锅炉、过热器和换热器用无缝铁素体和奥氏体合金钢管子

SA－213/SA－213M

01 （除 5.2.1,6.1 和 6.1.1 有编辑上不同和删除了 S3,以及在 6.4 中明确热处理要求外，与 ASTM 标准 A 213/A 213M—95a 完全等同）

1 适用范围

1.1 本标准适用于锅炉和过热器用最小壁厚的无缝铁素体和奥氏体钢管子以及换热器用奥氏体钢管子、其级号为 T5、TP304 等等。这些钢分别列于表 1 到表 3 中。

1.2 级别为 TP304H、TP309H、TP309HCb、TP310H，TP310HCb、TP310HCbN、TP316H、TP321H、TP347H、TP347HFG（细晶粒）和 TP348H 的钢是级别为 TP304、TP309S、TP309Cb、TP310S、TP310Cb、TP316、TP321、TP347 和 TP348 钢的改良型，适合于高温下使用，例如：用于过热器和再热器等。

* 级别标号中的 Cb 为铌(Nb)元素，下同译注。

1.3 通常按本标准提供的管子尺寸和厚度为，内径⅛ in.(3.2mm)到外径 5in.(127mm)，并最小壁厚从 0.015 到 0.500in.(0.4～12.7mm)。也可提供其它尺寸的管子，但要保证这些管子符合本标准的所有其它要求。

1.4 力学性能要求不适用于内径小于⅛ in.(3.2mm)或厚度小于 0.015in.(0.4mm)的管子。

1.5 提供有可选择的补充要求，需要采用时应在订货单上注明。

1.6 以英寸—磅或国际制（SI）单位表示的数值都应视为标准值。在本标准中，国际制单位示于括号内。由于两种单位制的数值并不可能完全相等，故必须单独地分别采用两种单位制。如混用两种单位制，将导致与本标准的不一致。除非在订货单中要求使用本标准中的“M”标志(SI 单位)，否则，应采用英寸—磅单位制。

2 引用标准

2.1 ASTM 标准

A 262 奥氏体不锈钢晶间腐蚀敏感性测定实用规程

A 450/A 450M 碳钢，铁素体合金钢和奥氏体合金钢管子通用要求

E 112 测定金属的平均晶粒度的方法

E 527 金属和合金编号实用规程(UNS)

2.2 其它标准

SAE J1086 金属和合金编号实用规程(UNS)

3 一般要求

3.1 按本标准提供的材料，除在这里另有规定外，应符合现行版本的 A 450/A 450M 标准的要求。

4 订货须知

4.1 符合本标准材料的订货单应按需要包括下列各项，充分地说明需要的材料：

4.1.1 数量(英尺、米或根数)。

4.1.2 材料名称(无缝管)。

4.1.3 级别(表 1 到 3)。

4.1.4 制造(热精整或冷精整)。

4.1.5 控制的金相组织特征(见 6.2)。

4.1.6 尺寸(外径及最小壁厚)。

4.1.7 长度(定尺或不定尺)。

4.1.8 要求的试验报告(见 A 450/A 450M 标准合格证书一节)。

4.1.9 标准号。

4.1.10 特殊要求和任何选用的补充要求。

5 制造

5.1 管子应用无缝制管法制造并且按订货单要求可为热精整或冷精整；TP347HFG 级钢应冷

精整。

5.2　晶粒度：

01　5.2.1　304H，316H，321H，347H，348H 和 310HCbN 级钢按 E 112 试验方法测得的晶粒度应是 7 号或更细。

5.2.2　冷加工的 TP321H 级钢的晶粒度按 E 112 试验方法测得的晶粒度应是 7 号或更粗。

5.2.3　TP309H，TP309HCb，TP310H 及 TP310HCb 按 E 112 试验方法测得的晶粒度应是 6 号或更粗。

5.2.4　冷加工的 TP347HFG 级钢按 E112 试验方法测得的晶粒度应是 7 号和 10 之间。

6　热处理

6.1　除 T5c 及 T91 按 6.1.1 外，表 1 中所有级别的管子应经再次加热并在完全退火，等温退火或正火加回火状态下供货。如以正火加回火状态下供货，对 T5、T5b、T9、T21 和 T22 的最低回火温度应是 1250°F(675℃)，对 T11 和 T17 最低回火温度应是 1200°F(650℃)。

