

ICS 25.160

P 72

备案号: J673-2019



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3417—2018

代替 SH/T 3417—2007

石油化工管式炉高合金炉管焊接 工程技术条件

Technical specification for welding high alloy tube of tubular heater in
petrochemical industry

2018-07-04 发布

2019-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....III

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 一般规定.....2

5 材料.....2

 5.1 炉管与管件.....2

 5.2 焊接材料.....2

6 焊前准备.....2

 6.1 焊接材料准备.....2

 6.2 焊接工艺评定.....2

 6.3 焊工资格.....4

 6.4 坡口准备.....4

 6.5 组对与定位焊接.....4

7 焊接.....5

 7.1 一般规定.....5

 7.2 焊接要求.....5

 7.3 焊接接头外观检查.....5

 7.4 焊缝返修.....6

8 无损检测.....6

 8.1 射线检测.....6

 8.2 渗透检测.....6

9 焊后热处理.....6

附录 A（资料性附录） 常用高合金炉管及管件的焊接材料.....7

本标准用词说明.....16

附：条文说明.....17

Contents

Foreword	III
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Terms and definitions	1
4 General requirement	2
5 Material	2
5.1 Tube and fitting	2
5.2 Welding consumables	2
6 Welding Preparation	2
6.1 Welding consumables preparation	2
6.2 Welding procedure qualification	2
6.3 Welder's qualification	4
6.4 Groove preparation and inspection	4
6.5 Fit-up and tack welding	4
7 Welding	5
7.1 General	5
7.2 Welding requirement	5
7.3 Welding joints visual inspection	5
7.4 Welding joints repair	6
8 Non-destructive testing	6
8.1 Radiographic testing	6
8.2 Penetrant testing	6
9 Post weld heat treatment	6
Annex A (Informative) Welding consumables for commonly used tube and fittings	7
Explanation of wording in this specification	16
Addition: Explanation of provisions	17

前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《关于下达2013年第四批行业标准修订计划的通知》（工信厅科[2013]217号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准共分9章和1个附录。附录A为资料性附录。

本标准的主要技术内容是：石油化工管式炉用高合金炉管及管件的焊接材料、焊前准备、焊接及无损检测等要求。

本标准修订的主要技术内容是：

- 修订了部分规范性引用文件名称和年号；
- 增加了术语和定义；
- 修订了奥氏体不锈钢国内钢号名称，增加了部分镍基合金炉管材料；
- 修订了焊后热处理的要求；
- 修订了附录A常用高合金炉管及管件的焊接材料。

本标准由中国石油化工集团公司负责管理，由中国石油化工集团公司设备设计技术中心站负责日常管理，由中石化宁波工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送日常管理单位和主编单位。

本标准日常管理单位：中国石油化工集团公司设备设计技术中心站

通讯地址：北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码：100101

电 话：010-84877513

传 真：010-84878856

本标准主编单位：中石化宁波工程有限公司

通讯地址：浙江省宁波市国家高新区院士路660号

邮政编码：315103

本标准主要起草人员：高步新 丁天才 蒋自平 郭文元 阚红元

本标准主要审查人员：孙 毅 张海燕 郭慧波 王德瑞 周家祥 曾小军 王祖真 窦世山
黄 萍 罗 莹 厉亚宁 罗加宝 唐元生 张浩帆 张奉忠 商颜芳
王文斌 程 鹏 封 艳

