溶退火和时效后, 最高硬度达 40HRC 的锻造 UNS N07773 可用于无硫的酸性环境中, 以及最高温度为 149°C (300°F) 的含硫元素的酸性环境中。

4.1.3.8 经固溶退火和时效后, 最高硬度达 40HRC 的锻造 UNS N09777 可用于无硫的酸性环境中, 以及最高温度为 121°C (250°F) 的含硫元素的酸性环境中。

4.1.3.9 可以选用经固溶退火和冷作后, 最高硬度达 35HRC 的 UNS N08535。

4.1.3.10 经固溶退火或固溶退火加冷作后, 最高硬度达 31HRC 的锻造 UNS N08042 可以用于无硫元素的酸性环境中。

4.1.3.11 经固溶退火或固溶退火加冷作后, 最高硬度达 35HRC 的 UNS N06952 可以用于无硫元

¹³ 非铁基金属在承受高应力和裸露于酸性环境中或一些油井增产酸时, 无论有还是没有缓蚀剂都可能会产生硫化应力裂纹而失效。

¹⁴ 某些非铁基金属在锻造工况时会因冷作强化或受横向应力的作用而对氢脆敏感失效。

¹⁵ 使用中的塑性变形会增加非铁基金属的硫化应力裂纹的敏感性。

素的酸性环境中。

4.1.3.12 经固溶退火和随后的热稳定退火后,最高硬度达 87HRB 的铸造 UNS N08826 可以用于无硫元素的酸性环境中。最高硬度达 87HRB 的铸造 UNS N08826, 可以用于最高温度为 121°C (250°F) 的含硫元素的酸性环境中。

4.1.3.13 经固溶退火或固溶退火加冷作后,最高硬度达 27HRC 的锻造 UNS N08032 可以用于 150°C (302°F) 以下的无硫元素的环境中。

4.1.3.14 经冷作后,最高硬度达 35HRC 的锻造 UNS N08031 可以用于最大 H₂S 分压力为 3.45MPa (500psi) 的无硫元素的环境中。表 1 的试验数据, VI 级试验是投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	应力大小	试验结果
II	冷作过的锻造 UNS N08031	36,37,36 HRC	TM0177 方案 A 室温, 方法 A	100%屈服强度	不失效
III	冷作过的锻造 UNS N08031	36,37,36 HRC	TM0177 方案 A 室温, 方法 A	100%屈服强度	不失效
V	冷作过的锻造 UNS N08031	36,37,36 HRC	MR 0175, 表 1 V 级, 150°C (300°F)	100%屈服强度	不失效
VI	冷作过的锻造 UNS N08031	36,37,36 HRC	MR 0175, 表 1 VI 级, 175°C (347°F)	100%屈服强度	不失效

4.1.3.15 根据 1.6.2 节表 1, VI 级试验, 经固溶退火和时效后, 最高硬度达 35HRC 的锻造 UNS N07924 可以用于温度高达 175°C (347°F) 的无硫环境中。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果
II 和 III	经固溶退火和时效处理的锻造 UNS N07924	35~36HRC 屈服强度: 740~780MPa (106~112 ksi) 极限拉伸强度: 1,180~1,220MPa (171~176 ksi) 延伸率 4d: 34% 断面收缩率 (RA)%: 47~49	TM0177 方案 A (拉伸), 加载至 100% 的屈服强度, 室温, 与铁耦合及不与铁耦合	720 小时以上不失效
VI	相同材料	相同材料	MR0175, 表 1 的 VI 级, 对 175°C (347°F) 酸性油田环境中做硫化应力裂纹的缓慢变形率试验, NACE TM0198 标准延时效率为 4 × 10 ⁻⁶ 秒 ⁻¹	无硫化应力裂纹 受损总时间/空气中受损总时间: 0.93~1.03 延伸率/空气中的延伸率: 0.92~1.00 断面收缩率/空气中的断面收缩率: 0.75~0.84

→ 4.1.3.16 经退火或退火和冷作后, 最高硬度达 35HRC 的锻造 UNS R20033 可用于无硫元素的酸性环境中。表 1 中的 II 级、III 级和 IV 级试验的试验数据为投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	应力大小	试验结果
II	冷作过棒材 UNS N20033	40HRC	TM0177 方法 A, 方案 A, 室温	100%屈服强度	不失效
III	冷作过棒材 UNS N20033	40HRC	TM0177 方法 A, 方案 A, 室温	100%屈服强度	不失效
V	冷作过棒材 UNS N20033	35HRC	TM0177 方法 A, MR0175, 表 1 的 IV 级, 90°C (194°F)	100%屈服强度	不失效

4.1.4 镍铬合金

4.1.4.1 可以选用最高硬度达 35HRC 的 UNS N06600。

4.1.4.2 具有以下四种条件之一, 且最高硬度达 35HRC 的 UNS N07750 可以被选用:

- (1) 经固溶退火和时效;
- (2) 经固溶退火;
- (3) 经热作;
- (4) 经热作和时效。

4.1.5 镍铬钼合金

4.1.5.1 可以选用最高硬度达 35HRC 的 UNS N06022 和 UNS N06625。

4.1.5.2 可以选用经固溶退火或固溶退火加冷作后, 最高硬度达 35HRC 的 UNS N10002、UNS N10276、ASTM A494 CW-12MW 和 UNS N06059 合金。

4.1.5.2.1 可以选用经固溶退火或固溶退火加冷作后, 最高硬度达 40HRC 的锻造合金 UNS N06022 和 UNS N06686。

4.1.5.2.2 冷作后不进行时效, 最高硬度达 45HRC 的合金 UNS N10276 可用于 121°C (250°F) 以上的温度环境。

4.1.5.3 具有以下五种条件之一的锻造合金 UNS N07718 可以被选用:

- (1) 固溶退火后的最高硬度达 35HRC;
- (2) 热作后的最高硬度达 35HRC;
- (3) 热作和时效后的最高硬度达 35HRC;
- (4) 固溶退火和时效后的最高硬度达 40HRC; 以及
- (5) 铸造、固溶退火和时效后, 最高硬度达 40HRC。

4.1.5.4 具有以下两种条件之一的合金 UNS N07031 可以被选用:

- (1) 固溶退火后, 最高硬度达 35HRC; 和
- (2) 固溶退火和在 760°C~860°C (1,400°F~1,600°F) 时效至多 4 小时后, 最高硬度达 40HRC。

4.1.5.5 可以选用经退火或冷作后, 最高硬度达 40HRC 的 UNS N06110 和锻造 UNS N06060。

4.1.5.6 可以选用经固溶退火和时效后, 最高硬度达 40HRC 的 UNS N07716 和锻造 UNS N07725。

4.1.5.6.1 经固溶退火和时效处理, 最高硬度达 43HRC 的 UNS N07725 可用于无硫元素的环境中。表 2 中的 III 级和 VI 级的试验数据是投票表决的内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果
III	经固溶退火和时效处理的 UNS N07725	屈服强度: 1,030~1,100MPa (149~160 ksi) 极限拉伸强度: 1,350~1,390MPa (196~202 ksi) 延伸率: 23%~25% 断面收缩率(RA): 33%~46%	TM0177 方法 A, 以 100%的屈服强度做拉伸试验, 与钢耦合, 表 1 中的 III 级试验的环境, 温度为 25°C (77°F)	720 小时不失效
VI	经固溶退火和时效处理的 UNS N07725	屈服强度: 1,030~1,100MPa (149~160 ksi) 极限拉伸强度: 1,350~1,390MPa (196~202 ksi) 延伸率: 23%~25% 断面收缩率(RA): 33%~46%	TM0198 缓慢应变率试验, 表 1 中的 VI 级试验的环境, 温度为 175°C (347°F)	不失效 缓慢应变率为 0.82~1.16, 标准的延展性

4.1.5.7 通过粉末冶金工艺, 完全密实地热压紧成型的 UNS N07626, 在经过固溶退火 (最低退火温度为 925°C (1,700°F)) 和时效处理 (时效温度 525°C~825°C (1,000°F~1,500°F)) 或直接时效 (时效温度 525°C~825°C (1,000°F~1,500°F)) 后, 最高硬度为 40HRC 和最大拉伸强度为 1,380MPa (200ksi) 的可以被选用。