6.1.1　无论是热精整或冷拔的 T2 或 T12 管子，都可根据制造厂的选择经1200～1350°F(650～730℃)的最后热处理以代替 6.1 规定的热处理。

6.1.2　所有 T5c 管子应经约在 1350°F(730℃)下保温合适的时间，接着空冷或炉中冷却最终热处理。

6.1.3　T91 级钢应在不低于1900°F(1040℃)下正火及不低于 1350°F(730℃)下回火作为最终热处理交货。

6.1.4　T92 级钢应在不低于 1900°F(1040℃)正火、及不低于 1350°F(730℃)下回火作为最终热处理交货。

注 1：等温退火在用于管状产品时，其程序可以是先令铁基合金奥氏体化，然后再冷却并保持在奥氏体转化到相对较软的铁素体—碳化物集聚的温度范围内。

6.2　如需要任何要控制的金相组织特征，则应予以规定以作为选用最合适热处理的一个指南。

6.3　所有奥氏体钢管子应是经热处理的状态下供货。除 H 级和 S30815 级外，热处理步骤应包括材料加热到最低温度 1900°F(1040℃)并在水中淬火或用其它方法迅速地冷却。

6.4　所有 H 级和 S30815、S33228 及 S31272 级钢应是经固溶处理状态下供货。对于这些级别钢的固溶退火要求做单独的固溶热处理；工艺过程中的热处理不允许来代替单独的固溶退火处理。如工艺中包括冷加工，最低的固溶处理温度对 TP321H、TP347H 和 TP348H 级别应是 2000°F(1100℃)，对 TP304H 和 TP316H 级别为 1900°F(1040℃)。如 H 级是热轧的，对 TP321H、TP347H 和 TP348H 级别的最低固溶处理温度应为 1920°F (1050℃)，对 TP304H 和 TP316H 级别为 1900°F (1040℃)。S30815 和 S31272 的最低固溶处理温度为 1920°F (1050℃)。S33228 的最低固溶处理温度应为 2050°F(1120℃)。TP309H、TP309HCb、TP310H 和 TP310HCb 的最低固溶处理温度应为 1900°F (1037℃)。TP310HCbN 的最低固溶处理温度应为 2000°F(1110℃)并足以产生 7 号或更粗的晶粒度。

表 1　铁素体钢的化学成分

级别	成分									其它元素
	C	Mn	P≤	S≤	Si	Cr	Mo	Ti	V	
T2[3]	0.10～0.20	0.30～0.61	0.025	0.025	0.10～0.30	0.50～0.81	0.44～0.65	…	…	…
T5	≤0.15	0.30～0.60	0.025	0.025	≤0.50	4.00～6.00	0.45～0.65	…	…	…
T5b	≤0.15	0.30～0.60	0.025	0.025	1.00～2.00	4.00～6.00	0.45～0.65	…	…	…
T5C	≤0.12	0.30～0.60	0.025	0.025	≤0.50	4.00～6.00	0.45～0.65	[1]	…	…
T9	≤0.15	0.30～0.60	0.025	0.025	0.25～1.00	8.00～10.00	0.90～1.10	…	…	…

