



名称: A333 / A333M - 18

## 标准规范

# 无缝和焊接钢管, 用于低温和其他要求的缺口韧性<sup>1</sup>的应用

本标准以固定名称 A333 / A333M 发行。名称后的数字表示最初采用的年份, 如果是修订版本, 则表示上次修订的年份。括号中的数字表示上次重新批准的年份。上标 (i1) 表示自上次修订或重新批准以来的编辑更改。

## 1. 范围\*

1.1 本规格书<sup>2</sup>涵盖了标称 (平均) 壁无缝和焊接碳及合金钢管, 适用于低温和要求缺口韧性的其他应用。列出了几种等级的铁素体钢表格 1。在此规格下, 某些产品尺寸可能不可用, 因为较大的壁厚会对冲击性能产生不利影响。

1.2 以 SI 单位或英寸-磅单位表示的值应分别视为标准值。在文本中, SI 单位显示在方括号中。每个系统中规定的值可能不完全相同; 因此, 每个系统应独立使用。将两个系统的值合并可能会导致不符合标准。除非订购中指定了本规格的 “M” 符号, 否则应使用英寸-磅单位。

注 1: 在本标准中, 无量纲代号 NPS (公称管道尺寸) 已被诸如 “公称直径”, “尺寸” 和 “公称尺寸” 等传统术语代替。

1.3 该国际标准是根据世界贸易组织技术性贸易壁垒 (TBT) 委员会发布的《关于制定国际标准, 指南和建议的原则的决定》中确立的国际公认的标准化原则制定的。

## 2. 参考文件

### 2.1 ASTM 标准:<sup>3</sup>

A370 机械测试的测试方法和定义 钢铁产品

<sup>1</sup> 本规范受 ASTM 委员会管辖 A01 小组委员会的直接责任 A01.10 不锈钢和合金钢管状产品上。

当前版本于 2018 年 11 月 1 日批准。于 2018 年 11 月发布。最初于 1950 年批准。最新的上一版本于 2016 年批准为 A333 / A333M -16。DOI: 10.1520 / A0333\_A0333M-18。

<sup>2</sup> 对于 ASME 锅炉和压力容器规范的应用, 请参阅该规范第二节中的相关规范 SA-333。

<sup>3</sup> 有关参考的 ASTM 标准, 请访问 ASTM 网站, [www.astm.org](http://www.astm.org), 或通过以下方式联系 ASTM 客户服务: [service@astm.org](mailto:service@astm.org)。有关 ASTM Standards 年鉴卷的信息, 请参阅 ASTM 网站上该标准的 “文档摘要” 页面。

A999/A999M 通用要求规范 合金和不锈钢管

A671/A671M 电熔焊接规范 大气和低温用钢管

E23 Me-缺口拉杆冲击试验的测试方法 材料

E165/E165M 液体渗透测试的实践 一般工业

E709 磁粉测试指南

2.2 ASME 锅炉和压力容器代码:<sup>4</sup>

第八节 第九节

## 3. 订购信息

3.1 本规范下的材料订单应包括以下内容, 以充分描述材料:

3.1.1 数量 (英尺, 厘米或长度数),

3.1.2 材料名称 (无缝或焊接管),

3.1.3 年级 (表格 1),

3.1.4 尺寸 (NPS 或外径以及平均壁厚的计划数量),

3.1.5 长度 (特定或随机) (部分 9), (请参见规范的长度允许变化部分 A999/A999M),

3.1.6 结束处理 (请参见规格的 “结束” 部分 A999/A999M),

3.1.7 可选要求, (请参阅 “化学成分” 部分中的 “热分析” 要求 A999/A999M, “焊接修复” 部分和 “无损检测要求” 部分),

3.1.8 需要测试报告, (请参阅规范的 “认证” 部分 A999/A999M),

3.1.9 规格名称, 以及

3.1.10 本规范的特殊要求或例外。

<sup>4</sup> 可从美国机械工程师学会 (ASME), ASME 国际总部 (纽约州纽约市帕克大街 2 号), 纽约 10016-5990, <http://www.asme.org>。