本标准2007年首次发布，本次为第1次修订。

石油化工管式炉高合金炉管焊接工程技术条件

1 范围

本标准规定了石油化工管式炉用高合金炉管（含管件）焊接工程的材料、焊前准备、焊接、无损检测等要求。

本标准适用于石油化工管式炉用合金含量为 18Cr-8Ni 及合金含量更高的奥氏体不锈钢、铁镍基合金和镍基合金轧制炉管及管件以及离心铸造炉管或静态铸造管件的焊接、检验和验收，焊接方法为焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和埋弧焊。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分：室温试验方法
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第 2 部分：高温试验方法
- GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法
- GB/T 2039 金属材料 单轴拉伸蠕变试验方法
- GB/T 3375 焊接术语
- GB/T 30583 承压设备焊后热处理规程
- GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范
- JB/T 3223 焊接材料质量管理规程
- NB/T 47013 承压设备无损检测
- NB/T 47014—2011 承压设备焊接工艺评定
- NB/T 47015 压力容器焊接规程
- SH/T 3423 石油化工管式炉用铸造高合金炉管及管件技术条件
- TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则

3 术语和定义

现行国家标准 GB/T 3375 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

镍基合金 **nickel-based alloys**

镍含量大于或等于 50% 的合金。

3.2

铁镍基合金 **alloy based on both ferrite and nickel**

镍含量低于 50%，铁含量低于 50%，但镍含量仍然为最高或仅次于铁的合金。

3.3

离心铸造管 **centrifugal cast tube**

金属液注入高速旋转的型筒，在离心力作用下成型。

3.4

管件 fitting

将管子（炉管）连接成管路（盘管）的零件。

4 一般规定

4.1 施焊单位应有健全的焊接质量管理体系。

4.2 焊接的安全技术和劳动保护应符合现行国家标准 GB 50484 的规定。

4.3 执行本标准时，尚应符合设计文件的规定。

5 材料

5.1 炉管与管件

5.1.1 炉管及管件应具有质量证明文件,对质量证明文件有异议或对材料质量有疑问时，应进行复验。

5.1.2 离心铸造管和静态铸造管件的化学成分、力学性能及技术要求应符合设计文件的规定，若设计文件未规定时，应符合现行行业标准 SH/T 3423 的规定。

5.1.3 轧制炉管及管件的化学成分、力学性能及技术要求应符合设计文件的规定。

5.1.4 炉管及管件应按规定进行标识，并按不同材质、规格分别放置、保管。

5.1.5 炉管及管件的标识用材料不得含 Sn、Pb、Zn、Cl⁻等对炉管及管件有害的元素。

5.1.6 炉管及管件在进行正式焊接前，应核实其材质、规格、型号，并应做外观检查，其表面不得有影响焊接及无损检测的缺陷和污物。

5.2 焊接材料

5.2.1 炉管和管件的焊接应根据母材的化学成分、力学性能及其使用条件选用焊接材料，并符合下列原则：

a) 同种材质焊接，宜选用和母材合金元素成分相同或相近的焊接材料，焊接材料的主要合金元素含量不低于母材规定下限；异种材质焊接的焊材选用应保证焊接接头强度（包括高温持久强度），耐腐蚀性和热变形协调；