4.1.5.8 符合 ASTM A494 的铸造 CW2M 在下列条件下可选用于非井下用途, (目前尚无工业标准说明熔炼和铸造要求):

- (1) 在 1,232°C ± 14°C (2,250°F ± 25°F) 温度下进行固溶退火或在 1,232°C ± 14°C (2,250°F ± 25°F) 温度下进行固溶退火并用 AWS ENiCrMo-7、ERNiCrMo-7、ENiCrMo-10 或 ERNiCrMo-10 材料焊接;
- (2) 二次亚氧脱碳精炼 (AOD), 或库存原材料重新熔炼。除非随后还要在亚氧脱碳炉中精炼, 否则禁止使用车削下脚、金属屑和回收材料等废料;
- (3) ASTM A494 中列出的 CW2M 的化学成份需要进行一步限制: 最大含硫量为 0.015% 和最大含铝量为 0.05%; 以及
- (4) 最高硬度值为 22HRC。

4.1.5.9 固溶退火和冷作后, 最高硬度达 33HRC 的 UNS N08135 可以用于无硫元素的环境中或用于最高温度为 137°C (250°F) 的含硫元素的环境中。

4.1.5.10 对非井下用, 符合 ASTM A494 的铸造 UNS N26625 (CW6MC) 在经铸造、固溶热处理后, 最高硬度达 195HRB 时, 可用于无硫元素的环境中。表 2 中的 II 级和 III 级的试验数据被表决通过。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果
II 和 III	固溶热处理的 UNS N26625(CW6MC) 铸件	屈服强度: 320MPa (46 ksi) 极限拉伸强度: 570~660MPa (82~96 ksi) 延伸率: 31%~63%	TM0177 方案, 180° U 形弯曲载荷高出塑性变形载荷, 与铁耦合和无铁耦合	720 小时以上不失效
		屈服强度: 280~290MPa (41~42 ksi) 极限拉伸强度: 580~610 MPa (84~88ksi) 延伸率: 59%~64%	TM0177 拉伸, 加载至塑性变形, 与铁耦合和无铁耦合	720 小时以上不失效

4.1.6 钴镍铬钼合金

4.1.6.1 除非另有规定，可以选用最高硬度达 35HRC 的 UNS R30003、UNS R30004、UNS R30035 和英国标准的航空航天 HR3 系列合金。

4.1.6.2 此外，还可选用经冷拔和高温时效热处理（时效温度和时间须符合下列之一），且最高硬度达 51HRC 的 UNS R30035。

最短时间（小时）	温度
4	704°C (1,300°F)
4	732°C (1,350°F)
6	774°C (1,425°F)
4	788°C (1,450°F)
2	802°C (1,475°F)
1	816°C (1,500°F)

4.1.6.3 可以选用经固溶退火，最高硬度达 22HRC 的锻造 UNS R31233 合金。

4.1.7 钴镍铬钨合金

4.1.7.1 可以选用最高硬度达 35HRC 的 UNS R30605。

4.2 其他合金

4.2.1 可以选用本节所描述的材料和表 4 列出的材料。

4.2.1.1 铝基合金

4.2.1.2 铜合金⁽¹⁶⁾

4.2.1.3 商用纯钽

可以选用经退火和气体钨亚弧焊退火，最高硬度达 55HRB 的 UNS R05200。

4.2.1.4 钛合金

必须遵守特定的指导方针才能成功地使用本标准规定的各种钛合金。例如，在 80°C (176°F) 以上，在含 H₂S 的液态介质中用电镀方式将钛合金与某些活泼金属（如碳钢）耦接，会出现氢脆现象。某些钛合金在含氯化物的环境中对微裂腐蚀和/或硫化应力裂纹敏感。没有证据表明硬度与硫化应力裂纹的敏感性有关。然而，硬度已包括在高强度合金的检验中，用以表明该材料不发生失效的最高试验级别。

4.2.1.4.1 可以选用经退火的 UNS R53400。热处理工艺应是在 774°C ± 14°C (1,425°F ± 25°F) 的温度范围内退火 2 小时，然后空冷。最高硬度应为 92HRB。

4.2.1.4.2 可以选用最高硬度为 42HRC 的 UNS R58640。

4.2.1.4.3 可以选用最高硬度为 100HRB 的 UNS R50400。

4.2.1.4.4 具有以下三种条件之一，最高硬度达 45HRC 的 UNS R56260 可以被选用：

- (1) 经退火；
- (2) 经固溶退火；和
- (3) 经固溶退火和时效处理。

4.2.1.4.5 可選用退火后，最高硬度为 36HRC 的 UNS R56403。

4.2.1.4.6 可選用退火后，最高硬度为 35HRC 的 UNS R56404。

4.2.1.4.7 可選用退火后，最高硬度为 32HRC 的 UNS R56323。

¹⁶ 用酸性油田环境中时，尤其是存在氧的条件下，会加速铜基合金的失重腐蚀。

第5章 制造

5.1 概述

如果材料要裸露于酸性环境中, 则材料及其制造工艺一定要满足本章的要求。

5.2 堆焊层

5.2.1 通过热工艺(如焊接、银钎焊或喷金属粉使其金属化方式)在碳钢和低合金钢或马氏体不锈钢上形成的堆焊层, 如果在此操作过程中基体金属的温度没有超过下临界温度, 可以获得令人满意的酸性环境使用效果。如果超过了下临界温度, 必须根据规定的程序对该部件进行热处理或高温去应力, 以使基体金属的硬度回复到最高为 22HRC 的状态。

5.2.2 符合 5.2.1 规定的碳化钨合金和陶瓷制品可获得令人满意的使用效果。

5.2.3 允许不同材料的连接, 如用银钎焊将硬质合金与合金钢粘接起来。钎焊后的基体金属要符合 5.2.1 的要求。

5.2.4 第 3 章和第 4 章中列出的材料, 只要其符合 5.2.1 的要求, 可以作为堆焊层。

5.2.5 若符合 5.2.1 的要求, 可以采用钴铬钨合金、镍铬硼和镍硼(符合 AMS 4779²² 规定的)硬面合金作堆焊层。

5.3 焊接

5.3.1 在制作符合第 3 章和第 4 章对基体金属硬度规定的焊接件时要遵守焊接规程。所用的焊接规程应该是按 AWS, API, ASME 或其他适当的工业规范鉴定合格的。使用本规程的焊工应熟悉该焊接工艺规程并应具有制造符合该工艺规程的焊接件的能力。

5.3.1.1 表 5 列出的规定的最小屈服强度为 360MPa (52ksi) 或更低的管材制品和 ASME 规范第 9 章 P1 类, 组别 1 或 2 中的及表 5 列出的满足 5.3.1 要求的压力容器用钢, 在作为被焊接的条件下满足 5.3.1 的要求。所采用的任何焊接工艺规程都必须按 AWS, API, ASME 或其他适当规范的规定进行资格鉴定。

5.3.1.2 对碳钢的焊接工艺规程进行鉴定, 在于用除了高温去应力以外的其他控制方法对包括横贯焊缝, 热影响区和基体金属的硬度进行控制, 以确保该工艺规程适于制造在使用工况下最高硬度为 22HRC 的焊接件。

5.3.1.3 低合金钢和马氏体不锈钢焊接件应在最低为 620°C (1,150°F) 的温度下去除应力, 以使材料的最高硬度为 22HRC。

5.3.2 按 3.2.1 的规定, 含镍量高于 1% 的焊条、焊丝、焊剂、填充金属和可熔焊的碳钢及低合金钢不可用于焊接碳钢和低合金钢。

5.4 压印标识

5.4.1 可以采用低应力压印标识的方法(压点、振动压印和圆角 V 型压痕)。

5.4.2 一般在低应力区域(如法兰的外圆处)允许用尖角 V 型压痕。在高应力区域不允许使用尖角 V 型压痕, 除非压印后再在 595°C (1100°F) 以上的高温进行去应力退火。

5.5 螺纹加工

5.5.1 机械加工螺纹

5.5.1.1 可以采用机械加工螺纹的工艺。

5.5.2 冷压成型(滚压)螺纹。

5.5.2.1 螺纹冷压成型后, 螺纹零件必须满足第 3 章或第 4 章对其母材的热处理条件和硬度要求的规定。

5.6 冷变形工艺

5.6.1 可以采用其冷作不超过伴随正常加工(如车削、镗孔、轧制、螺纹加工和钻削等)的冷作的冷变形工艺(如抛光)。

5.6.2 当所采用的基体材料满足本标准要求、所使用的最大喷丸尺寸限制在 2.0mm(0.080 in.)和最大密集度为 10C Almen 时, 允许通过控制喷丸进行冷变形处理。工艺过程应按军方规范 MIL-S-13165²³。