\* “变更摘要” 部分出现在本标准的末尾

表 1 化学要求<sup>a</sup>

| 元件                | 组成, %                  |           |           |                        |           |           |           |           |           |
|-------------------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                   | 1 级                    | 3 年级      | 四年级       | 6 年级                   | 7 年级      | 8 级       | 9 年级      | 10 年级     | 11 年级     |
| 最大碳               | 0.30                   | 0.19      | 0.12      | 0.30                   | 0.19      | 0.13      | 0.20      | 0.20      | 0.10      |
| 锰                 | 0.40–1.06 <sup>A</sup> | 0.31–0.64 | 0.50–1.05 | 0.29–1.06 <sup>A</sup> | 最高 0.90   | 最高 0.90   | 0.40–1.06 | 1.15–1.50 | 最高 0.60   |
| 磷,                | 0.025                  | 0.025     | 0.025     | 0.025                  | 0.025     | 0.025     | 0.025     | 0.035     | 0.025     |
| 最大                |                        |           |           |                        |           |           |           |           |           |
| 最高硫               | 0.025                  | 0.025     | 0.025     | 0.025                  | 0.025     | 0.025     | 0.025     | 0.015     | 0.025     |
| 硅                 | ...                    | 0.18–0.37 | 0.08–0.37 | 0.10 分钟                | 0.13–0.32 | 0.13–0.32 | ...       | 0.10–0.35 | 最高 0.35   |
| 镍                 | ...                    | 3.18–3.82 | 0.47–0.98 | 最高 0.40                | 2.03–2.57 | 8.40–9.60 | 1.60–2.24 | 最多 0.25   | 35.0–37.0 |
| 铬                 | ...                    | ...       | 0.44–1.01 | 最高 0.30                | ...       | ...       | ...       | 0.15 以下   | 最多 0.50   |
| 铜                 | ...                    | ...       | 0.40–0.75 | 最高 0.40                | ...       | ...       | 0.75–1.25 | 0.15 以下   | ...       |
| 铝                 | ...                    | ...       | 0.04–0.30 | ...                    | ...       | ...       | ...       | 最高 0.06   | ...       |
| 钒最大               | ...                    | ...       | ...       | 0.08                   | ...       | ...       | ...       | 0.12      | ...       |
| 铌 <sup>b</sup> 最大 | ...                    | ...       | ...       | 0.02 <sup>C</sup>      | ...       | ...       | ...       | 0.05      | ...       |
| 钼,                | ...                    | ...       | ...       | 0.12                   | ...       | ...       | ...       | 0.05      | 最多 0.50   |
| 最大                |                        |           |           |                        |           |           |           |           |           |
| 钴                 | ...                    | ...       | ...       | ...                    | ...       | ...       | ...       | ...       | 最多 0.50   |

<sup>A</sup>对于碳含量低于 0.30% 的每 0.01% 的减少, 则允许锰含量高于 1.06% 的 0.05% 的锰增加到最大 1.35% 的锰。

<sup>B</sup>如果此表中出现省略号 (...), 则没有要求, 并且无需确定或报告该元素的分析。

<sup>C</sup>根据制造商和购买者之间的协议, 热分析中的铌含量上限可以提高到 0.05%, 产品分析中的铌含量上限可以提高到 0.06%。

<sup>D</sup>术语铌 (Nb) 和钴 (Cb) 是同一元素的替代名称。

3.1.11 补充要求 (如果有的话) (小尺寸试样, 用于氢氟酸烷基化的管道)。

## 4. 材料与制造

4.1 制造—除非本段另有规定 4.2, 该管道应通过无缝或焊接工艺制成, 并在焊接操作中不添加填充金属。4 级应通过无缝工艺制成。

注 2: 对于由压力容器优质板制造的, 添加了填充金属的电熔焊接管, 请参见规格 A671/A671M。

4.2 可以通过焊接添加或不添加填充金属来生产 11 级管道。以下要求适用于添加了填充金属的 11 级焊接。

4.2.1 接头应采用“ASME 锅炉和压力容器规范”第 IX 节“定义”中定义的熔焊工艺进行全渗透, 全熔合双焊或单焊对接。不管在焊接过程中采用的焊接接头类型 (单焊缝还是双焊缝), 本规范都没有规定焊接质量要求的任何差异。如果使用衬条, 则环或条的材料应与被连接的板相同。焊接后, 在进行必要的射线照相之前, 应将衬圈或带条完全去除, 并目视检查裸露的焊缝表面是否符合要求。4.2.2. 禁止通过采用可保持原位的衬条或环的程序进行焊接。焊接程序和焊接操作人员应符合 ASME 锅炉和压力容器规范第 IX 节的要求。

4.2.2 焊缝两边的焊缝表面可与基板齐平, 或具有相当均匀的凸度, 不超过  $\frac{1}{8}$  in. [3 mm]。可以根据制造商的选择或通过制造商与购买者之间的协议来去除任何焊缝钢筋。钢筋的轮廓应合理光滑且无不规则。沉积的金属应均匀熔化

进入板表面。除非焊接金属的最终厚度等于或大于相邻母材的最小厚度, 否则不允许出现轮廓凹。

4.2.3 射线照相检查—所有焊接接头均应按照 ASME 锅炉和压力容器规范第 VIII 节第 1 部分最新版本 UW-51 的要求进行射线照相。

4.2.3.1 作为替代方案, 可以根据 ASME 锅炉和压力容器规范第 VIII 节第 1 部分的附录 12 对焊接接头进行超声波检查。

4.2.4 修理焊接—焊接金属缺陷应通过去除声音的金属进行修理, 如果获得买方的认可, 则应修理焊接。

4.2.4.1 修补物应平滑地混入周围的贱金属表面, 并按照惯例通过磁粉检查进行检查 E709, 或按照惯例使用液体渗透剂方法 E165/E165M。

4.2.4.2 空腔的每个修补焊缝, 其在修补焊接之前其深度应小于  $\frac{3}{8}$  英寸 [9.5 mm] 或较小的公称厚度的深度, 应按原始焊缝的要求进行射线照相检查。

4.2.5 横向拉伸试验—应对每个批次进行一次试验 (注 3) 制成的管道。应在整个焊接接头上取试样。焊接接头的拉伸试验结果应符合 11 级的抗拉性能。表 2。

4.2.5.1 试样应从成品管的末端取出。作为替代方案, 可以从与管子相同的材料的焊接延长物中取拉伸试样, 该焊接物附接到管的端部, 并作为延长管纵向接缝进行焊接。