b) 焊接接头的力学性能不得低于母材标准规定的力学性能，当需要时，其耐腐蚀性能不应低于母材相应要求。

5.2.2 焊接材料应符合设计文件和供货合同规定的技术标准的规定，应具有产品质量证明书。

5.2.3 焊接材料的验收、储存保管及使用过程中的管理要求应符合现行行业标准 JB/T 3223 的规定。

5.2.4 常用高合金炉管及管件焊接材料的选用及其化学成分、力学性能见附录 A。

6 焊前准备

6.1 焊接材料准备

6.1.1 所用的焊条不得有损坏，如药皮剥落、裂缝、锈蚀等。

6.1.2 不得使用有锈斑、油污、润滑油、涂料、水分和其他杂质的焊条。

6.1.3 出厂期超过一年的焊条，应进行焊条焊接工艺性能试验，合格后方可使用。

6.1.4 焊条在使用前应按说明书进行烘干。

6.1.5 烘干后的焊条取用时应放置保温筒中，如放置时间超过 4h，应重新烘烤，但重复烘烤次数不超过两次。

6.1.6 焊丝使用前应进行清理，清除锈斑和油污，并露出金属光泽。

6.2 焊接工艺评定

6.2.1 受压元件焊缝、与受压元件相焊的焊缝、熔入永久焊缝内的定位焊缝以及上述焊缝的返修焊缝

的焊接工艺应按照现行行业标准 NB/T 47014 评定合格。

6.2.2 石油化工管式炉常用高合金轧制炉管及管件焊接工艺评定母材分类见表 6.2.2。

表 6.2.2 焊接工艺评定常用母材材料分类

类别号	组别号	炉管和管件的母材钢号		公称成分
		国内（统一数字代号）	国外牌号或商品号 (UNS 数字代号)	
Fe-8	Fe-8-1	06Cr19Ni10 (S30408)	TP304	18Cr-8Ni
		07Cr19Ni10 (S30409)	TP304H	
		06Cr18Ni11Ti (S32168)	TP321	18Cr-10Ni-Ti
		07Cr19Ni11Ti (S32169)	TP321H	
		06Cr18Ni11Nb (S34778)	TP347	18Cr-10Ni-Nb
		07Cr18Ni11Nb (S34779)	TP347H	
		06Cr17Ni12Mo2 (S31608)	TP316	16Cr-12Ni-2Mo
		07Cr17Ni12Mo2 (S31609)	TP316H	
		022Cr17Ni12Mo2 (S31603)	TP316L	
		06Cr19Ni13Mo3 (S31708)	TP317	18Cr-13Ni-3Mo
	Fe-8-2	06Cr25Ni20 (S31008)		25Cr-20Ni
			TP310H	
Ni-3	—	—	Inconel 600 (UNS N06600)	72Ni-15Cr-8Fe
		—	Inconel 601 (UNS N06601)	60Ni-23Cr-Fe
		—	RA 602CA (UNS N06025)	63Ni-25Cr-9Fe-2.2Al-Ti
		—	Inconel 617 (UNS N06617)	52Ni-22Cr-13Co-9Mo
		—	Inconel 625 (UNS N06625)	60Ni-22Cr-9Mo-3.5Cb
		—	Inconel 693 (UNS N06693)	58Ni-29Cr-4.5Fe-3Al-Nb
Ni-5	—	—	Incoloy 800 (UNS N08800) Incoloy 800H (UNS N08810) Incoloy 800HT (UNSN08811)	33Ni-21Cr
		—	Inconel 825 (UNS N08825)	42Ni-21.5Cr-3Mo-2.3Cu

注：钢号分类、分组同现行行业标准 NB/T 47014。

6.2.3 下列情况必须单独进行焊接工艺评定：

- a) 铸件之间的焊接；
- b) 铸件与轧制件或锻件之间的焊接。

6.2.4 当同一焊接接头采用多种焊接方法时，可按每种焊接方法分别进行焊接工艺评定，也可进行组合焊接工艺评定；组合焊接工艺评定合格后，其中的每种焊接方法可单独用于焊件，但焊缝金属厚度适用范围应符合行业标准 NB/T 47014—2011 中 6.1.5 的规定。

6.2.5 石油化工高合金炉管的焊接接头在进行焊接工艺评定时，力学性能试验的要求及合格指标应与母材相同。

6.2.6 铸件对焊接头的力学性能试验应包括常温力学性能试验和高温持久力学性能试验，常温力学性能试验应按照现行国家标准 GB/T 228.1 的规定进行，高温持久力学性能试验应按照现行国家标准 GB/T 2039 的规定进行。当对铸件的高温短时力学性能有要求时，试验方法和合格指标应符合设计文件或现