表 1（续）　铁素体钢的化学成分

级别	成　分									其它元素
	C	Mn	P≤	S≤	Si	Cr	Mo	Ti	V	
T11	0.05～0.15	0.30～0.60	0.025	0.025	0.50～1.00	0.50～1.00	1.00～1.50	…	…	
T12③	0.05～0.15	0.30～0.61	0.025	0.025	≤0.50	0.80～1.25	0.44～0.65	…	…	
T17	0.15～0.25	0.30～0.61	0.025	0.025	0.15～0.35	0.80～1.25	0.45～0.65	…	0.15	
T21	0.05～0.15	0.30～0.60	0.025	0.025	≤0.50	2.65～3.35	0.80～1.06	…	…	
T22	0.05～0.15	0.30～0.60	0.025	0.025	≤0.50	1.90～2.60	0.87～1.13	…	…	
T91	0.08～0.12	0.30～0.60	0.020	0.010	0.20～0.50	8.00～9.50	0.85～1.05	…	0.18～0.25	Nb 0.06～0.1 N 0.030～0.070 Ni≤0.40 Al ≤0.04
T92	0.07～0.13	0.30～0.60	0.020	0.010	≤0.50	8.50～9.50	0.30～0.60	…	0.15～0.25	W 1.5～2.00 Nb 0.04～0.09 B 0.001～0.006 N 0.03～0.07 Ni≤0.40 Al≤0.04
18Cr～2Mo	≤0.025	≤1.00	0.040	0.030	≤1.00	17.5～19.5	1.75～2.50	②	…	N≤0.035 Ni＋Cu ≤1.00

① T5c 级钢的 Ti 含量应不小于 4 倍于 C 的含量，且不超过 0.70%。

② 18Cr－2Mo 级钢的 Ti＋Nb 应大于等于 0.20＋4(C＋N)，并最大为 0.80。

③ 订购最大硫含量为 0.045 的 T2 或 T12 是允许的。

表 2　奥氏体钢的化学成分

级别	TP 201	TP 202	TP 304	TP 304H	TP 304N	TP 304LN	TP 304L	TP 309Cb	TP 309H	TP 309HCb
UNS 钢号①	S20100	S20200	S30400	S30409	S30451	S30453	S30403	S30940	S30909	S30941
C	≤0.15	≤0.15	≤0.08	0.04～0.10	≤0.08	≤0.035②	≤0.035②	≤0.08	0.04～0.10	0.04～0.10
Mn≤	5.50～7.50	7.50～10.0	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
P≤	0.060	0.060	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.045	0.045	0.045
S≤	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Si≤	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Ni	3.50～5.50	4.00～6.00	8.00～11.0	8.00～11.0	8.00～11.0	8.00～11.0	8.00～13.0	12.00～16.00	12.00～15.00	12.00～16.00
Cr	16.0～18.0	17.0～19.0	18.0～20.0	18.0～20.0	18.0～20.0	18.0～20.0	18.0～20.0	22.00～24.00	22.00～24.00	22.00～24.00
Mo	…	…	…	…	…	…	…	≤0.75	≤0.75	≤0.75
Ti	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Nb＋Ta	…	…	…	…	…	…	…	≥10×C ≤1.10	…	≥10×C ≤1.10
Ta≤	…	…	…	…	…	…	…	…	…	

表 2（续）　奥氏体钢的化学成分

级别	TP 201	TP 202	TP 304	TP 304H	TP 304N	TP 304LN	TP 304L	TP 309Cb	TP 309H	TP 309HCb
UNS 钢号①	S20100	S20200	S30400	S30409	S30451	S30453	S30403	S30940	S30909	S30941
N③	≤0.25	≤0.25	…	…	0.10～0.16	0.10～0.16	…	…	…	…
Ce	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
其他	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

级别	TP 309S	TP 310Cb	TP 310H	TP 310HCb	TP 310HCbN	TP 310S	—	TP316	TP 316H
UNS 钢号①	S30908	S31040	S31009	S31041	S31042	S31008	S31272	S31600	S31609
C	≤0.08	≤0.08	0.04～0.10	0.04～0.10	0.04～0.10	≤0.08	0.08～0.12	≤0.08	0.04～0.10
Mn≤	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	1.5～2.0	2.00	2.00
P≤	0.045	0.045	0.040	0.045	0.030	0.045	0.030	0.040	0.040
S≤	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.015	0.030	0.030
Si≤	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.3～0.7	0.75	0.75
Ni	12.00～15.00	19.00～22.00	19.00～22.00	19.00～22.00	17.00～23.00	19.00～22.00	14.0～16.0	11.0～14.0	11.0～14.0
Cr	22.00～24.00	24.00～26.00	24.00～26.00	24.00～26.00	24.00～26.00	24.00～26.00	14.0～16.0	16.0～18.0	16.0～18.0
Mo	≤0.75	≤0.75	…	≤0.75	…	≤0.75	1.0～1.4	2.00～3.00	2.00～3.00
Ti	…	…	…	…	…	…	0.3～0.6	…	…
Cb＋Ta	…	≥10×C ≤1.10	…	≥10×C ≤1.10	0.20～0.60	…	…	…	…
Ta≤	…	…	…	…	…	…	…	…	…
N③	…	…	…	…	0.15～0.35	…	…	…	…
Ce	…	…	…	…	…	…	B0.004～0.008	…	…
其他	…	…	…	…	…	…	…	…	…