第6章 栓接

6.1 概述

裸露于酸性环境中的栓接材料必须符合本章要求。

6.2 裸露的栓接材料

6.2.1 直接处于酸性环境中栓接或被掩盖、被隔离、安装在法兰保护盖上或以其他方式不与大气接触的栓接必须符合 6.2.1.1, 6.2.1.2 或 6.2.1.3 的规定。设计者和用户需注意的是在使用低强度螺栓的某些场合, 有必要降低压力额定值。对于 API 6A 法兰上使用的裸露栓接, 参见 API 6A²⁴ 规范。

6.2.1.1 所选用的螺母和栓接材料应符合第 3 章或第 4 章中的要求。

6.2.1.2 可使用符合 ASTM A193 B7M, 最小屈服强度为 550MPa (80000 psi), 最高硬度为 22HRC 的栓接材料。

6.2.1.3 螺母应该符合 ASTM A194²⁶ 2HM (最高硬度为 22HRC) 的规范或符合 6.2.1.1 规定。

6.3 非裸露的栓接材料

6.3.1 不是直接裸露于酸性环境中的栓接材料, 以及没有被掩盖, 隔离、安装在法兰保护盖上或以其他方式不与大气接触的栓接材料, 可按适用的材料规范提供, 如 ASTM A193 B7。

第7章 镀层和涂层

7.1 概述

裸露于酸性环境中材料必须符合本章的要求。

7.1.1 为了防止基体金属产生硫化应力裂纹, 不可采用金属涂层(电镀或化学镀)、转换涂层、塑料涂层或衬里的方法。用于其他目的这类涂层不在本标准规定的范围之内。

7.2 氮化

7.2.1 当氮化温度低于所处理合金的下临界温度时, 可以采用最大氮化深度为 0.15mm(0.006 in.) 的表面处理方式。但不能将氮化处理作为防止硫化应力裂纹的一种手段。

第8章 特殊零部件

8.1 概述

在设备正常操作的情况下, 直接裸露于酸性环境的特殊零部件, 包括仪表、控制装置、密封件、轴承和弹簧在内, 其材料必须符合本章的规定。1.3 节为判定本标准对特殊用途的适用性提供的指导方针。

8.2 轴承

8.2.1 直接裸露于酸性环境的轴承应由第 3 章和第 4 章的材料制成。

8.2.2 可以使用经冷作处理后, 最高硬度达 45HRC 的 UNS N10276 制成的轴承滚柱(如轴心滚柱)。

8.2.3 除了 8.2.2 中规定的材料外, 由其他材料制成的轴承, 为保证其正常运转, 必须将其与酸性环境隔离。

8.3 弹簧

8.3.1 直接裸露于酸性环境的弹簧应由第 3 章和第 4 章规定的材料制成。

8.3.2 冷作和时效硬化处理后, 最高硬度达 60HRC 的钴镍铬钼合金 UNS R30003 可用作弹簧材料。经冷作和在不低于 648°C (1200°F) 温度时效硬化处理至少 4 小时, 最高硬度达 55HRC 的合金 UNS R30035 可用作弹簧材料。

8.3.3 可以采用经冷作和时效硬化处理后, 最高硬度达 50HRC 的镍铬合金 UNS N07750 为弹簧材料。

8.3.4 经冷作和时效硬化后最高硬度达 50HRC 的 UNS N07090 合金可用作压缩器阀门的弹簧。

8.4 仪表和控制装置

8.4.1 直接裸露于酸性环境中的仪表和控制装置零部件应由第 3 章至第 8 章规定的材料制成。

8.4.1.1 本标准 3.5.1 节的规定并无排斥使用 AISI 316 型不锈钢制成的压缩管件和仪表用管之意, 即使它们将不满足 3.5.1⁽¹⁰⁾ 中的规定。

8.4.2 隔膜、压力测量装置和压力密封件^(13,14,15)

8.4.2.1 直接裸露于酸性环境中的隔膜、压力测量装置和压力密封件应由第 3 章和第 4 章规定的材料制成。

8.4.2.2 钴镍铬钼合金 UNS R30003 和 UNS R30004 制成的隔膜、压力测量装置和压力密封件, 在最高硬度为 60HRC 的情况下, 可以使用。

8.4.2.3 钴镍铬钼钨合金 UNS R30260 制成的隔膜、压力测量装置和压力密封件, 在最高硬度达 52HRC 的情况下, 可以使用。

8.4.2.4 压力密封件应符合第 3 章和第 4 章及表 3 和表 4 的要求, 或可由最高硬度为 53HRC 的, 主负荷承载方向或承压方向与锻件的轴向或与滚轧方向平行的锻造钴镍铬钼合金 UNS R30159 制成。

8.4.3 经退火后, 最高维氏硬度达 180HV10 的锻造合金 UNS N08904 可用作仪表的管件。表 1 的 II 级 (试验条件与 NACE TM0177 试验方案 A 一致) 试验数据是经投票表决的内容。

8.5 密封圈

8.5.1 直接裸露于酸性环境的密封圈应由第 3 章和第 4 章的材料制成。

8.5.2 化学成分符合 ASTM A351 CF8 或 CF8M 的离心浇铸件, 铸后或固溶退火后, 最高硬度为 160HRB (83HRB) 的情况下, 可用于制造奥氏体不锈钢 API 压缩密封圈。

8.6 开口环

8.6.1 直接裸露于酸性环境的开口环, 除 8.6.2 节规定的材料外, 应由第 3 章和第 4 章中规定的适用材料制成。

8.6.2 沉淀硬化型不锈钢 UNS S15700 制成的开口环, 应先用 RH950 固溶退火和时效处理后, 再按下述步骤进行热处理, 使其硬度在 30~32HRC 范围内, 才可采用。

8.6.2.1 热处理工艺规程 (三步工艺法)

(1) 在 620°C (1,150°F) 温度下回火 4 小时 15 分钟, 然后在静止的空气中冷却至室温。

(2) 在 620°C (1,150°F) 温度下再次回火 4 小时 15 分钟, 然后在静止的空气中冷却至室温。

(3) 在 560°C (1,050°F) 温度下回火 4 小时 15 分钟, 然后在静止的空气中冷却至室温。

8.7 井口用双相不锈钢⁽¹⁷⁾

8.7.1 可以选用固溶热处理后, 硬度不超过 223HRB 的铸造双相不锈钢 (奥氏体的/铁素体的) UNS J93345。该材料必须仅限用于下列产品: 阀门零部件、压缩机零部件、箱体和管接头 (不包括油管挂)、短管、侧装盖帽、尾块、锤罩和机架罩。实验室试验表明双相不锈钢对硫化应力裂纹的敏感性是其所含铁素体百分数的函数。用户可根据其用途对给定铁素体含量的双相不锈钢的可接受性做出判断。

8.8 特种工艺的耐磨损件⁽¹⁸⁾

8.8.1 钴铬钨和镍铬硼合金, 无论是铸造的、粉末冶金工艺制成的还是热机械工艺制成的, 均可被选用。

8.8.2 碳化钨硬质合金, 无论是铸造的还是粘合的, 均可被选用。

¹⁷ 时效温度超过 260°C (500°F) 时, 会减少低温韧度和减少抗环境裂纹的能力。

¹⁸ 某些材料可做耐磨用途, 但易脆。如果这种材料受拉伸会产生环境裂纹。

第9章 阀门及阻流器

9.1 概述

裸露于酸性环境中的材料必须满足本章的要求。

9.1.1 阀门和阻流器应由符合第3章至第8章的材料制成。

9.2 轴、杆和销

9.2.1 轴、杆和销应由符合第3章至第8章的材料制成。

9.2.2 若冷作之前先退火，冷作后，最高硬度达35HRC的奥氏体不锈钢 UNS S20910 可用作制造阀门的轴、杆和销。

9.3 内阀和压力调节器部件

9.3.1 铸造合金 CB7Cu-1 在符合 ASTM A747²⁷ 的 H1150 DBL 条件下，最高硬度为 310HRB（最高 30HRC），如果符合 1.2 节的要求，可用于非承压件，内阀和压力调节器部件。符合本标准的沉淀硬化型马氏体不锈钢已在酸性环境中提供了令人满意的现场使用效果。但，这些材料在 NACE TM0177 中可能显示出低于本标准中的其他材料的最低极限应力值。