行行业标准 SH/T 3423 的规定。铸件的力学性能试验试样应为圆棒状。

6.2.7 当设计文件对轧制件的对焊接头的焊接工艺评定有高温力学性能试验要求时, 试验项目、试验方法及合格指标应符合设计文件的规定。

6.2.8 焊接工艺评定试件可不进行冲击试验。

6.2.9 铸件的焊接工艺评定试件可不作弯曲试验。

6.2.10 经评定合格的焊接工艺可用于同类焊缝的返修。

6.2.11 当设计文件对焊缝有耐腐蚀、硬度等试验要求时, 在焊接工艺评定中应按设计文件的要求增加试验项目, 试验方法及合格指标应符合设计文件的规定。

6.2.12 对表 6.2.2 中 Fe-8-1 类奥氏体不锈钢, 当设计文件中无特殊规定时, 在焊接工艺评定时应按照 GB/T 1954 要求进行铁素体含量测定, 焊缝表面中心线处铁素体数 FN 应在 3~10 (TP347 为 5~10)。

6.3 焊工资格

6.3.1 焊工应按 TSG Z6002 《特种设备焊接操作人员考核细则》的规定通过考试, 并应取得相应的资质。

6.3.2 施焊铸件的焊工应进行专项考试, 考试用试件材料应采用相应的铸造母材, 且采用工程所用的焊接材料。考试内容与合格标准按照 TSG Z6002 《特种设备焊接操作人员考核细则》的规定进行, 试件可不作弯曲试验, 试件的底层焊道和焊接接头表面应按照现行行业标准 NB/T 47013.5 进行 100%渗透检测, 合格等级为 I 级。考试合格者方可承担相应的焊接工作。

6.4 坡口准备

6.4.1 所有焊接坡口形式及尺寸应符合设计文件的要求。设计文件未作规定时, 可由施焊单位在保证该焊接接头全熔透的前提下, 采用经焊接工艺评定合格的焊接接头坡口形式及尺寸。

6.4.2 炉管切割、炉管及管件坡口的加工应采用机械方法, 并应将凹凸不平处打磨平整。

6.4.3 坡口加工后应进行外观检查, 坡口表面不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷。

6.4.4 坡口外观检查合格后, 应按设计文件要求对坡口表面进行无损检测。若设计文件未作规定, 应按 8.2 节的规定进行检测, 如存在超标缺陷应及时清除。

6.4.5 焊接的坡口两侧各 100mm 范围内, 在施焊前应采取措施以防止焊接飞溅物沾污焊件表面, 如涂上白垩粉或采用其他防飞溅涂料。

6.5 组对与定位焊接

6.5.1 炉管及管件组对前, 应清理其内外表面, 在坡口边缘 25mm 范围内不得有氧化物、油污、毛刺、铸造垢皮以及其他对焊接有害的物质。

6.5.2 炉管及管件的坡口和其周围 25mm 范围内的表面应采用有机溶剂清洗, 待溶剂挥发后方可进行组对和定位焊。

6.5.3 炉管组对前及组对后, 应检查其直线度, 直线度应不大于 1/1000, 且整根炉管长度不超过 6m 时, 全长直线度应不大于 4.0mm; 大于 6m 小于 10m 时, 全长直线度应不大于 6.0mm; 超过 10m 时全长直线度应不大于 8.0mm。

6.5.4 焊接在 180° 急弯弯管上的两根炉管的两端应齐平, 长短相差不应大于 2.0mm。

6.5.5 炉管及管件组队时铸件内壁错边量不得大于 0.25mm, 轧制件不应超过壁厚的 10%, 且不大于 0.5mm。

6.5.6 炉管及管件组对时, 作为正式焊缝组成部分的定位焊缝, 应符合下列规定:

- a) 定位焊的焊接工艺应与正式焊接工艺相同;
- b) 若用实芯焊丝钨极氩弧焊进行定位焊, 则焊缝背面应通入保护气体;
- c) 严禁强力组对定位焊接;
- d) 定位焊缝的长度不宜小于 10mm, 厚度宜为 2mm~4mm;
- e) 定位焊缝应沿管周均匀分布, 不宜少于 3 点。正式焊接时, 起焊点应在两定位焊缝之间;