4.2.5.2 试样应符合《ASME 锅炉和压力容器规范》第 QW 部分第 IX 节 QW-150 的规定, 并且应是该规范 QW-462.1 中所示的类型之一。在最终加工到一定尺寸之前, 可以将拉伸试样冷平。



# A333/A333M - 18

表 2 拉伸要求

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1 级               |                                     | 3 年级              |                   | 四年级               |                   | 6 年级              |                   | 7 年级              |                   | 8 级               |     | 9 年级              |      | 10 年级             |       | 11 年级           |     |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|------|-------------------|-------|-----------------|-----|--|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | psi               | 兆帕                                  | psi               | 兆帕                | psi               | 兆帕                | psi               | 兆帕                | psi               | 兆帕                | psi               | 兆帕  | psi               | 兆帕   | psi               | 兆帕    | psi             | 兆帕  |  |
| 拉伸强度, 最小值                                                                                                                                                                                                                                                                          | 55 000            | 380                                 | 65 000            | 450               | 60 000            | 415               | 60 000            | 415               | 65 000            | 450               | 100 000           | 690 | 63 000            | 435  | 80 000            | 550   | 65 000          | 450 |  |
| 屈服强度, 最小值                                                                                                                                                                                                                                                                          | 30 000            | 205                                 | 35 000            | 240               | 35 000            | 240               | 35 000            | 240               | 35 000            | 240               | 75 000            | 515 | 46 000            | 315  | 65 000            | 450   | 35 000          | 240 |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 纵                 | 横向                                  | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向  | 纵                 | 横向   | 纵                 | 横向    | 纵               |     |  |
| 伸长率为 2 in。或 50 毫米 (或 4D) , 最小基本最低<br>墙壁伸长率 $\geq 16$ in。[8 mm]以上<br>厚度, 剥离测试, 对于所有小尺寸<br>全面测试<br>当标准轮<br>2 项。或 50 毫米量规<br>长度或成比例<br>尺寸较小的测试<br>标本与量具<br>长度等于 4D (4 乘以直径) 是<br>用过的<br>对于试纸测试, 每个扣减 $\geq 32$ in。[0.8 mm]减少<br>壁厚低于 $\geq 16$ 距[...]英寸[8 毫米]<br>基本最低<br>伸长率<br>以下百分比 | 35                | 25                                  | 30                | 20                | 30                | 16.5              | 30                | 16.5              | 30                | 22                | 22                | ... | 28                | ...  | 22                | ...   | 18 <sup>A</sup> |     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 28                | 20                                  | 22                | 14                | 22                | 12                | 22                | 12                | 22                | 14                | 16                | ... | ...               | ...  | 16                | ...   | ...             |     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1.75 <sup>B</sup> | 1.25 <sup>B</sup>                   | 1.50 <sup>B</sup> | 1.00 <sup>B</sup> | 1.50 <sup>B</sup> | 1.00 <sup>B</sup> | 1.50 <sup>B</sup> | 1.00 <sup>B</sup> | 1.50 <sup>B</sup> | 1.00 <sup>B</sup> | 1.25 <sup>B</sup> | ... | 1.50 <sup>B</sup> | ...  | 1.25 <sup>B</sup> | ...   | ...             |     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                   | 伸长率为 2 英寸或 50 毫米 (最小值) <sup>C</sup> |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |     |                   |      |                   |       |                 |     |  |
| 室壁厚度                                                                                                                                                                                                                                                                               |                   | 1 级                                 |                   | 3 年级              |                   | 四年级               |                   | 6 年级              |                   | 7 年级              |                   | 8 级 |                   | 9 年级 |                   | 10 年级 |                 |     |  |
| 在。                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 毫米                | 纵                                   | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵                 | 横向                | 纵   | 横向                | 纵    | 横向                | 纵     | 横向              |     |  |
| $\frac{1}{16}$ (0.312)                                                                                                                                                                                                                                                             | 8                 | 35                                  | 25                | 30                | 20                | 30                | 16                | 30                | 16                | 30                | 22                | 22  | ...               | 28   | ...               | 22    | ...             |     |  |
| $\frac{1}{32}$ (0.281)                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.2               | 33                                  | 24                | 28                | 19                | 28                | 15                | 28                | 15                | 28                | 21                | 21  | ...               | 26   | ...               | 21    | ...             |     |  |
| $\frac{1}{4}$ (0.250)                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.4               | 32                                  | 23                | 27                | 18                | 27                | 15                | 27                | 15                | 27                | 20                | 20  | ...               | 25   | ...               | 20    | ...             |     |  |
| $\frac{3}{32}$ (0.219)                                                                                                                                                                                                                                                             | 5.6               | 30                                  | ...               | 26                | ...               | 26                | ...               | 26                | ...               | 26                | ...               | 18  | ...               | 24   | ...               | 18    | ...             |     |  |
| $\frac{1}{16}$ (0.188)                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.8               | 28                                  | ...               | 24                | ...               | 24                | ...               | 24                | ...               | 24                | ...               | 17  | ...               | 22   | ...               | 17    | ...             |     |  |
| $\frac{3}{32}$ (0.156)                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                 | 26                                  | ...               | 22                | ...               | 22                | ...               | 22                | ...               | 22                | ...               | 16  | ...               | 20   | ...               | 16    | ...             |     |  |
| $\frac{1}{8}$ (0.125)                                                                                                                                                                                                                                                              | 3.2               | 25                                  | ...               | 21                | ...               | 21                | ...               | 21                | ...               | 21                | ...               | 15  | ...               | 19   | ...               | 15    | ...             |     |  |
| $\frac{3}{32}$ (0.094)                                                                                                                                                                                                                                                             | 2.4               | 23                                  | ...               | 20                | ...               | 20                | ...               | 20                | ...               | 20                | ...               | 13  | ...               | 18   | ...               | 13    | ...             |     |  |
| $\frac{1}{16}$ (0.062)                                                                                                                                                                                                                                                             | 1.6               | 21                                  | ...               | 18                | ...               | 18                | ...               | 18                | ...               | 18                | ...               | 12  | ...               | 16   | ...               | 12    | ...             |     |  |

