



A691-98 (2007)

## 高温高压服役条件用电熔焊碳钢 和合金钢管标准

本标准以固定代号 A691 发布的。其后的数字表示原文本正式通过的年号；在有修订的情况下，为最后一次的修订年号；圆括号中的数字为最后一次重新确定的年号。上标符号 (e) 表示与上次修订或重新确定的版本有编辑上的变化。

### 1. 适用范围

1.1 本标准适用于高温、高压条件下用钢管，由几种化学成分、强度等级和压力容器品质钢板、用添加填充金属电熔化焊制成。为获得所需性能或者为了符合应用规范的要求，可能不需要热处理。提供有若干补充要求供当需要附加试验或检验时选用。

1.2 本标准通常适用于外径不小于 16in(405mm)及壁厚大于等于 1/4in(6.4mm)的钢管。还可能供符合本标准全部其他要求的其他尺寸的钢管。

1.3 提供有几种级别和类别的钢管。

1.3.1 级别是指所用钢板的类型。

1.3.2 类别是指制造钢管时所进行热处理的类型，焊缝是否进行射线检验，以及钢管是否按

1.3.3 所列进行水压试验。

1.3.3 类别的编号如下 (NOTE1)

类别	热处理	射线检验的节号	水压试验
10	无	无	无
11	无	9	无
12	无	9	8.3
20	消除应力处理, 见 5.3.1	无	无
21	消除应力处理, 见 5.3.1	9	无
22	消除应力处理, 见 5.3.1	9	8.3
23	消除应力处理, 见 5.3.1	无	8.3
30	正火, 见 5.3.2	无	无
31	正火, 见 5.3.2	9	无
32	正火, 见 5.3.2	9	8.3
33	正火, 见 5.3.2	无	8.3
40	正火加回火, 见 5.3.3	无	无
41	正火加回火, 见 5.3.3	9	无
42	正火加回火, 见 5.3.3	9	8.3
43	正火加回火, 见 5.3.3	无	8.3
50	淬火加回火, 见 5.3.4	无	无
51	淬火加回火, 见 5.3.4	9	无

52	淬火加回火, 见 5.3.4	9	8.3
53	淬火加回火, 见 5.3.4	无	8.3
60	正火加沉淀热处理	无	无
61	正火加沉淀热处理	9	无
62	正火加沉淀热处理	9	8.3
63	正火加沉淀热处理	无	8.3
70	淬火加沉淀热处理	无	无
71	淬火加沉淀热处理	9	无
72	淬火加沉淀热处理	9	8.3
73	淬火加沉淀热处理	无	8.3

NOTE1: 选择材料应注意使用温度。选用导则可参照 A 20 标准。

1.4 当要求时, 允许作用可选择的供应要求, 额外的试验和对补焊的控制。

1.5 以英寸-磅单位表示的数值应认作为标准值。

## 2. 引用标准

### 2.1 ASTM 标准:

#### 2.1.1 一般标准:

A 20/A 20M 压力容器用钢板通用要求

A 204/A 204M 压力容器用钢板, 合金钢, 铝钢标准

A 229/A 229M 压力容器用钢板, 碳钢, 锰-硅钢标准

A 370/A 370M 钢制品力学性能试验方法和定义

A 387/A 387M 压力容器用铬-钼合金钢标准

A 435/A 534M 钢板超声波直射波检验

A 530/A 530M 专门用碳钢和合金钢管通用要求

A 577/A 577M 钢板超声斜射波检验

A 578/A 578M 特殊用途普通钢板与复合钢板的超声直射波检验

E 165 液体渗透检查方法和实用规程

E 709 磁粉检验实用规程

### 2.2 ASME 锅炉及压力容器规范:

第 II 卷, 材料标准

第 III 卷, 核容器

第 VIII 卷, 不接火压力容器

第 IX 卷, 焊接评定

## 3. 术语

### 3.1 本标准专用术语说明:

3.1.1 一批是指由同一炉钢生产 200ft(61m)或其余数的钢管。

3.1.1.1 可以用补充要求 S12 对一批作进一步的限定。

## 4. 订货须知

4.1 订购本标准的询价单和订货单应包括以下内容:

4.1.1 数量 (英尺、米或根数);

4.1.2 材料名称 (钢管, 电熔焊);

4.1.3 标准号;

4.1.4 等级和类别 (见 1.3);

4.1.5 尺寸 (内径或外径, 公称或最小壁厚);

4.1.6 长度 (定尺或不定尺);

表 1、钢板材料

钢管等级	钢种	ASTM 标准		HB, max.
		标准号	等级	
CM-65	碳钼钢	A 204/A 204M	A	201
CM-70	碳钼钢	A 204/A 204M	B	201
CM-75	碳钼钢	A 204/A 204M	C	201
CMSH-70	碳锰硅钢, 正火	A 537/A 537M	1	
CMS-75	碳锰钢	A 299/A 299M	...	...
CMSH-80	碳锰硅钢, 淬火+回火	A 537/A 537M	2	201
1/2 CR	1/2%铬, 1/2%钼钢	A 387/A 387M	2	201
1 CR	1%铬, 1/2%钼钢	A 387/A 387M	12	201
1 1/4 CR	1 1/4%铬, 1/2%钼钢	A 387/A 387M	11	201
2 1/4 CR	2 1/4%铬, 1%钼钢	A 387/A 387M	22	201
3 CR	3%铬, 1%钼钢	A 387/A 387M	21	201
5 CR	5%铬, 1/2%钼钢	A 387/A 387M	5	225
9 CR	9%铬, 1%钼钢	A 387/A 387M	9	241
91	9%铬, 1%钼, 钒, 铌	A 387/A 387M	91	241

4.1.7 管端加工;

4.1.8 需方选择, 如果有的话 (见 5.2.3, 11.3, 11.4, 1.1);

4.1.9 补充要求, 如果有的话 (参见 S1 到 S12) .

## 5. 材料和制造

5.1 材料—钢板材料应符合表 1 所列订货钢管等级所对应的钢板标准的要求。

### 5.2 焊接:

5.2.1 焊接接头应按照操作规程采用双面全焊透焊缝, 应由按照 ASME 锅炉和压力容器第 XI 卷评定合格的焊工或焊接操作工施焊。

5.2.2 焊缝应采用填充金属熔敷的电焊方法, 由手工或自动焊接。

5.2.3 焊接接头的内外表面的中心部分应有余高加厚, 但不大于 1/8in(3.2mm)。这种余高可由制造厂去除, 或按供需双方协议去除, 余高处的表面应光滑, 焊缝金属应光滑而均匀地与钢板表面过渡。

5.2.4 当按照 9.1 条进行焊缝射线检验时, 焊缝应按照 ASME 锅炉与压力容器规范第 VIII 卷中 UW-51 节代替本标准 5.2.3 条款作进一步限定。

5.3 热处理—除 10、11、12 和 13 类别钢以外的所有钢管, 应在一个可控制温差  $\pm 25^{\circ}\text{F}$  ( $\pm 14^{\circ}\text{C}$ ) 范围内的炉中进行热处理, 加热炉装有记录式高温计以便记录加热温度。成型和焊接后的按下述之一规定进行:

5.3.1 类别 20、21、22 和 23 的钢管, 应在表 2 所列的焊后热处理温度范围内均匀的加热。其加热时间至少为 1h/in. 的壁厚, 或 1 小时, 取其中的较大值。

5.3.2 类别 30、31、32 和 33 的钢管应均匀地加热到奥氏体化的温度范围, 且不超过表 2 中规定的最高正火温度, 随后在室温空气中冷却。

5.3.3 类别 40、41、42 和 43 的钢管应按 5.3.2 的规定进行正火。正火后应再次加热到如表 2 所列的最低回火温度, 并在此温度下保温, 保温时间至少为 0.5h/in. 的壁厚或 1/2h, 取其中的较大值, 然后空冷。