- f) 定位焊缝应熔透，且无焊瘤等焊接缺陷，经外观检查发现裂纹等缺陷时应清除后重新焊接；
 - g) 定位焊缝的两端应平滑过渡到母材，否则应进行打磨修整。
- 6.5.7 炉管及管件的焊接工装不宜焊接在炉管及管件上，若必须焊接在炉管及管件上时，应符合下列规定：
- a) 工装与炉管或管件相焊部位的成分应与母材成分相近；
 - b) 焊接应与正式焊接工艺相同；
 - c) 工装的拆除不得伤害母材。

7 焊接

7.1 一般规定

- 7.1.1 焊接施工的环境条件要求应符合现行行业标准 NB/T 47015 的规定。
- 7.1.2 所有焊接设备应处于完好状态。
- 7.1.3 手工工具如刨锤、钢丝刷等应采用不锈钢制成。打磨焊缝应用不锈钢的专用砂轮片。

7.2 焊接要求

- 7.2.1 焊缝底层焊道的焊接宜采用钨极气体保护焊，且在焊缝内侧应充氩气或其他惰性保护气体。
- 7.2.2 多层多焊道应符合下列规定：
 - a) 铸件及奥氏体不锈钢的道间温度应低于 150℃，铁镍基合金和镍基合金道间温度应低于 100℃；
 - b) 采用焊条电弧焊时，每一焊道完成后均应彻底清除焊道表面的熔渣，并清除各种表面缺陷；
 - c) 每层焊道的接头应错开。
- 7.2.3 所有焊缝均应全熔透，不得使用永久性衬环。
- 7.2.4 焊接中应确保引弧与收弧处的质量，收弧时应将弧坑填满，并用砂轮将收弧处修磨平整。
- 7.2.5 严禁在焊件表面的非焊接部位引弧、收弧，非焊接部位严禁电弧擦伤。
- 7.2.6 焊接完毕，应及时将焊缝表面的熔渣及周围的飞溅物、防飞溅涂料清理干净。
- 7.2.7 对表 6.2.2 中 Fe-8-1 类奥氏体不锈钢，如设计文件中无特殊规定时，在焊缝表面中心线处应按现行国家标准 GB/T 1954 要求进行铁素体含量测定。如焊接接头需要进行焊后热处理，测定工作应在热处理前进行，铁素体数 FN 应在 3~10（TP347 为 5~10）。

7.3 焊接接头外观检查

- 7.3.1 所有焊接接头经表面清理后均应进行外观检查，合格后才能进行无损检测。焊接接头的表面质量应符合下列要求：
 - a) 焊缝外形尺寸应符合设计文件的要求，焊缝与母材应圆滑过渡；
 - b) 焊缝表面不得有裂纹、气孔、夹渣及熔合性飞溅；
 - c) 焊缝表面不得有咬边及表面凹陷；
 - d) 铸造炉管和管件焊缝表面余高应不大于 1.6mm；
 - e) 轧制炉管和管件当壁厚小于 10mm 时，焊缝表面余高应不大于 1.6mm；当壁厚大于 10mm 时，焊缝表面余高应不大于 2.5mm；
 - f) 焊缝单侧增宽量不大于 2.0mm。
- 7.3.2 应采用塞规或通球对可探及的焊缝根部余高进行检查。塞规或通球的直径，离心铸造管为 0.98 倍管内径，轧制炉管按照表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 轧制炉管通球检查

炉管内径 D (mm)	$D \leq 25$	$25 < D \leq 40$	$40 < D \leq 50$	$D > 55$
通球直径	$\geq 0.75D$	$\geq 0.8D$	$\geq 0.85D$	$\geq 0.9D$