<sup>A</sup>等级 11 的延伸率适用于所有墙体和小尺寸的完整截面测试。

<sup>B</sup>下表列出了计算出的最小值。

<sup>C</sup>计算得出的伸长率要求应四舍五入至最接近的整数。

注意: 上表给出了每个  $\frac{1}{32}$ -in 的最小伸长率值。壁厚减小 [0.80-mm]。当壁厚介于上述两个值之间时, 最小伸长率值由以下公式确定:

| 年级     | 测试方向 | 方程                                      |
|--------|------|-----------------------------------------|
| 1      | 纵    | $E = 56 t + 17.50 [E = 2.19 t + 17.50]$ |
|        | 横    | $E = 40 t + 12.50 [E = 1.56 t + 12.50]$ |
| 3      | 纵    | $E = 48 t + 15.00 [E = 1.87 t + 15.00]$ |
|        | 横    | $E = 32 t + 10.00 [E = 1.25 t + 10.00]$ |
| 4      | 纵    | $E = 48 t + 15.00 [E = 1.87 t + 15.00]$ |
|        | 横    | $E = 32 t + 6.50 [E = 1.25 t + 6.50]$   |
| 6      | 纵    | $E = 48 t + 15.00 [E = 1.87 t + 15.00]$ |
|        | 横    | $E = 32 t + 6.50 [E = 1.25 t + 6.50]$   |
| 7      | 纵    | $E = 48 t + 15.00 [E = 1.87 t + 15.00]$ |
|        | 横    | $E = 32 t + 11.00 [E = 1.25 t + 11.00]$ |
| 8 和 10 | 纵    | $E = 40 t + 9.50 [E = 1.56 t + 9.50]$   |
| 9      | 纵    | $E = 48 t + 13.00 [E = 1.87 t + 13.00]$ |

哪里:

$E$  = 伸长率为 2 英寸或 50 毫米, 以 % 为单位, 并且

$t$  = 样品的实际厚度, 单位 [mm]。

4.2.6 横向导引弯曲试验—应进行一次横向导引弯曲试验 (两个样本) 以代表每个批次 (注 3) 制成的管道。

4.2.6.1 应从成品管末端的焊缝中取出两个弯曲试样。或者, 通过买方和制造商之间的协议, 测试



可以从与管子相同材料的试验板上取样品，该试验板固定在管子的末端，并作为管子纵向接缝的延长部分进行焊接。

4.2.6.2 弯曲试验应符合 ASME 锅炉和压力容器规范第 IX 节的 QW-160。

4.2.7 夏比 V 型缺口冲击试验—焊接接头的冲击试验应包括对焊接金属和热影响区的试验，并应满足与母材相同的要求。（看到表 3 和表 4）。

4.2.7.1 每套焊缝金属冲击试验样品应在焊缝上截取，且缺口在焊缝金属中。每个测试样品的方向应使其切口垂直于材料表面，并且样品的一个面应位于材料表面的  $\frac{1}{16}$  英寸 [1.5 mm] 以内。

4.2.7.2 每组受热影响区的冲击试样均应取自焊缝，且长度应足以在蚀刻后在热影响区中定位凹口。切口应大致垂直于材料表面切割，其方式应在所产生的断裂中包括尽可能多的热影响区材料。

注 3：术语“批”适用于在  $\frac{1}{16}$  英寸 [4.7 毫米] 厚度范围内并焊接到焊接过程中的所有管道（可能包括不止一种钢种），并且在进行热处理后，在相同的热处理程序和相同的熔炉中完成。管道的最大批量应为 200 线性英尺 [60 m]。

#### 4.3 热处理：

4.3.1 除 8 级和 11 级外，所有无缝管和焊接管均应按照以下方法之一进行处理，以控制其微观结构：

4.3.1.1 通过加热至不低于 1500°F [815°C] 的均匀温度进行标准化，并在空气中或在气氛控制炉的冷却室内进行冷却。

4.3.1.2 标准化为 4.3.1.1，然后由制造商决定将其重新加热到合适的回火温度。

4.3.1.3 仅对于无缝工艺，重新加热和控制热加工，并将热精加工操作的温度控制在 1550 至 1750°F [845 至 945°F

°C]，然后在空气或可控气氛炉中从不低于 1550°F [845°C] 的初始温度冷却。

4.3.1.4 视为 4.3.1.3 然后由制造商决定将其重新加热到合适的回火温度。

4.3.1.5 可以通过加热到不低于 1500°F [815°C] 的均匀温度来热处理 1 级，6 级和 10 级的无缝管，然后在液体中淬火并

表 4 冲击温度

| 年级 | 冲击试验温度 |      |
|----|--------|------|
|    | °F     | °C   |
| 1  | -50    | -45  |
| 3  | -150   | -100 |
| 4  | -150   | -100 |
| 6  | -50    | -45  |
| 7  | -100   | -75  |
| 8  | -320   | -195 |
| 9  | -100   | -75  |
| 10 | -75    | -60  |
| 11 | -320   | -195 |