① 按 ASTM E527 和 SAEJ1086 对金属和合金建议的编号法（UNS）建立的新钢号。

② 对于小外径或薄壁或同时两者需要很多道冷拔的、对于 TP304L 和 TP316L 钢，碳需不大于 0.015%。小外径管定义为那些外径小于0.500in.（12.7mm）的管子，薄壁管子是平均壁厚小于0.049in.（1.2mm）及最小壁厚小于0.044in.（1.1mm）的管子。（此注原文有误，已参照表 3 中相应的注解作更正。——译注。）

③ 氮的分析方法是买方和制造厂之间取得协议的事。

表 3　奥氏体钢的化学成分

级别	TP 316L	TP 316N	TP 316LN	TP317	TP 317L	TP321	TP 321H	TP347	TP 347H	TP 347LN	TP347HFG	TP348
UNS 钢号①	S31603	S31651	S31653	S31700	S31703	S32100	S32109	S34700	S34709	S34751	—	S34800
C	≤0.035②	≤0.08	≤0.035②	≤0.08	≤0.035	≤0.08	0.04～0.10	≤0.08	0.04～0.10	0.005～0.020	0.06～0.10	≤0.08
Mn≤	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
P≤	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040
S≤	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Si≤	0.75③	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Ni	10.0～15.0	11.0～14.0	11.0～14.0	11.0～14.0	11.0～15.0	9.00～13.0	9.00～13.0	9.00～13.0	9.00～13.0	9.00～13.0	9.00～13.0	9.00～13.0
Cr	16.0～18.0	16.0～18.0	16.0～18.0	18.0～20.0	18.0～20.0	17.0～20.0	17.0～20.0	17.0～20.0	17.0～20.0	17.0～20.0	17.0～20.0	17.0～20.0
Mo	2.00～3.00	2.00～3.00	2.00～3.00	3.00～4.00	3.00～4.00	…	…	…	…	…	…	…

表 3（续）　奥氏体钢的化学成分

级别	TP 316L	TP 316N	TP 316LN	TP317	TP 317L	TP321	TP 321H	TP347	TP 347H	TP 347LN	TP347HFG	TP348
Ti	…	…	…	…	…	④	⑤	…	…	…	…	…
Nb＋Ta	…	…	…	…	…	…	…	⑥	⑦	…	8×C－1.0	⑥
Ta≤	…	…	…	…	…	…	…	…	…	0.2～0.5⑧	…	0.10
N⑨	…	0.10～0.16	0.10～0.16	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Ce	…	…		…	…	…	…	…	…	0.06～0.10	…	…
其他	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
级别	TP 348H	XM－15	…	…	…	…	…	…	…	XM－19	…	…
UNS 钢号	S34809	S38100	S30615	S30815	S31050	S21500	S31725	S31726	S32615	S33228	S20910	S25700
C	0.04～0.10	≤0.08	0.16～0.24	0.05～0.10	0.025	≤0.03	≤0.03	≤0.07	≤0.07	0.04～0.08	≤0.06	≤0.02
Mn≤	2.00	2.00	2.00	2.00	5.50～7.0	2.00	2.00	2.00	2.00	1.00	4.00～6.00	2.0
P≤	0.040	0.03	0.040	0.020	0.040	0.040	0.040	0.045	0.045	0.020	0.04	0.025
S≤	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.015	0.03	0.010
Si≤	≤0.75	1.50～2.50	3.2～4.0	1.40～2.00	0.4	0.2～1.0	0.75	0.75	4.8～6.0	0.30	≤1.00	6.5～8.0
Ni	9.00～13.00	17.5～18.5	13.5～16.0	10.0～12.0	20.5～23.5	9.00～11.0	13.5～17.5	13.5～17.5	19.0～22.0	31.0～33.0	11.5～13.5	22.0～25.0
Cr	17.0～19.0	17.0～19.5	17.0～20.0	20.0～22.0	24.0～26.0	14.0～16.0	18.0～20.0	17.0～20.0	16.5～19.5	26.0～28.0	20.5～23.5	8.0～11.0
Mo	…	…	…	…	1.6～2.6	0.8～1.20	4.0～5.00	4.0～5.00	0.3～1.5	…	1.50～3.00	≤0.50
Ti	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Nb＋Ta	⑦	…	…	…	…	…	…	…	…	0.6～1.0	0.10～0.30	…
Ta≤	0.10	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
N⑨	…	…	…	0.14～0.20	0.09～0.15	…	≤0.10	0.10～0.20	…	…	0.20～0.40	…
Ce	…	…	…	0.03～0.08	…	…	…	…	…	0.05～0.10	…	…
其他	…	Al 0.8～1.5	…	…	…	Nb 0.75～1.25 V 0.15～0.40 B 0.003～0.009	Cu ≤0.75	Cu ≤0.75	Cu 1.5～2.5	Al ≤0.025	V 0.10～0.30	…