- 7.3.3 应对离心铸造炉管直管段焊缝根部进行内窥镜检查，以检查其表面成形质量。

7.4 焊缝返修

7.4.1 存在超标缺陷的焊缝必须进行返修。

7.4.2 返修应采用经评定合格的焊接工艺规程进行焊接。

7.4.3 缺陷消除应采用砂轮打磨或其他机械方法，并修整适合修补的形状，经无损检测确认缺陷已消除后方可补焊。

7.4.4 焊缝的返修部位应按原无损检测方法进行检验，其质量要求与原焊缝相同。

7.4.5 焊缝同一部位的返修次数不应超过两次。经过一次返修仍不合格的焊缝，再进行返修时，应编制返修工艺措施，经施焊单位技术总负责人批准后方可实施。返修时应将焊缝返修次数、部位和无损检测等结果记入焊缝返修记录中。

8 无损检测

8.1 射线检测

8.1.1 炉管及管件的对接焊接接头应按现行行业标准 NB/T 47013.2 的规定进行 100% 的射线检测，射线检测技术等级不得低于 AB 级，合格级别为 II 级，且不允许未焊透。

8.1.2 如对焊接接头需要进行焊后热处理，射线检测应在焊后热处理后进行。

8.2 渗透检测

8.2.1 除设计文件另有规定外，铸件的焊接接头坡口应按现行行业标准 NB/T 47013.5 进行 100% 的渗透检测，等级评定为 I 级合格，检测范围为距坡口端部 25mm 范围内的内外表面。

8.2.2 下列表面应按现行行业标准 NB/T 47013.5 进行 100% 的渗透检测，等级评定为 I 级合格：

- a) 炉管及管件焊接接头的底层焊道；
- b) 炉管及管件的焊接接头表面；
- c) 返修焊缝清除缺陷后的表面（未焊接）、返修后的表面（焊接后）；
- d) 炉管及管件上附件的焊接接头表面、临时性工装（如夹具）切除后的表面；
- e) 母材上清除焊瘤或飞溅物后的表面。

9 焊后热处理

9.1 焊接接头的焊后热处理应按设计文件规定执行。

9.2 除设计文件另有规定外，铸造炉管和管件的焊接接头可不进行热处理。

9.3 热处理的设备、技术准备、加热和温控、测温、隔热及热处理报告应按照现行国家标准 GB/T 30583 的规定执行。

9.4 焊后热处理宜采用电加热法。测温应采用热电偶，测温点应不少于 2 个。

9.5 热处理的加热范围，以焊缝中心为基准，每侧不应小于焊缝宽度的三倍且不小于 25mm 的区域，加热区外的 100mm 范围应予以保温。

9.6 焊接接头焊后如需进行表面酸洗钝化，酸洗钝化应在热处理之后进行。

附录 A (资料性附录)