第10章 油井、输送管线、汇集管线、采油设备和油田作业装置

10.1 概述

裸露于酸性环境中（见 1.3 节的定义）的采油设备和油田作业装置所用的材料应满足本章的要求，并按第5章的规定制造。

10.2 油井

10.2.1 管状部件

10.2.1.1 直接裸露于酸性环境中的箱体和管件应符合表5的规定。

10.2.1.2 不是裸露于酸性介质环境中而仅是裸露于受控钻井介质环境中（见 11.2.2）的箱体，不在本标准规定的范围之内。

10.2.1.3 若开采环境中最大 H₂S 分压力为绝对压力 10kPa（1.5 psia, 0.1 巴），所产生的水的 pH ≥ 3.5（该 pH 值为估计出的、测量出的或计算出的所产生的水的最小 pH 值，不是因注入了抑制性的酸以后产生的瞬时 pH 值），可以选用 API 5CT²⁸ L-80 型 13Cr 管子和箱体。

10.2.1.4 可以用 API 5CT C-90 1 型和 T-95 1 型材料制作箱体或管状部件。

10.2.1.5 经淬火和两次回火后（见 10.2.1.5.1），最高硬度达 22HRC（仅 80 级）的 UNS S42500（15Cr）可用作管和箱体的材料。该管子和箱体仅限于用在 H₂S 分压力低于 9.653kPa（1.4 psia）和所产生的任何液相的 pH 值高于 3.5 的环境中。淬火和回火工艺应符合下列限制：

10.2.1.5.1

奥氏体化	900°C（1,652°F）或更高温度
淬火	空气或油淬
首次回火	最低回火温度 730°C（1,346°F），然后冷却至室温
二次回火	最低回火温度 620°C（1,150°F），然后冷却至室温

10.2.1.6 经淬火和回火后,最高硬度达 27HRC 和最大屈服强度为 730MPa (105 ksi) 的 UNS S41426 的管子和箱体,可用于最大 H₂S 分压力为绝对压力 10 kPa (1.5 psia, 0.1 巴),所生成的水的 pH 值 \geq 3.5 的开采环境中(该 pH 值为估计出的、测量出的或计算出的所产生的水的最小 pH 值,不是因注入了抑制性的酸以后产生的瞬时 pH 值)。表 1 的 I 级试验的试验数据是投票表决内容。

试验级别	材料类型和状态	材料性能	试验方法和环境	试验结果
I	经锻造、淬火和回火的 UNS S41426	1. HRC28.1 屈服强度 741MPa (108 ksi) 2. HRC28.5 屈服强度 738MPa (107 ksi) 3. HRC29 屈服强度 779MPa (113 ksi)	TM0177 方法 A 绝对压力为 0.01MPa (1.5 psia) 的 H ₂ S+绝对压力为 0.09MPa (13.5 psia) 的 CO ₂ , 5%NaCl, pH3.5, 25°C (77°F), 屈服强度的 80%。	不失效
I	锻造、淬火和回火	1. HRC28 屈服强度 738MPa (107 ksi) 2. HRC29 屈服强度 772MPa (112 ksi) 3. HRC29 屈服强度 779MPa (113 ksi)	TM0177 方法 A 绝对压力为 0.003MPa (0.45 psia) 的 H ₂ S+绝对压力为 0.097MPa (14.06 psia) 的 CO ₂ , 5%NaCl, 25°C (77°F), 80%的屈服强度。	不失效
I	锻造、淬火和回火	1. HRC28 屈服强度 738MPa (107 ksi) 2. HRC29 屈服强度 772MPa (112 ksi) 3. HRC29 屈服强度 779MPa (113 ksi)	TM0177 方法 C 绝对压力为 0.01MPa (1.5 psia) 的 H ₂ S+绝对压力为 3.0MPa (450 psia) 的 CO ₂ , 5%NaCl, 175°C (347°F), 屈服强度为 738MPa (107 ksi) 和 772MPa (112 ksi) 时的 80%; 屈服强度为 779 (113 ksi) 时的 90%。	不失效

10.2.2 可用经淬火和回火后,最高硬度为 30HRC 和规定的最小屈服强度等级为 690, 720 和 760MPa (100, 105 和 110ksi) 的 Cr-Mo 低合金钢 (AISI 41××及其改良型) 制成的箱体和管状部件。各级的最大屈服强度应比其规定的最小屈服强度高出 103MPa (15ksi)。抗硫化应力裂纹能力应按 TM0177 方法 A 测定,并且最小极限应力应为规定最小屈服强度的 85%⁽¹⁹⁾。对于这些高强度的低合金钢来说, NACE 的试验方法与现场使用的结果之间无关联数据,也没有能在技术上支持存在一个有限限制的数据。但是,这些钢的主要用途是在 H₂S 的分压力低于绝对压力 7 kPa (1 巴) 的环境中保护油井中的箱体。

10.2.3 管子和管状部件

10.2.3.1 Cr, Mo 系列低合金 (AISI 41××及其改良型), 在淬火及回火后最高硬度达 26HRC 时, 可用作管子和管状部件材料。

10.2.3.2 在硬度大于 22HRC 时, 要特别注意对化学成分和热处理的要求以确保这些合金的抗硫化应力裂纹的能力。因此, 在使用硬度高于 22HRC 的合金时, 通常的惯例是由用户做硫化应力裂纹试验(按照 1.6 节的规定)以判断该材料是否与酸性环境中已成功使用的相似材料具有同等的抗硫化应力裂纹能力。

10.2.3.3 在低于或等于 510°C (950°F) 温度下拉直的管子和管状部件, 须在最低 480°C (900°F) 温度下去除应力。如果管子和管状部件是冷压成型的(带楔形前端的销和/或展开式的箱子)且产生的永久外部变形超过了 5%, 则冷压成型区域应在高温下去除应力, 去应力的最低温度为 595°C (1,100°F)。冷压成型连接的高强度和硬度高于 22HRC 的管子需要高温去除应力, 去应力的最低温度为 595°C (1,100°F)。

¹⁹ 质量控制规定是获得足够硫化应力裂纹抗力的关键。推荐以 API SCT T-95 中的质量规定为指导方针。

10.3 地下设备

10.3.1 抽油泵和抽油杆

10.3.1.1 酸性环境中用的抽油泵和抽油杆不在本标准规定的范围之内，而是包含在 NACE 的其他国际标准和 API 标准中（参见 NACE MR0176²⁹）。

10.3.2 气体提升装置

10.3.2.1 气体提升装置通常处理的气体中不含 H₂S。但是，用于处理酸性气体的地表和地下的气体提升装置应符合第 3 章至第 8 章的要求。箱体和管子应符合 10.2.1 的要求。

10.3.3 其他人工提升装置

10.3.3.1 其他人工提升装置不在本标准规定的范围之内。

10.3.4 灌浆机和其它地下装置

10.3.4.1 表 3 至表 6 列出的材料以及第 3 章至第 8 章涉及的材料均可被选用。

10.3.4.2 在经空气或油淬以及回火后，最高硬度为 22HRC，并且开采环境中最大 H₂S 分压力为绝对压力 10 kPa (1.5 psia, 0.1 巴)，所生成的水的 pH 值 ≥ 3.5 时（该 pH 值为估计出的、测量出的或计算出的所产生的水的最小 pH 值，不是因注入了抑制性的酸以后产生的瞬时 pH 值），整个装置都可采用 420M 型合金（其化学成份与 API 5CT L-80 型 13Cr 钢相一致）。

10.3.5 滑动件

10.3.5.1 滑动件不在本标准规定的范围之内。

10.4 井口部件

10.4.1 直接裸露于酸性环境中的井口部件应按本标准第 3 章至第 8 章的要求制造。不是直接裸露于酸性环境或裸露于受控的钻采环境（见 11.2.2）的井口部件不在本标准规定的范围之内。