① 按 ASTM E527 和 SAE J1086 对金属和合金建议的编号法（UNS）建立的新钢号。
② 对于小外径或薄壁或同时两者需要很多道冷拔的对于 TP304L 和 TP316L 钢碳需不大于 0.015%。小外径管定义为那些外径小于 0.500in.（12.7mm）的管子，薄壁管子是平均壁厚小于0.049in.（1.2mm）及最小壁厚小于0.044in.（1.1mm）的管子。（此注原文有误，已参照表 3 中相应的注解作更正。——译注。）
③ 对 TP316L 无缝管子，硅应不大于 1.00%。
④ TP321 的 Ti 含量应不小于 5 倍于 C 的含量，且不超过 0.60%。
⑤ TP321H 的 Ti 含量应不小于 4 倍于 C 的含量，且不超过 0.60%。
⑥ TP347 和 TP348 的 Nb＋Ta 含量应不小于 10 倍于 C 的含量，且不超过 1.00%。
⑦ TP347H 和 TP348H 的 Cb＋Ta 含量应不小于 8 倍于 C 的含量，且不超过 1.0%。
⑧ TP347LN 的 Nb＋Ta 含量应不小于 15 倍于 C 的含量。
⑨ 氮的分析方法是买方和制造厂之间取得协议的事。

6.5　冷加工的 TP347HFG 的热处理由在冷加工之前的软化热处理和在最终的冷加工之后的固溶热处理组成。软化温度应至少比固溶热处理温度高 90°F(50℃),固溶处理温度应不低于 2150°F(1180℃)。

6.6　18Cr-2Mo 钢管子应经 1400°F(760℃)或更高温度的热处理,并控制冷却过程以满足本标准的要求。

6.7　对 UNS S21500 级钢的最低固溶处理温度应为 1920°F(1050℃),推荐采用不高于 2100°F(1150℃)的固溶处理温度。

6.8　对于 TP309HCb、TP310HCb, TP310HCbN, TP321, TP321H, TP347, TP347H, TP348 及 TP348H 钢, 如固溶退火温度高于 1950°F(1065℃), 则会损害其随后在敏化条件下的抗晶间腐蚀性能。如买方规定,则应在初始高温固溶退火后,再进行较低温度下的稳定化处理或者再固溶退火处理(参见补充要求 S2)。

7　化学成分

7.1　钢应符合表 1 到表 3 中规定的化学成分要求。

8　成品分析

8.1　应从每炉的一个钢坯或一根管子作一次分析, 由此确定的化学成分应符合规定的要求。

8.2　T91 级钢的碳含量的成品分析值可按表 1 中规定的范围值, 偏差在 -0.01% 和 +0.02% 以内。

8.3　若原有的成品分析不合格, 外加两个钢坯或管子进行复试。对有问题的元素, 两个复试都必须满足本标准的要求; 否则该炉或该批(注 2)的所有剩余材料应拒收, 或生产厂愿意, 可对每一钢坯或管子作个别的验收试验。不符合标准要求的钢坯或管子应拒收。