常用高合金炉管及管件的焊接材料

A.1 各类焊接材料的选用见表 A.1。

表 A.1 各类焊接材料的选用表

母材 ⁽⁴⁾		焊条型号		焊丝	
国内 (中国统一数字代号)	国外 ⁽⁶⁾	国内	国外	国内	国外
06Cr19Ni10 (S30408)	TP304	E308	E308	H03Cr21Ni10	ER308L
07Cr19Ni10 (S30409)	TP304H	E308H	E308H	H06Cr21Ni10	ER308H
06Cr18Ni11Ti (S32168)	TP321	E347	E347	H08Cr19Ni10Ti	ER321
07Cr19Ni11Ti (S32169)	TP321H	E347H	E347H	H08Cr19Ni10Ti	ER321
06Cr18Ni11Nb (S34778)	TP347	E347	E347	H08Cr20Ni10Nb	ER347
07Cr18Ni11Nb (S34779)	TP347H	E347H	E347H	H08Cr20Ni10Nb	ER347
06Cr17Ni12Mo2 (S31608)	TP316	E316	E316	H08Cr19Ni12Mo2	ER316
022Cr17Ni12Mo2 (S31603)	TP316L	E316L	E316L	H03Cr19Ni12Mo2	ER316L
07Cr17Ni12Mo2 (S31609)	TP316H	E316H	E316H	H06Cr19Ni12Mo2	ER316H
06Cr19Ni13Mo3 (S31708)	TP317	E317	E317	H08Cr19Ni14Mo3	ER317
06Cr23Ni13 (S30908)	TP309S	E309	E309	H12Cr24Ni13	ER309
06Cr25Ni20 (S31008)	TP310S	E310	E310	H12Cr26Ni21	ER310
	TP310H	E310H	E310H	H12Cr26Ni21	ER310
20Cr-32Ni-Nb ⁽¹⁾		ENi6133	—	SNi6082	—
25Cr-20Ni ⁽¹⁾	HK40	“Δ” ⁽²⁾	E310H-C40 NC-310HS ⁽³⁾	“Δ” ⁽²⁾	TGS-310HSA ⁽³⁾ TIG-HK40
25Cr-35Ni-15Co-5W ⁽¹⁾		“Δ” ⁽²⁾	NC25-35CW ⁽³⁾	“Δ” ⁽²⁾	—
25Cr-35Ni-Nb ⁽¹⁾	HP-Nb	“Δ” ⁽²⁾	—	“Δ” ⁽²⁾	HP-Nb
35Cr-45Ni-Nb ⁽¹⁾		“Δ” ⁽²⁾	—	“Δ” ⁽²⁾	TIG 45A ⁽³⁾
	Incoloy 800	ENi6133	ENiCrFe-2	SNi6082	ERNiCr-3
	Incoloy 800H ⁽⁵⁾	ENi6133 ENi6117	ENiCrFe-2 ENiCrCoMo-1	SNi6082 SNi6617	ERNiCr-3 ERNiCrCoMo-1
	Incoloy 800HT ⁽⁵⁾	ENi6133 ENi6117	ENiCrFe-2 ENiCrCoMo-1	SNi6082 SNi6617	ERNiCr-3 ERNiCrCoMo-1
	Incoloy 825	ENi6625	ENiCrMo-3	SNi6625	ERNiCrMo-3
	Inconel 600	ENi6133 ENi6182	ENiCrFe-2 ENiCrFe-3	SNi6082 SNi6617	ERNiCr-3 ERNiCrCoMo-1
	Inconel 601	ENi6133 ENi6117	ENiCrFe-2 ENiCrCoMo-1	SNi6601 SNi6617	ERNiCrFe-11 ERNiCrCoMo-1
	Inconel 617	ENi6117	ENiCrCoMo-1	SNi6617	ERNiCrCoMo-1
	Inconel 625	ENi6625	ENiCrMo-3	SNi6625	ERNiCrMo-3
	Inconel 693	—	—	—	ERNiCrFeAl-1
	RA 602CA	ENi6025	ENiCrFe-12	SNi6025	ERNiCrFe-12

注：(1) 铸造件母材材料按照 SH/T 3423—2011 表 1 规定。

(2) 带“Δ”者，尚无标准的焊条或焊丝，可用与母材成分相同的焊条和焊丝。

(3) 系国外厂家焊接材料牌号，也可用与母材成分相同的焊接材料。

(4) 当用于金属设计温度高于 525℃ 的奥氏体不锈钢承压元件时，含碳量应大于 0.04%。

(5) 对于母材 Incoloy800H (UNS N08810) 和 Incoloy800HT (UNS N08811) 的焊材选用，工作温度低于 790℃ 的选用 EN6133/SNi6082，高于 790℃ 的选用 EN6117/SNi6117。

(6) 本表中的国外材料商品号同表 6.2.2。

A.2 常用奥氏体不锈钢焊条选用见表 A.2。

表 A.2 常用奥氏体不锈钢焊条选用表⁽¹⁾

母材 ⁽¹⁾ 类型	TP304	TP304H	TP309	TP310	TP316	TP316L	TP316H	TP317	TP321	TP321H	TP347	TP347H
TP304	A	AB	C	C	AE	AF	AG	AH	AJ	AJ	AJ	AJ
TP304H ⁽²⁾		B	C	C	ABE	ABF	ABEG	ABJ	ABJ	J	BJ	BJ
TP309			C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
TP310				D	CD	C	C	C	C	C	C	C
TP316					E	EF	EG	EH	EJ	EJ	EJ	EJ
TP316L						F	EFG	FH	FJ	FJ	FJ	FJ
TP316H							G	GJ	GJ	GJ	GJ	GJ
TP317								H	HJ	HJ	HJ	HJ
TP321									J	J	J	J
TP321H										J	J	J
TP347											J	L
TP347H ⁽²⁾												J