10.5 输送管线和汇集管线

10.5.1 输送管线和汇集管线的材料及生产工艺流程应符合第 3 章至第 8 章及表 3 至表 5 的要求。

10.6 采油设备

10.6.1 油、气处理和注水设备

10.6.1.1 油、气处理和注水设备的材料及生产工艺流程应符合第 3 章至第 8 章及表 3 至表 5 的要求。

10.6.2 低温气体处理装置

10.6.2.1 较理想的低温抗脆裂用合金钢中约含有 1% 以上的镍。由于使用环境不含水，只要在启动和关闭过程中采取足够的预防措施（如用防腐甲醇保护该装置），允许选用这些合金。典型的钢有：ASTM A333³⁰ 3、4、7、8 和 9 级；A334³¹；A203³²；A420³³ WPL-3、WPL-6 和 WPL-8；A350³⁴ LF3；A353³⁵ 和 A689³⁶。

10.6.3 注水和水处理设备

10.6.3.1 水处理设备材料的选用不在本标准规定的范围之内。参见 NACE RP0475。

10.7 压缩机和泵

10.7.1 裸露于酸性环境中的材料应按本标准第 3 章至第 8 章的要求，除了 10.7.2 和 10.7.3 节规定的材料外。

10.7.2 灰铸铁（ASTM A278³⁷ 35 或 40）和球墨铸铁（ASTM A395）可用于制造压缩机缸体、衬套、活塞和阀门。铝合金 355，回火 T-7（ASTM B26³⁸）可用于制造活塞。铝、软碳钢、和软低碳铁可用作处理酸性气体的压缩机衬垫。

10.7.3 含碳量为 0.28%~0.33% 的 AISI 4320 及其改良型，若按 10.7.3.1 进行热处理后，最大屈服强度为 620MPa (90 ksi) 可用作压缩机的叶轮。

10.7.3.1 热处理工艺规程（三步工艺法）

(1) 奥氏体化和淬火。

(2) 在最低温度为 620°C (1,150°F) 但要低于下临界温度下回火，在二次回火之前冷却至室温。

(3) 在最低温度为 620°C (1,150°F) 但要低于首次回火温度下回火, 回火后冷却至室温。

10.8 管件

10.8.1 符合 ASTM A105 或 A234³⁹ WPB 和 WPC 要求的碳钢, 经热作后最高硬度为: A105 (187HRB)、A234 WPB 和 WPC (197HRB) 时, 可以被选用。

10.8.2 如果 ASTM A234 WPB 和 WPC 级碳钢管件在制造过程中通过轧制、锻造或任何其他制造工艺进行冷作使其产生的永久外部变形超过了 5%, 此冷作之后必须进行正火或高温去应力热处理。如果采用的是高温去应力热处理, 除非最低去应力热处理的温度为 595°C (1,100°F), 否则应按 ASME 规范第八章第 1 部分的规定进行。冷作后的高温热处理完成后, 经正火或去除应力的 ASTM A234 WPB 或 WPC 碳钢管件的硬度应不超过 200HRB。

第 11 章 钻采和油井作业设备

11.1 概述

除非本章另有规定, 裸露于酸性环境的钻采和油井作业设备用的金属材料应满足本章的要求, 并按第 5 章的规定进行生产。

11.2 钻采和油井作业环境的控制

11.2.1 钻采和油井设备操作中所涉及到的工作应力, 通常要求所使用的材料和部件具有比第 3 章所允许的碳钢和低合金钢的硬度(强度)要高。当这些材料和部件要求用于钻采层或在含 H₂S 的环境中时, 防止硫化应力裂纹的主要手段就是控制钻采或油井作业的环境。随着工作应力和材料硬度的增加, 控制钻采介质就变得愈加重要。

11.2.2 钻采环境的控制是通过保持钻采介质的液压头和介质的密度以减少油层介质的吸入, 并采用以下一种或几种方法进行控制:

- (1) 将 pH 值保持在 10 或更高, 以中和钻采层的 H₂S;
- (2) 使用化学清硫剂;
- (3) 使用一种油在其中是连续相的钻井介质。

11.2.3 当使用铝钻管时, 钻采介质的 pH 值不得超过 10.5 以防止加速产生失重腐蚀。

11.3 钻采设备

11.3.1 钻杆

11.3.1.1 钻管、接头、钻环和其他管状部件

11.3.1.1.1 如果对钻采环境(见 11.2)加以控制, 可采用表 5 中列出的符合 API 规范的钢制管状部件。规定的最小屈服强度大于 660MPa (95ksi) 的钢制管状部件应进行淬火和回火热处理, 以优化其抗硫化应力裂纹的能力。

11.3.1.2 接头与钻管的焊接

11.3.1.2.1 对焊缝和热影响区域要先奥体化, 然后冷却至相变温度以下, 再进行最低温度为 595°C (1,100°F) 的回火处理。

11.3.1.3 表面硬化

11.3.1.3.1 表面硬化层仅用于管状钻采零件的横截面增厚, 工作应力降低的部位。表面硬化层不需要再进行热处理。

11.3.2 钻头

11.3.2.1 钻头不包括本标准范围之内。

11.3.3 其他钻采设备的零部件

11.3.3.1 其他钻采设备的零部件(如泥浆泵、旋转头和凯氏旋塞等)的制造材料应符合第 3 章至第 8 章规定。这些部件上用的零件, 不论是与酸性钻井介质隔离的还是仅裸露于受控钻井介质环境中的, 均不在本标准规定的范围之内。

11.4 防喷器 (BOP)

11.4.1 防喷器的体及其零件(不包括防喷器闸板及剪切板)应符合第 3 章至第 8 章的要求。

11.4.2 防喷器剪切板

11.4.2.1 防喷器剪切板是用于在钻采处于紧急状态下剪断钻管，因此要用高强度和高硬度钢制成。但用户应知道的是这种材料对硫化应力裂纹敏感。

11.4.3 防喷器闸板

11.4.3.1 符合第3章到第8章工艺要求的低合金钢，可用于制造防喷器闸板。经淬火和回火后，最高硬度为26HRC的铬钼类低合金钢（及其改良型）可用于制造防喷器闸板。当这些合金的硬度值高于22HRC时，要特别注意对化学成分和热处理的要求以确保这些合金具有抗硫化应力裂纹的能力。应进行硫化应力裂纹试验以判定此种材料是否与在酸性环境中已成功使用的材料具有同等的抗硫化应力裂纹能力。

11.5 阻流器集合管、阻流器和压井管线

11.5.1 阻流器集合管、阻流器和压井管线应符合第3章至第8章的要求。

11.6 钻杆试验

11.6.1 钻杆试验通常不是在受控的钻采环境中进行的。在非受控的钻采环境中进行钻杆试验时，钻杆试验用的材料应符合第3章至第8章以及10.2的要求。

11.6.2 表5所列材料可以与考虑了1.3节列举因素（可能包括缓蚀剂的使用、限制通道、限定时间、限定压力以及冶金的设计上的因素）的操作规程一起使用。此种操作规程不在本标准规定的范围之内（见API RP7G⁴⁰）。

11.7 油层测试工具

11.7.1 油层测试工具用的材料应符合第3章至第8章以及10.2的要求。

11.8 浮动钻采操作

11.8.1 防喷器（BOP）

11.8.1.1 防喷器应符合11.4的要求。

11.8.2 钻采提升系统

11.8.2.1 如果酸性油层介质的流动是通过在海床防喷器上介质流转而穿过阻流器和压井管线进行控制的，则钻采提升管、提升连接、球或挠性接头和伸缩接头无需遵照本标准。但是，如果该提升系统是裸露在酸性环境中的，所用材料应符合第3章至第8章和10.2.1.1节的要求。

11.8.3 阻流器和压井管线

11.8.3.1 阻流器、压井管线和集合管用的材料应符合第3章至第8章的要求。

11.9 油井作业装置

11.9.1 作业用钢丝绳

11.9.1.1 用于油井作业的钢丝绳，在工作中有可能与酸性介质相接触，所用材料应符合11.8.1.1的要求。仅裸露于受控的钻井介质环境中的作业用钢丝绳不在本标准规定的范围之内。