注 2: 对于压扁和扩口的要求, 名词“批”适用于切割前同一炉钢生产的同一公称尺寸和壁厚的所有管子。当最终热处理是在周期式炉中进行的, 一批只包括同一尺寸, 同一炉号在相同热处理炉内装料下进行热处理的那些管子。当最终热处理是在连续炉中进行时, 一批中同一炉号和同一尺寸的管子根数应按表 4 中的规定确定之。

注 3: 对于拉伸和硬度试验的要求, 名词“批”适用于切割前同一炉钢生产的同一公称直径和壁厚的所有管子。当最终热处理是在周期式炉中进行时, 一批只包括同尺寸及同一炉号在相同热处理炉内装料下进行热处理的那些管子。当最终热处理是在连续炉中进行时, 一批应包括同一尺寸, 同一炉号及在相同热处理炉内以相同温度, 相同加热时间及炉速作热处理的所有管子。

9　拉伸要求

9.1　材料应符合表 5 规定的拉伸性能要求。

10　硬度要求

10.1　铁素体级别:

10.1.1　T5b、T7 和 T9 级钢的硬度应不超过 179HB/190HV(89HRB)。T91 和 T92 级钢的硬度应不超过 250HB/265HV(25HRC)。

10.1.2　18Cr-2Mo 级钢的硬度应不超过 217 HB/230 HV(96 HRB)。

10.1.3　所有其它的铁素体级别的硬度应不超过 163HB/170HV(85HRB)。

表 4　连续过程热处理中一批的管子根数

管子尺寸	批量大小
外径不小于 2in.(50.8mm) 壁厚≥0.200in.(5.1mm)	不多于 50 根管子
外径不小于 2in.(50.8mm), 但壁厚 < 0.200in.(5.1mm)	不多于 75 根管子
外径小于 2in.(50.8mm), 但 > 1in.(25.4mm)	不多于 75 根管子
外径不大于 1in.(25.4mm)	不多于 125 根管子

表 5　拉伸要求

级别		UNS 钢号	抗拉强度≥ ksi(MPa)	屈服强度≥ ksi(MPa)	伸长率, 标距 2in. 或 50mm[①,②]≥, %
铁素体级别	T12	…	60(415)	32(220)	30
	T91	…	85(585)	60(415)	20
	T92	K92460	90(620)	64(440)	20
	18Cr-2Mo	…	60(415)	40(275)	20
	所有其它级别		60(415)	30(205)	30

表 5（续）　拉伸要求

级别		UNS 钢号	抗拉强度≥ ksi(MPa)	屈服强度≥ ksi(MPa)	伸长率，标距 2in. 或 50mm[①,②]≥，%
奥氏体级别	TP201	S20100	95(655)	38(260)	35
	TP202	S20200	90(620)	45(310)	35
	TP304	S30400	75(515)	30(205)	35
	TP304H	S30409	75(515)	30(205)	35
	TP304N	S30451	80(550)	35(240)	35
	TP304L	S30403	70(485)	25(170)	35
	TP304LN	S30453	75(515)	30(205)	35
	TP309Cb	S30940	75(515)	30(205)	35
	TP309H	S30909	75(515)	30(205)	35
	TP309HCb	S30941	75(515)	30(205)	35
	TP309S	S30908	75(515)	30(205)	35
	TP310Cb	S31040	75(515)	30(205)	35
	TP310H	S31009	75(515)	30(205)	35
	TP310HCb	S31041	75(515)	30(205)	35
	TP310HCbN	S31042	95(655)	43(295)	30
	TP310S	S31008	75(515)	30(205)	35
		S31272	65(450)	29(200)	35
	TP 316	S31600	75(515)	30(205)	35
	TP 316H	S31609	75(515)	30(205)	35
	TP 316L	S31603	70(485)	25(170)	35
	TP 316N	S31651	80(550)	35(240)	35
	TP316LN	S31653	75(515)	30(205)	35
	TP317	S31700	75(515)	30(205)	35
	TP317L	S31703	75(515)	30(205)	35
	TP321	S32100	75(515)	30(205)	35
	TP321H	S32109	75(515)	30(205)	35
	TP347	S34700	75(515)	30(205)	35
	TP347H	S34709	75(515)	30(205)	35
	TP347HFG	…	80(550)	30(205)	35
	TP348H	S34809	75(515)	30(205)	35
	XM－15	S38100	75(515)	30(205)	35
	…	S30615	90(620)	40(275)	35
	…	S30815	87(600)	45(310)	40
	…	S31050	…	…	…
		$t \leq 0.25$in.	84(580)	39(270)	25
		$t > 0.25$in.	78(540)	37(255)	25
	…	S33228	73(500)	27(185)	30