5.3.4 类别 50、51、52 和 53 的钢管应均匀的加热到奥氏体化温度范围, 且不超过表 2 所列的最高淬火温度, 然后在水中或油中淬火, 粹火后钢管应再次加热到表 2 所列最低回火温度,

并在此温度下保温。保温时间为 0.5h/in. 的壁厚或 1/2h, 取其中的较大值, 然后空冷。

5.4 级别 91 只能以类别 4X 和 5X 生产, 另外, 补焊后的焊后热处理是被要求的。

## 6. 一般要求

6.1 供给本标准材料应符合现行版 A 530/A 530M 标准中适当的要求, 除非以下另有规定。

## 7. 化学成分要求

7.1 钢板的成品分析—钢管制造厂应对每工厂炉批的板材进行分析。成品分析的限定应符合钢板标准中对钢板的要求。

7.2 焊缝的成品分析—钢管制造厂应对每 200ft(61m)或其数目的成品熔敷金属材料进行一次分析。分析应符合熔敷金属的焊接工艺。

7.3 分析试样可以从力学试验的试样的取, 分析的结果应向需方报告。

7.4 如果在 7.1 或 7.2 规定的试验中有一个化学成分不符合规定的要求, 则应从同一批钢管中取双倍于原数量的钢管重新进行分析, 并且均应符合规定的要求。不合格的钢管应拒收。

## 8. 力学性能要求

### 8.1 拉伸试验:

8.1.1 要求—焊接接头的横向拉伸性能应满足规定的板材的极限拉伸强度的最低要求。

8.1.2 试验数量—每一批成品钢管应取一个代表试样进行试验。

8.1.3 试样部位和方向—试样应从管端沿与焊缝垂直方向切取, 试样可在冷态压平再最终加工成规定的尺寸。

8.1.4 试验方法—试样应按 ASME 锅炉与压力容器规范第 IX 卷 QW-150 节的规定制备, 试样应按 A370 的试验方法和定义在室温下进行试验。

### 8.2 横向导向弯曲试验:

8.2.1 要求—弯曲试样在弯曲后, 焊缝金属或在焊缝与钢管母材之间任何方向上不存在裂纹或其他超过 1/8in.(3.2mm)的缺陷, 是可以被接受的。试验时沿试样边缘任何方向上产生小于 1/4in(6.4mm)的裂纹不应考虑。

8.2.2 试验数量—一次试验(二个试样)应代表一批钢管进行弯曲试验。

8.2.3 试样部位和方向—二个试样应沿与焊缝垂直方向从成品钢管二端切取。作为一种可选项, 根据买方和制造厂协议, 试样也可以从钢管材料相同的试板上切取, 试板附在圆柱形管坯端部, 其焊缝为钢管纵向焊缝的延伸部分。

8.2.4 试验方法—弯曲试验应按 A 370 的试验方法和定义中 A2.5.1.7 的规定进行。对于壁厚大于 3/8in(9.5mm)但小于 3/4in(19.0mm)的, 可以进行侧弯试验以代替面弯试验和背弯试验。对于壁厚 3/4in 及以上的, 二个试样都应进行侧弯试验。

8.3 压力试验—类别 X2 和 X3 的钢管, 应按照 A 530/A 530M 标准第 20 节进行压力试验。

## 9. 射线检测

9.1 类别 X1 和 X2 钢管的每条焊缝全长应按 ASME 锅炉和压力容器规范第八卷 UW-51 的要求进行射线检测。

9.2 射线检测可以在热处理之前进行。

## 10. 返修

10.1 表面缺陷的清除—不合格的表面应采用修磨或机加工的方法将其去除。其剩余壁厚不得小于第 11 节中规定的最小指定厚度。经修磨或机加工手的凹陷部分应与圆滑过渡到周围表面圆滑过渡。

### 10.2 母材缺陷的补焊:

10.2.1 制造厂可对母材上的缺陷进行补焊的方式去除, 只要清除后供补焊的凹坑深度不超过公称壁厚的 1/3, 并且符合 10.2.2, 10.2.3, 10.2.4, 10.2.5 和 10.2.6 的要求。母材上超过上述规定缺陷可以在征得客户同意后进行修补。