11.9.2 防喷器

11.9.2.1 防喷器应符合11.4的要求。

11.9.3 阻流器和压井管线

11.9.3.1 阻流器、压井管线以及集合管应符合第3章至第8章的要求。

11.9.4 生产试验装置

11.9.4.1 生产试验装置应符合第3章至第8章的要求。

11.9.5 钢丝绳作业线的润滑器系统

11.9.5.1 钢丝绳作业线的润滑器系统和辅助装置应符合第3章至第8章以及10.2.1.1的要求

参考文献

1. E.M.Moore, J.J.Warga, “管道用钢的氢裂敏感性的影响因素” 腐蚀/76, 论文号 144 (得克萨斯州休斯顿: NACE 国际标准, 1976)。
2. NACE 标准 TM0284 (最新版本), “管道和压力容器用钢的抗氢诱发裂纹能力评估” (得克萨斯州休斯顿: NACE)。
3. NACE 标准 RP0475 (最新版本), “注入石油层的用水处理的各阶段所使用的金属材料的选取” (得克萨斯州休斯顿: NACE)。
4. NACE 标准 TM0177 (最新版本), “在含 H₂S 的环境中, 金属的抗硫化应力裂纹和应力腐蚀裂纹的实验室试验” (得克萨斯州休斯顿: NACE)。
5. 技术委员会刊物手册 (最新版本) (得克萨斯州休斯顿: NACE)。
6. ASTM E140 (最新版本), “金属的标准硬度转换表——布氏硬度、维氏硬度、洛氏硬度、洛氏面层硬度、努氏硬度、和肖氏硬度之间的关系” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
7. ASTM E10 (最新版本), “金属材料的布氏硬度的标准试验方法” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
8. ASTM E18 (最新版本), “金属材料的洛氏硬度和洛氏面层硬度的标准试验方法” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
9. ASTM A370 (最新版本), “钢制品机械试验的标准试验方法及定义” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
10. ASTM A105/A105M (最新版本), “管道用锻造碳钢件的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
11. ASME 锅炉及压力容器规范, 第八章, 第 1 部分 (最新版本) “构造压力容器的规则” (纽约, NY: ASME)。
12. ASTM A53/A53M (最新版本), “无镀层和热镀的、镀锌的、焊接的和无缝钢管的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
13. ASTM A106 (最新版本), “高温用无缝碳钢管的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
14. API 规范 5L (最新版本), “管线” (Washington DC: API)
15. ASTM A395/A395M (最新版本), “高温承压用铁素体球墨铸铁件的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
16. ASTM A351/A351M (最新版本), “承压件用奥氏体钢铸件、奥氏体-铁素体 (双相) 不锈钢铸件的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
17. ASTM A743/A743M (最新版本), “通用抗腐蚀的铁铬、铁铬镍铸件标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
18. ASTM A744/A744M (最新版本), “重度腐蚀环境用抗腐蚀的铁铬镍铸件的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
19. ASTM A487 (最新版本), “承压用铸钢件的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
20. Z 6 CNDU 28.08 M (NF A320-55 法国国家标准)。
21. ASTM A494 (最新版本), “镍及镍合金铸件的标准规范” (West Conshohocken, PA: ASTM)。
22. AMS 4779 (最新版本) “1800°F~1950°F (982°C~1066°C), 固相线-液相线之间的镍合金, 钎焊填充金属 94Ni-3.5Si-1.8B (UNS N99640)” (Warrendale, PA: SAE)。
23. 军方规范 MIL-S-13165 (最新版本), “金属零件的喷丸” (Philadelphia, PA, Department of Defense Single Stock Point [DODSSP]²⁰)。
24. API 规范 6A (最新版本), “井口和采油树设备” (Washington, DC: API)。

²⁰ Department of Defense Single Stock Point (DODSSP), Subscription Services Desk, 700 Robbins Ave., Bldg. 4D, Philadelphia, PA 19111-5094.

25. ASTM A193/A193M (最新版本), “高温用合金钢和不锈钢栓接材料标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
26. ASTM A194/A194M (最新版本), “高温高压螺栓用碳钢和合金钢螺母的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
27. ASTM A747/A747M (最新版本), “沉淀硬化型不锈钢铸件的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
28. API 规范 5CT (最新版本), “箱体和管子 (美制单位)” 和 API 规范 5CTM (最新版本), “箱体和管子 (米制单位)” (Washington,DC:API)。
29. NACE 标准 MR0176 (最新版本), “腐蚀性油田环境中抽油泵用金属材料” (得克萨斯州休斯顿: NACE)。
30. ASTM A333/A333M (最新版本), “低温用无缝和焊接钢管的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
31. ASTM A334/A334M (最新版本), “低温用无缝的和焊接的碳钢和合金钢管标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
32. ASTM A203/A203M (最新版本), “压力容器用镍合金钢板标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
33. ASTM A420/A420M (最新版本), “低温用锻造碳钢和合金钢管件的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
34. ASTM A350/A350M (最新版本), “管道部件用需要切口韧性试验的碳钢和低合金钢锻件标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
35. ASTM A353/A353M (最新版本), “压力容器用、经两次正火和回火、含镍量为 9% 的合金钢钢板的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
36. ASTM A689 (最新版本), “弹簧用碳钢和合金钢棒材的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
37. ASTM A278/A278M (最新版本), “温度高达 650°F 承压件用灰铸铁铸件的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
38. ASTM B26/B26M (最新版本), “铝合金砂型铸件的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
39. ASTM A234/A234M (最新版本), “中温和高温用锻造碳钢和合金钢管件的标准规范” (West Conshohocken,PA: ASTM)。
40. API RP7G (最新版本), “钻杆设计和操作限制” (Washington,DC:API)。

表 3 可直接裸露于酸性环境的不锈钢 (见 1.3 节)

本表列出的材料只能在本标准正文规定的状态下使用

铁素体不锈钢	马氏体不锈钢	沉淀硬化型不锈钢	奥氏体不锈钢	双相不锈钢 (奥氏体/铁素体) ^(D) (仅指锻造)
AISI	AISSI	ASTM	AISI	UNS S31260
405	410	A 453 660 ^(A)	302	UNS S31803
430	501	A 638 660 ^(A)	304	UNS S32404
			304L	UNS S32550
			305	UNS S32760
			308	UNS S39274
			309	UNS S39277
			310	
			316	
			316L	
			317	
			321	
			347	
ASTM	ASTM	UNS S17400	ASTM	铸造双相
A 268	A 217 CA15	UNS S45000	A 182	(奥氏体/铁素体)
TP 405, TP 430	A 268 TP410	UNS S66286	A 193 ^(B)	不锈钢
TP XM 27, TP XM 33	A 743 CA15M		B8R, B8RA, B8	Z 6 CNDU 28.08M
	A 487 CA15M		B8M, B8MA	NF A 320-55
	A 487 CA6NM		A 194 ^(B)	法国国家标准
	UNS S42400		BR, 8RA, 8A, 8MA	UNS J93380
			A 320 ^(B)	UNS J93404
			B8, B8M	
			A 351	
			CF3, CF8, CF3M	
			CF8M, CN7M ^(C)	
			A 743	
			CN7M ^(D)	
			A 744	
			CN7M ^(D)	
			B 463	
			B 473	

^(A) 见 3.8.2 节。

^(B) 碳化固溶处理。

^(C) 按 3.5.4 的规定进行改良。

^(D) 时效温度超过 260°C (500°F) 时会降低低温韧性并削弱抗环境裂纹的能力。

表 4 可直接裸露于酸性环境中的非铁基材料 (见 1.3 节)

本表列出的材料只能在本标准正文规定的状态下使用
下面注出的材料规范中描述的机械性能未必与 MR0175 的规定相符

镍铜合金			镍铁铬合金		镍铁铬铝合金		镍铬合金				涂层,堆焊层和特殊工艺的零件
UNS ^(A) N05500	UNS N04400		UNS N08800		UNS N06007	UNS N08825	UNS N06600		UNS N07750		
SAE/AMS	ASTM	SAE/AMS	ASTM	SAE/AMS	ASTM	ASTM	ASTM	SAE/AMS	ASTM	SAE/AMS	
4676	B 127	4544	B 163	5766	B 366	B 163	B 163	5540	B 637	5542	AWS A5, 13-80 中的 Co-Cr-W 合金 AWS A5, 13-80 中的 Ni-Cr-B 合金 碳化钨合金 AMS 4779 的 Ni-B 合金 陶瓷材料
	B 163	4574	B 366	5871	B 581	B 366	B 166	5580		5582	
	B 164	4575	B 407		B 582	B 423	B 167	5665		5598	
	B 366	4730	B 408		B 619	B 424	B 366	7232		5667	
	B 564	4731	B 409		B 622	B 425	B 516			5668	
		7233	B 514		B 626	B 704	B 517			5669	
			B 515			B 705	B 564			5670	
			B 564							5671	
										5698	
										5699	
	A 494				UNS N06250						
	Gr M-35-1				UNS N06255						
	Cr M-35-2				UNS N06686						
					UNS N06952						
					UNS N07048						
					UNS N07773						
					UNS N08024						
					UNS N08028						
					UNS N08042						
					UNS N08535						
					UNS N08826						
					UNS N09777						
					UNS N09925						
					UNS R20033						
	UNS N04405										