表 5(续)　拉伸要求

级　别		UNS 钢号	抗拉强度≥ ksi(MPa)	屈服强度≥ ksi(MPa)	伸长率，标距 2in. 或 50mm[①,②]≥，%
奥氏体级别	…	S21500	78(540)	33(230)	35
	…	S31725	75(515)	30(205)	35
	…	S31726	80(550)	35(240)	35
	…	S32615	80(550)	32(220)	25
	XM-19	S20910	100(690)	55(380)	35
	…	S25700	78(540)	35(240)	50

① 当采用标准的圆试样，其标距为 2in. 或 50mm，或较小比例尺寸的试样其标距等于 4D(4 倍直径)，除 18Cr-2Mo 及 T91 外，所有铁素体级别的最小伸长率为 22%；

② 对纵条试验，壁厚小于 5/16in.(8mm)时，每减小 1/32in.(0.8mm)从基本最小伸长率可减小的百分值，18Cr-2Mo、T91 及 T92 为 1.00%，对所有其它铁素体级别为 1.50%。(下表列出计算的最小值—译注)。

表 6　计算的伸长率最小值

壁　厚		伸长率[①]，标距 2in. 或 50mm≥，%	
in.	mm	18Cr-2Mo，T91	所有其它铁素体钢
5/16(0.312)	8	20	30
9/32 (0.281)	7.2	19	29
1/4(0.250)	6.4	18	27
7/32 (0.219)	5.6	17	26
3/16(0.188)	4.8	16	24
5/32 (0.156)	4	15	23
1/8(0.125)	3.2	14	21
3/32 (0.094)	2.4	13	20
1/16(0.062)	1.6	12	18
0.062 ~ <0.035	1.6 ~ 0.9	12	17
0.035 ~ <0.022	0.9 ~ 0.6	11	17
0.022 ~ 0.015	0.6 ~ 0.4	11	16

总注：上表列出壁厚每减薄 1/32 in.(0.8mm)时计算的伸长率最小值。壁厚处在上表列两值之间时，最小伸长率的值由下式确定之：

级　别	公　式
18Cr-2Mo、T91 及 T92	$E = 32t + 10.00$ [$E = 1.25t + 10.00$]
所有其它铁素体钢	$E = 48t + 15.00$ [$E = 1.87t + 15.00$]