再加热到合适的回火温度，以代替 4.3.1。

4.3.2 制造商应通过以下两种方法对 8 级管道进行热处理：

4.3.2.1 淬火和回火—加热至 1475 6 25°F [800 6 15°C] 的均匀温度；在此温度下以 1 h / in 的比率保持最短时间。[2 min / mm] 的厚度，但不得少于 15 分钟；通过浸入循环水中淬灭。重新加热，直到管道达到 1050 至 1125°F [565 至 605°C] 的均匀温度为止；在此温度下以 1 h / in 的比率保持最短时间。[2 min / mm] 的厚度，但不得少于 15 分钟；在空气或水中冷却，冷却速度不低于 300°F [165°C] / h。

4.3.2.2 双重规格化和回火型—加热至 1650 6 25°F [900 6 15°C] 的均匀温度；在此温度下以 1 h / in 的比率保持最短时间。[2 min / mm] 的厚度，但不得少于 15 分钟；凉爽的空气。重新加热，直到管道达到 1450 的均匀温度

6 25 °F [790 6 15 °C]；在此温度下以 1 h / in 的比率保持最短时间。[2 min / mm] 的厚度，但不得少于 15 分钟；凉爽的空气。再加热到 1050 至 1125°F [565 至 605

°C]；在此温度下保持至少 1 小时/英寸的时间。[2 分钟/毫米] 的厚度，但不得少于 15 分钟；在空气或水中冷却，冷却速度不低于 300°F [165°C] / h。

4.3.3 是否退火 11 级管道是买卖双方之间的协议。当 11 级管道退火时，应在 1400 至 1600°F [760 至 870°C] 的范围内进行归一化。

4.3.4 获得试样的材料应与所配管处于相同的热处理条件下。待取材的材料应在样品制备前进行热处理。

4.3.5 当订单中有规定时，应从受过应力的全厚度试件中取出试样。

表 3 1、3、4、6、7、9、10 和 10 级的影响要求

| 标本尺寸，<br>mm | 11<br>最低平均缺口<br>每组三个样品的条<br>冲击值 <sup>a</sup> |    | 最小缺口<br>仅一个样本的影响值<br>一套 <sup>a</sup> |    |
|-------------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------|----|
|             | 英尺 • 磅                                       | J  | 英尺 • 磅                               | J  |
|             |                                              |    |                                      |    |
| 10 乘 10     | 13                                           | 18 | 10                                   | 14 |
| 10 x 7.5    | 10                                           | 14 | 8                                    | 11 |
| 10 x 6.67   | 9                                            | 12 | 7                                    | 9  |
| 10 乘 5      | 7                                            | 9  | 5                                    | 7  |
| 10 乘 4      | 7                                            | 7  | 3                                    | 4  |
| 10 乘 2.5    | 4                                            | 5  | 3                                    | 4  |

<sup>a</sup> 对于中间值进行直线插值。

从热处理管上取下后，释放的气体释放。试件应逐渐均匀地加热到规定的温度，并根据该温度保持一段时间。表 5，然后将炉子冷却到不超过 600°F [315°C] 的温度。8 级空气或水中的最低冷却速率应为 300°F [165°C] / h，至不超过 600°F [315°C]。

## 5. 化学成分

5.1 钢材应符合关于化学成分的要求表格 1。



表 5: 试件的应力消除

| 金属温度 <i>A, B</i> |     |              |     | 最低持仓<br>时间, h<br>/ in. [分钟/<br>毫米] |
|------------------|-----|--------------|-----|------------------------------------|
| 1、3、6、7 和 10 年级  |     | 四年级 <i>C</i> |     |                                    |
| °F               | °C  | °F           | °C  |                                    |
| 1100             | 600 | 1150         | 620 | 1 [2.4]                            |
| 1050             | 565 | 1100         | 600 | 2 [4.7]                            |
| 1000             | 540 | 1050         | 565 | 3 [7.1]                            |

<sup>A</sup>对于中间温度, 保持时间应通过以下方式直接确定:  
线插值。

<sup>B</sup>8 级应在 1025 至 1085°F [550 至 585°C] 时消除应力, 保持至少 2 h 的时间, 直到厚度达到 1.0 in. [25.4 mm], 再加上至少 1 h 每增加 1 英寸[25.4 毫米]的厚度, 并在空气或水中以最低 300°F [165°C] / h 的速度冷却至不超过 600°F [315°C] 的温度。<sup>C</sup>除非另有规定, 否则应在 1150° F [620° C] 的温度下释放 4 级应力。

5.2 根据本规范订购的等级 1、6 或 10 时, 提供的合金等级明确要求添加除订购的等级中所列元素以外的任何元素。表格 1 不允许。但是, 允许添加钢脱氧所需的元素。

## 6. 产品分析

6.1 应买方的要求, 制造商应分析每个加热炉的一个坯料或两个扁钢样品或每个批次的两个管子。许多管道应包括以下内容:

| NPS 代号 | 小于 2 的管道长度 |
|--------|------------|
| 2 到 6  | 400 或以下    |
| 超过 6   | 200 以下     |
|        | 100 或以下    |