^(A) 统一编号系统中金属和合金: ASTM E527 或 SAE J1086。

镍铬钼

(续表 4)

UNS N06625		UNS N10002		UNS N10276	UNS N07718		UNS N06002		
ASTM	SAE/AMS	ASTM	SAE/AMS	ASTM	ASTM	SAE/AMS	ASTM	SAE/AMS	UNS N06022
B 336	5581	A 597 Gr.4	5388	B 366	B 637	5383	A 567Gr.5	5390	UNS N06030
B 443	5599		5389	B 574	B670	5589		5536	UNS N06059
B 444	5666	A494	5530	B 575		5590	B 366	5587	UNS N06060
B 446	5837	Cw-12MW	5750	B 619		5596	B 435	5588	UNS N06110
B 564		CW2M ⁽⁶⁾		B 622		5597	B 572	5754	UNS N06686
B 704				B 626		5662	B 619	5798	UNS N06975
B 705						5663	B 622	5799	UNS N06985
						5664	B 626	7237	UNS N07031
						5832			UNS N07716
									UNS N07725
									UNS N08135

钴镍铬钼合金		钴镍铬钨合金	钴镍铬钼钨合金	其他合金		
UNS R30035	UNS R30003	UNS R30605	UNS R30260	铝基合金	钼	钛合金
UNS R03004	UNS R30150				UNS R05200	UNS R50400
				铜合金		UNS R53400
						UNS R56260
						UNS R56323
						UNS R56403
						UNS R56404
						RNS R58640
	UNS R31233					

⁽⁶⁾ 按 4.1.5.8 进行改良。

表 5 管状制品可用的 API 和 ASTM 规范

符合第 3 章规定或表 3 和表 4 中列出的所有材料均可被选用的
本表中的材料满足注释中规定的条件下可以被选用

适用于各种温度 ^(A)	工作温度 ^(B)		
	≥ 65°C (≥150°F)	≥ 80°C (≥175°F)	≥107°C (≥225°F)
管子和箱体 API 5CT 中牌号为 H-40 ^(C) 、J-55、K-55、M-65、C-75(1、2 和 3 型)和 L-80(1 型) 特有的牌号与 10.2.3 节一致 UNS K12125 API 5CT 中牌号为 C-90(1 型)和 T-95(1 型) 管子^(D, E) API 5L 牌号 A 和 B 以及牌号 X-42 至 X-65 ASTM A53 A 106 牌号 A, B 和 C A 333 牌号 1 和 6 A 524 牌号 1 和 2 A 381 Cl 1 Y35-Y65 钻杆材料^(F) API 5D 中牌号为 D, E, X-95, G-105 和 S-135(见 11.3.1.1)	管子和箱体 API 5CT 中牌号为 N-80(经淬火和回火处理的)和 C-95、T-95(2 型) 经淬火和回火处理后的最大屈服强度值为 110ksi(H)或以下的特有的牌号	管子和箱体 API 5CT 中牌号为 H-40, N-80, P-105 和 P-110 经淬火和回火处理后的最大屈服强度值为 140ksi(H)或以下的特有的牌号	API 5CT 中牌号为 Q-125 ^(G)

^(A) 低温用时，其他标准和规范中可要求抗冲击韧性。

^(B) 持续最低温度；低温用时可从第 1 列中选择。

^(C) 允许的最大屈服强度为 80 ksi^(H)。

^(D) 焊接质量应满足本标准第 3 章至第 5 章的要求。

^(E) 管子的最大硬度应为 22HRC。

^(F) 用于 11.2 节中指定的受控环境。

^(G) 不论现行的 API 5CT 中的要求如何，Q-125 永远应是(1)最大屈服强度为 150 ksi，(2)经淬火和回火的，并且(3)在化学上为 Cr-Mo 合金。不可使用 C-Mn 合金。

^(H) 1 MPa = 0.145 ksi。

表 6 适用于直接裸露在酸性环境的地下装置用材料 (见 1.3 节)

符合第 3 章和表 3 至表 5 中列出的所有材料均适用

用途	材料
钻井灌浆机零件	球墨铸铁 (ASTM A 536, A 571)
钻井灌浆机零件	可锻铸铁 (ASTM A 220, A 602)
压缩机元件	灰口铁 (ASTM A 48, A 278)
所有零件	9Cr-1Mo ^(A) ASTM A 199 牌号 T9 ASTM A 200 牌号 T9 ASTM A 276, 9 型 ASTM A 182 牌号 F9 ASTM 213 牌号 T9

^(A) 最高硬度 22HRC。

表 7 材料标准的其他来源

1. 航空航天材料规范 (AMS); 汽车工程师学会 (SAE), 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096
2. 美国钢铁学会 (AISI), 1133 15th St. NW, Washington, DC 2005-2701
3. 美国国家标准学会 (ANSI), 11 West 42nd St., New York, NY 10036
4. 美国石油学会 (API), 1220 L St. NW, Washington, DC 2005
5. 美国机械工程师学会 (ASME), Three Park Ave., New York, NY 10016-5990
6. 美国材料与试验学会 (ASTM), 100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428-2959
7. 美国焊接学会 (AWS), P.O.Box 251040, Miami, FL 33126
8. 英国标准学会 (BSI), 2 Park St., London W 1A 2BS, England
9. 加拿大标准学会 (CSA), 178 Rexdale Blvd., Toronto, Ontario, Canada M9W 1R3
10. 德国标准学会 (DIN), Postfach 1107, D-1000 Berlin 30, Federal Republic of Germany
11. 统一编号系统中的金属和合金 (UNS), 美国材料与试验学会与美国汽车工程师学会联合出版, 400 Commonwealth Dr., Warrendale, PA 15096

索引

材料录入标准 MR0175 的历程

说明:

UNS 编号——材料在文中的大致编号

位置——材料出现的章节号

表号——材料出现的表号, 如果有

最初日期——最后两位数是收入材料的年份, 或如果同节中有多个号, 所示的最后一个修改的日期

(Orig) ——第一版 MR0175, 阀门文件

(GF) ——MR0175 中“始祖”级材料

(FDate) ——以实地数据为基础收入的材料

(LDate) ——以实验室数据为基础收入的材料

UNS 编号	在本标准中位置(章节)	在本标准的位置(表号)	收入本标准中最初日期
A03550	10.7.1	4	78 (GF)
Axxxxx	4.2.1.1	4	78 (GF)
Cxxxxx	4.2.1.2	4	78 (GF)
Fxxxxx	3.4.1	6	78 (GF)
Fxxxxx	3.4.2	6	78 (GF)
F12401	10.7.2	无	78 (GF)
F12803	10.7.2	无	78 (GF)
F32800	10.7.2	无	78 (GF)
G-Special	3.2.3.1	5 (> 150°F)	78 (GF)
G-Special	10.2.2	无	95 (LDate)
Gxxxxx	10.2.1	5	78 (GF)
Gxxxxx	10.3	6	78 (GF)
Gxxxxx	10.5.1	无	78 (GF)
Gxxxxx	10.7.3	无	6/88 (LData)
Gxxxxx	11.3.1.1	5	78 (GF)
Gxxxxx	3.2.1	无	75 Orig(FData)
G43200	10.7.3	无	78 (FData)
HF	5.2.2	不适用	75 Orig(GF)
HF(WC)	5.2.2	不适用	75 Orig(GF)
HF(AMS 4779)	5.2.5	不适用	75 Orig(GF)
HF(AWS 5-13-80)	5.2.5	不适用	75 Orig(GF)
HF(AWS 5-13-80)	8.9.1	不适用	75 Orig(GF)
J91150	3.7.1	3	75 Orig(GF)
J91151	3.7.1	3	75 Orig(GF)
J91540	3.7.2	3	5/81 (LData)
J92500	3.5.1	3	75 Orig(GF)
J92600	3.5.1	3	75 Orig(GF)
J92600	8.5.2	无	1/80 (FData)
J92800	3.5.1	3	75 Orig(GF)
J92900	3.5.1	3	75 Orig(GF)
J92900	8.5.2	无	11/80 (FData)
J93254	3.5.9	无	97 (LData)
J93345	8.8.1	无	1/89 (LData)
J93380	3.9.7	3	94 (LData)
J93404	3.9.10	3	95 (LData)
J95150	3.5.4	无	91 (LData)
K03504	3.2.1.1	无	91 (LData)(锻造)
K90941	无	6	78 (GF)
N04400	4.1.1.1	4	75 Orig(GF)
N04405	4.1.1.1	4	11/82 (LData)
N05500	4.1.1.2	4	75 Orig(GF)
N06002	4.1.5.1	4	75 Orig(GF)
N06007	4.1.3.1	4	78 (GF)
N06022	4.1.5.2	4	90 (LData)