- 10.2.2 应采用适当的机加工、热切割或气刨方法去除缺陷和为补焊制备凹坑。
- 10.2.3 焊接工艺, 焊工和焊接操作工应根据 ASME 锅炉和压力容器第 IX 卷进行评定。
- 10.2.4 在补焊后, 应根据相应钢管类别的要求, 对修补的整支钢管进行热处理。
- 10.2.5 在补焊前清理缺陷形成的凹坑深度, 超过  $3/8\text{in}(9.5\text{mm})$  或 10% 公称壁厚中较小者时, 每个补焊处均应按第 9 节的方法和验收标准进行射线检测。
- 10.2.6 补焊后面应与周围母材圆滑过渡, 并按补充要求 S6 或 S8 进行检验和验收。

### 10.3 焊缝缺陷的补焊

- 10.3.1 制造厂如能满足 10.2.3, 10.2.4, 10.3.2 和 10.3.4 的要求, 则可对焊缝处的缺陷进行补焊。
- 10.3.2 应采用适当的机加工、热切割或气刨方法去除缺陷, 清理好的凹坑应按照补充要求 S7 和 S9 的要求进行检验和验收。
- 10.3.3 补焊后面应与周围母材圆滑过渡, 并按补充要求 S7 或 S9 进行检验和验收。

10.4 复试—钢管修补后应按相应类别要求进行水压试验。

## 11. 尺寸、重量和允许偏差

- 11.1 按本规范生产的钢管壁厚和重量应符合制造厂订购钢板的标准要求。
- 11.2 每根钢管上任一点的尺寸允许偏差不得超过下列要求:
- 12.2.1 外径—采用圆周长测量法,  $\pm 0.5\%$  的规定外径。
- 11.2.2 椭圆度—较大外径与较小外径的差, 1%。
- 11.2.3 直度—用一长 10-ft(3m) 的直尺寸使其两端紧靠钢管测量,  $1/8\text{in}(3.2\text{mm})$ 。
- 11.2.4 壁厚—钢管上任意一点的最小壁厚不得比规定公称壁厚小  $0.01\text{in}(0.3\text{mm})$  以上。
- 11.3 与纵向焊缝质量相同的环向焊缝, 经制造厂与购方的协议是可以接受的。
- 11.4 管端未经机加工的钢管长度, 其偏差应在规定长度的  $-0, +1/2\text{in}(-0, +13\text{mm})$  范围内, 管端经机加工的钢管长度, 其允许偏差由制造厂和购方协议。

## 12. 工艺质量, 光洁度和外观

12.1 成品钢管不得存在有害缺陷, 并应具有良好的表面光洁度。这一要求表明 A 20/A 20M 中对钢板表面质量的要求对钢管同样适用。

## 13. 成品标志

- 13.1 应采用适宜的耐热模版喷涂或低应力钢印打印。壁厚小于  $0.500\text{in}(12.7\text{mm})$  的钢管未经许可不应打钢印。壁厚等于  $0.500\text{in}(12.7\text{mm})$  及以上的购方可以指定不采用钢印的方法打印。
- 13.2 除 A 530 标准中规定的标志外, 按 1.3.3 规定的类别号应标志在等级标志之后, 例如: 3CR-33。
- 13.3 条形码—除 13.1 和 13.2 的要求外, 条形码可以用作补充识别方法。购方也可以应用一个指定的条形码体系。

## 补充要求

只有当购方在询价单、合同或订货单中作出规定时，方可采用下列一项或几项补充要求。这些补充要求的细节由制造厂与需方书面形式协议确定。补充要求不应违反标准正文中的任何要求。

### S1. 拉伸和弯曲试验

S1.1 拉伸试验和弯曲试验在能代表每支钢管的试样上分别依据 8.1 和 8.2 试验。

### S2. 夏比 V 型冲击试验（适用于钢管公称壁厚 1/2in(12.7mm)及以上）

S2.1 要求—可接受的试验冲击值应如 A 20/A 20M 标准中表 A1.15 所显示的，除非订单有要求。作为一选择，试验温度可以是 10° F (-12°C)。