6.2 这些分析的结果应报告给购买者或购买者的代表, 并应符合规定的要求。

6.3 如果分析中指定的一项测试 6.1 如果不符合规定的要求, 则可对同一炉次或同一批的每个坯料或管子进行分析, 并接受所有符合要求的坯料或管子。

## 7. 拉伸要求

7.1 该材料应符合关于抗拉性能的规定表 2。

## 8. 影响要求

8.1 对于 1 级, 3 级, 4 级, 6 级, 7 级, 9 级, 10 级和 11 级, 每组三个冲击试样 (包括壁厚为 0.120 英寸的焊接管中的焊接接头试样) 的缺口冲击性能。 [3 mm] 以上, 在符合以下条件的温度下进行测试时 14.1 应不少于表 3。

8.1.1 如果一个试样的冲击值低于最小值, 或者两个试样的冲击值小于最小平均值但不低于单个试样所允许的最小值, 则应允许重新测试。重新测试应包括再破坏三个样本, 每个样本必须等于或超过要求的平均值

值。如果由于有缺陷的样品而导致不稳定的结果, 或者测试程序存在不确定性, 则将进行重新测试被) 允许。

8.2 对于 8 级, 每个带缺口的条形冲击试样应在与该缺口相对的位置显示出不小于 0.015 英寸[0.38 毫米]的横向膨胀。

8.2.1 当三个方向的平均横向膨胀值

冲击样本等于或超过 0.015 英寸[0.38 毫米], 并且一个样本的值小于 0.015 英寸[0.38 毫米]但不小于 0.010 英寸[0.25 毫米], 则可以再测试三个样本。每个再测试样本的横向膨胀必须等于或超过 0.015 英寸[0.38 毫米]。

8.2.2 横向膨胀值应通过试验方法和定义中的程序确定 A370。

8.2.3 记录下以磅-英尺[焦耳]为单位的吸收能量值和以百分比剪切的形式出现的断裂现象, 以供参考。这些值的记录应保留至少 2 年。

## 9. 长度

9.1 如果不需要确定的长度, 则可以订购 16 至 22 ft 的单个随机长度的管道 (注 4) 的最大长度为 12 到 16 英尺 (注 4), 或平均长度至少为 35 ft 的双倍随机长度 (注 4), 且绝对最小长度为 22 英尺 (注 4) 的最大长度为 16 到 22 英尺 (注 4)。

注 4: 当以本规范的英寸-磅标记为购买依据时, 适用此值。当以本规范的 “M” 标记为购买依据时, 制造商和购买者之间应就相应的度量值达成一致。

## 10. 工艺, 表面处理和外观

10.1 管道制造商应探索足够数量的视觉表面缺陷, 以合理保证已对深度进行了正确评估。不需要探索所有表面缺陷, 但可能需要进行探索以确保符合 10.2。

10.2 渗透超过标称壁厚的 12.5% 或侵害最小壁厚的表面缺陷应视为缺陷。具有此类缺陷的管道应采取以下措施之一:

10.2.1 只要剩余壁厚在规定的范围内, 可以通过打磨去除缺陷。

10.2.2 按照修理焊接规定进行修理 10.5。

10.2.3 含有缺陷的管段可以在长度要求的范围内切除。

10.2.4 有缺陷的管道可能会被拒绝。

10.3 提供与工人相似的外观和评估符合性的基础 10.2, 管道制造商应通过研磨以下材料去除:

10.3.1 机械痕迹, 擦伤和凹痕, 其中任何缺陷的深度都大于 1/16 in. [1.6 mm], 并且

10.3.2 视力缺陷通常指通过根据以下内容进行探索而发现的结 ab, 接缝, 搭接, 撕裂或裂痕 10.1 比标称壁厚的 5% 深。



10.4 买方应酌情决定, 如果根据 10.2 不会散落, 但会出现在超过被视为工人般的外观的大面积区域。此类管道的处置应由制造商与购买者之间达成协议。

10.5 当通过研磨去除缺陷或缺陷时, 应保持光滑的弯曲表面, 并且壁厚不得减小到低于本规范允许的范围。磨削点的外径可能会减少这样去除的量。

10.5.1 壁厚的测量应使用机械卡尺或适当精度的, 适当校准的无损检测装置进行。如有争议, 应以使用机械卡尺确定的测量为准。

10.6 焊缝修复应仅在获得买方批准并符合规范的情况下允许 A999/A999M。

10.7 成品管应合理笔直。

## 11. 一般要求

11.1 提供给本规范的材料应符合当前规范版本的适用要求 A999/A999M 除非本文另有规定。

## 12. 机械测试

12.1 采样—对于机械测试, 术语“批”适用于具有相同公称尺寸和壁厚(或规格)的所有管, 这些管是用相同的钢热生产的, 并在连续炉中进行了相同的精加工处理。如果最终热处理是在分批式炉中进行, 则该批次仅包括在同一炉料中进行过热处理的那些管。

12.2 横向或纵向拉伸试验和展平试验—对于在分批式炉中进行热处理的材料, 应对每批中 5% 的管道进行试验。如果采用连续工艺进行热处理, 则应在足以构成该批次的 5% 的管道上进行测试, 但不得少于 2 根。