式中　E = 标距 2in. 或 50 的伸长率，%；

t = 试样的实际厚度，in.。

① 计算伸长率应圆整到最接近的整数。

10.2　奥氏体级别：

10.2.1　TP201 和 TP202 级钢的硬度应不超过 219HB/230HV(95HRB)。

10.2.2　由 S30815，S31272，S31050 和 S25700 制造的管子的布氏硬度应不超过217HB(95HRB)。

10.2.3　由 TP310HCbN 级钢制造的管子的布氏硬度应不超过256HB(100HRB)。

10.2.4　XM-19(UNS　S20910)级钢的硬度应不超过 250HB/265HV(25HRC)。

10.2.5　所有其它奥氏体级钢的硬度应不超过192HB/200HV(90HRB)。

11　要求的力学试验和晶粒度的确定

11.1　拉伸试验——应在批量不满 50 根管子

的一个试样上做一个拉伸试验。批量超过50根管子时，应从两根管子的试样上各作拉伸试验(注3)。

11.2 压扁试验——在每批的一根成品管两端的试样上各作一个压扁试验，但不是扩口试验的那一根(注2)。

11.3 扩口试验——从每批的一根成品管两端的试样上各作一个扩口试验，但不是作压扁试验的那一根(注2)。

11.4 硬度试验——从每批两根管子的试样上做布氏或洛氏硬度试验(注3)。

11.5 水压试验——每根管子均应作水压试验，或当买方指定时，可用无损电测试验来代替。

11.6 晶粒度——在TP309H、TP309HCb、TP310H、TP310HCb，TP310HCbN，TP321H，TP347HFG及UNS S32615级钢上晶粒度的确定应在压扁试验所规定的同样根数上进行之。

12 成形操作

12.1 插入锅炉或管板内的管子应能胀接及卷边而无裂纹，发纹。过热器管在正确制造操作时，应能经受必要的锻造，焊接及弯管作业而不出现缺陷。

注4：本标准包括的某些铁素体钢，如在它们临界温度以上很快冷却将会硬化。某些会在空气中硬化，即在空气中当从高温冷却时会硬化到不希望的程度，特别是4%～9%的铬钢，所以包括加热这些钢高于它们临界温度的工序如焊接，卷边和热弯，应紧随以合适的热处理。

13 表面状态

13.1 铁素体钢冷拔钢管应不起皮，并适宜于检验。少量的氧化并不认作是氧化皮。

13.2 铁素体热轧钢管应没有松散的氧化皮，并适宜于检查。

13.3 奥氏体钢管应经酸洗以除去氧化皮。当采用光亮退火时，就不需要酸洗。

13.4 任何特殊的表面加工要求需经供方和买方共同商定。

14 成品标志

14.1 A450/A450M标准中规定的标志外，尚应包括管子是热精整或冷拔的记号。对于TP304H、TP309H、TP309HCb、TP310H、TP310HCb、TP316H、TP321H、TP347H、TP347HFG、TP348H、S21500、S33228和S30815，记号还应包括炉号和辩认热处理批次的识别标志。当订购T2或T12级钢指定含硫量大于0.025但小于等于0.045时，其钢种级别中应加标“S”标号，例如T2S或T12S。

15 关键词

15.1 合金钢管子 奥氏体不锈钢 锅炉管子 铁素体不锈钢 热交换器管子 高温用 无缝管子 钢管子 过热器管子 高温下使用

补　充　要　求

下列补充要求只适用于买方在询价，合同及订货单中有规定时。

S1　应力消除退火管

S1.1　对用于某些腐蚀性的介质尤其是氯化物，当可能出现应力腐蚀的场合，可以规定 TP304L、TP316L、TP321、TP347 和 TP348 的管子是应力消除—退火的状态。

S1.2　当要求为应力消除管时，它们在经轧辊矫直后应在 1500～1650℉(815～900℃)下热处理。可以从这个温度范围再在空气中冷却或缓慢地冷却。应力消除处理后，不准再机械校直。

S1.3　管子的平直度应经买方和供方之间取得协议。

S2　稳定化热处理

S2.1　TP309HCb、TP310HCb、TP310HCbN、TP321、TP321H、TP347、TP347H、TP348 及 TP348H 等级别的钢经如第 6 节要求的固溶退火之后，接着应进行低于初始固溶退火热处理温度的稳定化热处理。稳定化热处理温度由买方及供货者双方协议确定。

S3　已删除

S4　晶间腐蚀试验

S4.1　当买方有规定时，材料应通过晶间腐蚀试验合格。试验由制管厂负责按照 A262 实用规程中的推荐方法 E 进行。

注 5：推荐方法 E 要求在敏感状态下对低碳及稳定化级别的钢材进行试验，而对其它级别钢则在发货状态下进行。

S4.2　为了使含有 Ti(钛)或 Nb(铌)的等级别钢，特别是其带 H 牌号的钢，能满足本条要求，可能需要按照补充要求 S2 进行稳定化热处理，同时这也是允许的。