UNS 编号	在本标准中位置(章节)	在本标准的位置(表号)	收入本标准中最初日期
N06030	4.1.3.1	4	90 (LData)
N06059	4.1.5.2	4	94 (LData)
N06060	4.1.5.5	4	92 (LData)
N06110	4.1.5.5	4	9/86 (LData)
N06250	4.1.3.1	4	95 (LData)
N06255	4.1.3.1	4	95 (LData)
N06600	4.1.4.1	4	75 Orig(GF)
N06625	4.1.5.1	4	78 (GF)
N06686	4.1.5.2.1	4	96 (LData)
N06950	4.1.3.1	4	90 (LData)
N06952	4.1.3.11	4	93 (LData)
N06975	4.1.3.1	4	90 (LData)
N06985	4.1.3.1	4	75 Orig(GF)
N07031	4.1.5.4	4	1/83 (LData)
N07031	4.1.5.4	4	91 (LData)
N07048	4.1.3.6	无	91 (LData)
N07090	8.3.6	无	90 (LData)
N07626	4.1.5.7	无	8/89 (LData)
N07716	4.1.5.6	4	8/88 (LData)
N07718	4.1.5.3	4	78 (GF)
N07718	4.1.5.3	4	7/83 (LData)
N07725	4.1.5.6	4	90 (LData)
N07750	4.1.4.2	4	75 Orig(GF)
N07750	8.3.3	无	78 (GF)
N07773	4.1.3.7	4	95 (LData)
N07924	4.1.3.15	无	98 (LData)
N08020	3.5.3	3	7/85 (LData)
N08024	4.1.3.3	4	7/85 (LData)
N08028	4.1.3.4	4	2/86 (LData)
N08031	4.1.3.14	无	98 (LData)
N08032	4.1.3.13	无	94 (LData)
N08042	4.1.3.10	4	93 (LData)
N08135	4.1.5.9	4	94 (LData)
N08367	3.5.6	无	3/92 (LData)
N08367	3.5.10	无	98 (LData)
N08535	4.1.3.9	4	92 (LData)
N08800	4.1.2.1	4	78 (GF)
N08825	4.1.3.1	4	78 (GF)
N08826	4.1.3.12	4	94 (LData)
N08904	8.4.3	无	2001 (LData)
N08926	3.5.8	无	96 (LData)
N09925	4.1.3.2	4	7/85 (LData)
N09925	4.1.3.2	4	11/83 (LData)
N09777	4.1.3.8	4	95 (LData)
N10001 (CW2M)	4.1.5.8	4	91 (LData)
N10002	4.1.5.2	4	75 Orig(GF)
N10276	4.1.5.2	4	11/82 (LData)
N10276	4.1.5.2.1	4	11/82 (LData)
N26625	4.1.5.10	无	99 (LData)
N99640	5.2.5	无	75 Orig(GF)
N99644	5.2.5	无	75 Orig(GF)
N99645	5.2.5	无	75 Orig(GF)
N99646	5.2.5	无	75 Orig(GF)
R05200	4.3.1.3	无	75 Orig(GF)
R20033	4.1.3.16	4	1/85 (LData)
R30001	5.2.5	4	2001 (LData)
R30003	4.1.6.1	无	75 Orig(GF)
R30003	8.4.2.2	4	2/85 (LData)
R30004	4.1.6.1	无	2/85 (LData)
		4	78 (GF)

UNS 编号	在本标准中位置(章节)	在本标准的位置(表号)	收入本标准中最初日期
R30004	8.4.2.2	无	78 (GF)
R30006	5.2.5	无	75 Orig(GF)
R30012	5.2.5	无	75 Orig(GF)
R30035	4.1.6.1	4	78 (GF)
R30035	4.1.6.2	4	2/89 (LData)
R30035	4.1.6.2	4	5/81 (LData)
R30035	8.3.2	无	6/88 (LData)
R30159	8.4.2.4	5	7/89 (LData)
R30260	8.4.2.3	无	5/81 (LData)
R30605	4.1.7.1	4	80 (LData)
R31233	4.1.6.3	4	93 (LData)
R50400	4.2.1.4.3	4	3/85 (LData)
R53400	4.2.1.4.1	4	2/85 (LData)
R56260	4.2.1.4.4	4	8/85 (LData)
R56323	4.2.1.4.7	4	96 (LData)
R56403	4.2.1.4.5	4	93 (LData)
R56404	4.2.1.4.6	4	96 (LData)
R58640	4.2.1.4.2	4	2/85 (LData)
Rxxxxx	4.1.6.1	4	75 Orig(GF)
S15700	8.6.2	无	78 (GF)
S17400	3.8.1.1	4	75 Orig(GF)
S17400	3.8.1.2	4	78 (L&FData)
S20910	3.5.2	3(B8R &B8RA)	9/80 (LData)
S20910	9.2.2	无	11/83 (LData)
S30200	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S30400	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S30403	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S30500	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S30800	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S30900	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S31000	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S31254	3.5.5	无	91 (LData)
S31260	3.9.8	无	95 (LData)
S31266	3.5.12	无	99 (LData)
S31600	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S31603	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S31700	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S31803	3.9.1	3	80 (LData)
S31803	3.9.4	无	90 (LData)
S31803	3.9.4	无	3/92 (LData)
S32100	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S32200	3.5.7	无	94 (LData)
S32404	3.5.1	3	8/85 (LData)
S32550	3.9.1	3	3/85 (LData)
S32654	3.5.11	无	99 (LData)
S32750	3.9.5	无	5/92 (LData)
S32760	3.9.6	3	94 (LData)
S34565	3.5.13	无	99 (LData)
S34700	3.5.1	3	75 Orig(GF)
S39274	3.9.9	3	95 (LData)
S39277	3.9.11	3	95 (LData)
S40500	3.6.1	3	75 Orig(GF)
S41000	3.7.1	3	75 Orig(GF)
S41425	3.7.2.2	无	98 (LData)
S41426	10.2.1.6	无	98 (LData)
S42000(13Cr)	10.2.1.3	6	93 (LData)
S42000	10.2.1.4	无	94 (LData)
S42400	3.7.2	3	5/81 (LData)
S42500	10.2.1.5	无	94 (LData)

详细联系方式

名称：常州仁成金属制品有限公司

地址：江苏省常州市武进区遥观镇钱家工业区10号

电话：0519-83611681 / 0519-88387662 / 13337883086 / 13914344657

传真：0519-85121683 (7×24小时传真机)

官网：www.rcmetal.cn 官博：www.josen.net

邮箱：rencheng@rcmetal.cn

企业微信及公众号：

7×24小时客服微信：



微信扫一扫直接聊
不需加微信好友



金属博士公众号



常州精密钢管博客 公众号

业务微信联系： 微信①



微信手机号：13337883086

微信②



微信手机号：13914344657

NACE MR0175-2002

内部资料 注意保存

油田设备用抗硫应力裂纹的金属材料

编辑单位

中国阀门信息中心

沈阳阀门研究所

地址：沈阳市铁西区云峰北街3号

邮编：110025

电话：(024) 25653780, 25872517 转 2053

传真：(024)25653780