12.3 冲击试验—对从成品管上取下的试样施加的热处理负荷所代表的每种热量均应进行一次缺口试验, 该试验包括将三个试样折断。该测试仅代表来自相同热量和相同热处理负荷的管, 其壁厚不超过  $\frac{1}{4}$  in. [6.3 mm] 的壁厚。标本被采取。如果在控制在 50°F [30°C] 范围内并配有记录高温计的连续式或间歇式炉中进行热处理, 则可获得完整的热处理记录, 则只能在连续运行中对每种热量进行一次测试应要求代替每个热处理负荷中的每个热量进行一次测试。

12.4 冲击试验(焊管)—在焊管上, 附加冲击试验的数量应与 12.3 应进行焊缝测试。

12.5 在加工过程中或在测试之前显示出缺陷的标本可以被丢弃, 而替代品应被视为原始标本。

12.6 从这些测试中获得的结果应报告给购买者或其代表。

## 13. 冲击试验标本

13.1 缺口试棒冲击试样应为简单梁, 夏比型, 符合测试方法 E23, 键入带有 V 形槽口的 A。除非要测试的材料厚度不足, 否则应使用横截面为 10 x 10 mm 的标准样品, 在这种情况下, 应使用可获得的最大尺寸的样品。夏比试样沿缺口的宽度大于 0.394 英寸[10 毫米]或小于本规格中未提供 0.099 英寸[2.5 毫米]。

13.2 应获得试样, 使试样的纵轴平行于管子的纵轴, 而切口的轴应垂直于表面。在壁厚为 1 in. [25 mm] 或更小的壁厚上, 应获得其轴向平面位于中点的样本; 在壁厚超过 1 英寸[25 mm] 的情况下, 应获得其样本的轴向平面距外表面  $\frac{1}{2}$  英寸[12.5 mm] 的样本。

13.3 在进行试验焊接时, 只要直径和厚度允许, 试样应垂直于管道的纵轴, 且试样的凹口在焊接接头中且垂直于表面。当直径和厚度不允许获得横向试样时, 应根据纵向试样 13.2 应获得; 缺口的底部应位于焊缝处。

## 14. 碰撞测试

14.1 除非成品管的尺寸不足以允许获得小尺寸的冲击试样, 否则所有材料均应符合本规范的规定并根据本节进行标记 16 应对如图所示的各个等级的温度进行抗冲击性测试表 4。

14.1.1 根据制造商和购买者之间的协议, 可以在其他温度下对个别物料进行特殊冲击试验, 条件是试验温度要低于本标准中每个等级列出的温度。表 4。

14.1.2 当使用小尺寸的夏比冲击试样并且沿缺口的宽度小于原始材料的实际壁厚的 80% 时, 指定的 1、3、4、6、7、9、10 级夏比冲击试验温度为和 11 应低于图中所示的温度表 4 对于各个等级。在这种情况下, 降温值的数量应等于差值(如表 6)对应于实际材料厚度的温度降低与对应于实际测试的夏比试样宽度的温度降低之间的关系。附录 X1 显示了如何确定温度降低的一些示例。

14.2 缺口试棒冲击试验应按照试验方法的简单梁夏比式试验的程序进行 E23。



表 6 降低冲击温度

| 试样宽度沿缺口或实际材料厚度在。 |                 | 降温, 低温 <sup>4</sup> |    |
|------------------|-----------------|---------------------|----|
|                  | 毫米              | °F                  | °C |
| 0.394            | 10 (标准尺寸)       | 0                   | 0  |
| 0.354            | 9               | 0                   | 0  |
| 0.315            | 8               | 0                   | 0  |
| 0.295            | 7.5 (1/4 标准尺寸)  | 5                   | 3  |
| 0.276            | 7               | 8                   | 4  |
| 0.262            | 6.67 (2/3 标准尺寸) | 10                  | 5  |
| 0.236            | 6               | 15                  | 8  |
| 0.197            | 5 (1/2 标准尺寸)    | 20                  | 11 |
| 0.158            | 4               | 30                  | 17 |
| 0.131            | 3.33 (1/3 标准尺寸) | 35                  | 19 |
| 0.118            | 3               | 40                  | 22 |
| 0.099            | 2.5 (1/4 标准尺寸)  | 50                  | 28 |

<sup>4</sup>允许对中间值进行直线插补。

### 14.3 针对温度低于 70 的冲击试验

°F [20°C]应采取以下预防措施。冲击试样和操作钳应在适当的容器中冷却足够的时间,以使两者均达到所需的温度。温度应使用热电偶,温度计或任何其他合适的设备进行测量,并应根据“测试方法和定义”进行控制 A370,第 25 节。应将样品从冷却装置迅速转移到夏比冲击试验机的砧座上,并在不超过 5 秒的时间内破裂。

## 15. 静液压或无损电气测试

15.1 每条管道应进行无损电气测试或静水压力测试。除非采购订单中另有规定,否则使用的测试类型应由制造商决定。

15.2 静水压试验应符合规范 A999/A999M。

15.3 无损电测试—无损电测试应符合规范 A999/A999M,并添加以下内容:

15.3.1 如果测试信号是由视觉缺陷产生的,位置(列在 15.3.2),只要缺陷不超过 0.004 英寸(0.1 毫米)或指定壁厚的 12.5% (以较大值为准)。

15.3.2 视觉缺陷:

15.3.2.1 划痕,

15.3.2.2 表面粗糙度,

15.3.2.3 钟声,

15.3.2.4 矫直机标记,

15.3.2.5 切屑

15.3.2.6 钢模邮票

15.3.2.7 停止标记,或

15.3.2.8 异径管波纹。

## 16. 产品标记

16.1 除非修改为 16.1.1,以及规范中规定的标记 A999/A999M,标记应包括热精,冷拉,无缝或焊接,附表编号和字母“LT”,后跟进行冲击试验的温度,但由于减小试样尺寸而需要降低试验温度时,在这种情况下,应标出适用于全尺寸试样的较高冲击试验温度。

16.1.1 当成品管的尺寸不足以获取小尺寸的冲击试样时,除非规定了补充要求 S1,否则标记中不应包含字母“LT”和指示的测试温度。

16.1.2 当管道处于淬火和回火状态时,标记应包括字母“QT”,并将热处理条件报告给购买者或其代表。

## 17. 关键词

17.1 低;低温服务;无缝钢管不锈钢管;钢管温度服务应用

## 补充要求

以下补充要求仅在买方在合同或订单中指定时适用。

### S1. 小型冲击试样

S1.1 当成品管的尺寸不足以获取亚尺寸的冲击试样时,测试应由制造商与购买者之间达成协议。

### S2. 氢氟酸烷基化服务管道的要求

S2.1 根据热量分析,如果指定壁厚等于或小于 1 英寸 [25.4 毫米],则碳当量 (CE) 不得超过 0.43%;如果指定壁厚大于 1 的碳当量 (CE),不得超过 0.45%英寸 [25.4 毫米]。

S2.2 碳当量应使用以下公式确定:

$$CE = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

S2.3 基于质量百分比的热分析,钒含量不超过 0.02%,铌含量不超过 0.02%,钒和铌含量之和不超过 0.03%。

S2.4 基于质量百分比的热分析,镍和铜的含量之和不得超过 0.15%。

S2.5 基于热量分析,以质量百分比计,碳含量不得少于 0.18%。

S2.6 修补焊缝的焊接材料应为低氢型。不得使用 E60XX 焊条，并且所产生的焊接化学物质应满足管道规定的化学成分要求。

S2.7 在每根管子上应加盖“HF”标记或标志，以表明该管子符合本补充要求。

## 附录

### (强制性信息)

#### x1. 确定降温

X1.1 在下列情况下 14.1.2，在表 4 必须降低。提供以下示例来描述条款的应用 14.1.2.

X1.1.1 使用小尺寸试样时（参见 10.1），并且沿着小尺寸试样的缺口的宽度在原始材料的实际壁厚的 80% 或更大的范围内，14.1.2 请勿应用。

X1.1.1.1 例如，如果管子的实际壁厚为 0.200 英寸 [5.0 毫米]，并且可得到的最大亚尺寸试样沿缺口的宽度为 0.160 英寸 [4 毫米] 或更大，则测试不会减少温度是必需的。

X1.1.2 当沿小尺寸试样缺口的宽度小于管子实际壁厚的 80% 时，

所需的测试温度降低量是通过计算下图所示的温度降低值之间的差来计算的表 6 实际的管道厚度和所使用的样品宽度。

X1.1.2.1 例如，如果管子的厚度为 0.262 英寸 [6.67 毫米]，并且沿夏比试样缺口的宽度为 3.33 毫米（标准尺寸的 1/3），则测试温度必须降低 25° F [14°C]。即，对应于小尺寸样本的温度降低为 35°F [19°C]；对应于实际管道厚度的温度降低为 10°F [5°C]；这两个值之间的差异是要求降低测试温度。

## 变更摘要

自上一期 A333 / A333M – 16 以来，委员会 A01 已经确定了对本规范进行某些更改的位置，这可能会影响本规范的使用。（2018 年 11 月 1 日批准）

- (1) 从中删除“最低”一词表 4.
- (2) 从中删除“最低”一词 14.1 和 14.1.2，并阐明了特殊的冲击试验温度 14.1.1.

- (3) 参照“测试方法和定义”替换了测试温度公差 A370，第 25 节 14.3.

ASTM International 对本标准中提及的任何项目所主张的任何专利权的有效性不持任何立场。明确建议本标准的使用者，确定任何此类专利权的有效性以及侵犯此类权利的风险完全由他们自己承担。

本标准随时由负责的技术委员会进行修订，并且必须每五年进行一次审核，如果未经修订，则应重新批准或撤销。欢迎您提出意见，以修订本标准或提出其他标准，并发送给 ASTM 国际总部。您的意见将在您可能参加的负责的技术委员会的会议上得到认真的考虑。如果您认为自己的评论没有得到公正的听证，则应在下面显示的地址向 ASTM 标准委员会告知您的观点。

本标准的版权归美国 ASTM International 版权所有，地址为 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, 美国。通过上述地址或 610-832-9585 (电话)，610-832-9555 (传真) 或以下地址联系 ASTM，可以获得本标准的单独重印本（单份或多份）。[service@astm.org](mailto:service@astm.org) (电子邮件)；或通过 ASTM 网站 ([www.astm.org](http://www.astm.org))。也可以从版权清除中心（版权清除中心，222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, 电话：(978) 646-2600) 获得该标准的复印权。<http://www.copyright.com/>