S2.2 试样数量—每次试验应包含三个试样。

S2.2.1 从每一炉号、每一热处理装炉，每一公称壁厚的钢管中取一根钢管进行一次母材试验。

S2.2.2 按 ASME 锅炉与压力容器第 III 卷 NB 4335 的规定，对焊缝金属和热影响区 (HAZ) 金属各进行一次试验。

### S2.3 试样的位置和方向

S2.3.1 经去除应力、正火和正火加回火的钢管母材金属试样，应按照本规范关于拉伸试样的条款取样。

S2.3.2 经淬火加回火的钢管的母材金属试样，应按 ASME 锅炉与压力容器第 III 卷 NB 2225 的规定取样。

### S3. 硬度试验

S3.1 应在每根钢管的两端对母材金属、焊缝和热影响区进行硬度测试，硬度值应符合表 1 的要求。

### S4. 产品分析

S4.1 应对每钢管进行产品分析。对于个别钢管不符合表 1 适用规范的化学成分要求的应予以拒收。

### S5. 金相

S5.1 生产厂应对每一完成批的钢管提供一张放大 100× 的显示焊缝金属或母材金属的显微组织照片。购方应在订货单中指出：材质，母材或焊缝，所做试验的数量和位置。这项试验仅供资料用。

### S6. 母材金属的磁粉检验

S6.1 钢管所有够得着的表面应按 E 709 进行检验。“够得着”的定义：全部外表面，直径 24in(610mm)及以上的全部内表面和直径小于 24in 管的距管端 1 倍管径距离内的内表面。

S6.2 对接焊端部的预加工应按 E 709 全部进行磁粉检验。

S6.3 验收标准，应由购方和制造厂协议。

### S7. 焊缝金属的磁粉检验

S7.1 钢管所有够得着的焊缝应按 E 709 进行检验。“够得着”的定义：全部外表面，直径 24in(610mm)及以上的全部内表面和直径小于 24in 管的距管端 1 倍管径距离内的内表面。

S7.2 对接焊端部的预加工应按 E 709 全部进行磁粉检验。

S7.3 验收标准，应由购方和制造厂协议。

### S8. 母材金属的液体渗透检验

S8.1 钢管所有够得着的表面应按 E 165 进行检验。“够得着”的定义参考 S7.1。

S8.2 对接焊端部的预加工应按 E 165 全部进行磁粉检验。

S8.3 验收标准，应由购方和制造厂协议。

## **S9. 焊缝金属的液体渗透检验**

S9.1 钢管所有够得着的表面应按 E 165 进行检验。“够得着”的定义参考 S6.1.

S9.2 验收标准, 应由购方和制造厂协议。

## **S10. 超声波检验**

S10.1 平钢板

S10.1.1 钢板的一面应进行 100% 的扫描。

S10.1.2 应按 A 435/A 435M 标准采用直探头超声波检验。

S10.1.3 验收标准应按 A 435/A 435M 标准的要求, 或由制造厂与购方协议。

## **S11. 补焊**

S11.1 母材金属缺陷的补焊只有取得需方同意后进行。

## **S12. 术语定义**

S12.1 批—由同一炉钢的板材及壁厚(不超过 $\pm 1/4\text{in}(6.4\text{mm})$ ), 在同一装炉批中热处理的全部钢管, 对于未经热处理的及在连续式炉内进行热处理的钢管, 一“批”应由同一炉钢和板材及壁厚(不超过 $\pm 1/4\text{in}(6.4\text{mm})$ )经相同热处理的每 200ft (61m) 或其余数的全部钢管; 对于在间歇式炉内热处理的, 炉温差控制在  $50^{\circ}\text{F}(28^{\circ}\text{C})$  以内, 并装备有自动记录高温计因而能得到加热记录的, “批”的定义应和连续炉相同。