本表各符号的意义如下（焊条型号中-XX 表示焊接位置和药品类型）：

A: GB/T 983-2012, E308-XX; AWS A5.4, E308-XX

B: GB/T 983-2012, E308H-XX; AWS A5.4, E308H-XX

C: GB/T 983-2012, E309-XX; AWS A5.4, E309-XX

D: GB/T 983-2012, E310-XX; AWS A5.4, E310-XX

E: GB/T 983-2012, E316-XX; AWS A5.4, E316-XX

F: GB/T 983-2012, E316L-XX; AWS A5.4, E316L-XX

G: GB/T 983-2012, E316H-XX; AWS A5.4, E316H-XX

H: GB/T 983-2012, E317-XX; AWS A5.4, E317-XX

J: GB/T 983-2012, E347-XX; AWS A5.4, E347-XX

注：

(1) 当用于金属设计温度高于 525℃ 的奥氏体不锈钢承压元件时，含碳量应大于 0.04%。

(2) 当在蠕变条件下工作时，为了避免焊接接头中的 σ 相可能影响接头性能，可使用焊条 AWS A5.4 E16-8-2。

A.3 常用奥氏体不锈钢焊丝选用见表 A.3。

表 A.3 常用奥氏体不锈钢焊丝选用表⁽¹⁾

母材 ⁽¹⁾ 类型	TP304	TP304H	TP309	TP310	TP316	TP316L	TP316H	TP317	TP321	TP321H	TP347	TP347H
TP304	A	AB	C	C	AE	AF	ABG	AH	AJ	AJ	AJ	AL
TP304H ⁽²⁾		B	C	C	ABE	ABF	ABEG	AH	ABJ	BJ	BJ	CL
TP309			C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
TP310				D	CD	C	C	C	C	C	C	C
TP316					E	EF	EG	EH	EJ	EJ	EJ	EJ
TP316L						F	EFG	FH	FJ	FH	FJ	FJ
TP316H							G	GH	GJ	GJ	GJ	GJ
TP317								H	HJ	HJ	HJ	HJ
TP321									J	J	JK	JK
TP321H										J	JK	JK
TP347											K	K
TP347H ⁽²⁾												K

本表各符号的意义如下：

A：YB/T 5092-2005，H06Cr21Ni10；GB/T 29713-2013，308；AWS A5.9，ER308

B：YB/T 5092-2005，H08Cr21Ni10；GB/T 29713-2013，308H；AWS A5.9，ER308R

C：YB/T 5092-2005，H12Cr24Ni13；GB/T 29713-2013，309；AWS A5.9，ER309

D：YB/T 5092-2005，H08Cr26Ni21；GB/T 29713-2013，310；AWS A5.9，ER310

E：YB/T 5092-2005，H06Cr19Ni12Mo2；GB/T 29713-2013，316；AWS A5.9，ER316

F：YB/T 5092-2005，H03Cr19Ni12Mo2；GB/T 29713-2013，316L；AWS A5.9，ER316L

G：YB/T 5092-2005，H08Cr19Ni12Mo2；GB/T 29713-2013，316H；AWS A5.9，ER316H

H：YB/T 5092-2005，H08Cr19Ni14Mo3；GB/T 29713-2013，317；AWS A5.9，ER317

J：YB/T 5092-2005，H08Cr19Ni10Ti；GB/T 29713-2013，321；AWS A5.9，ER321

K：YB/T 5092-2005，H08Cr20Ni10Nb；GB/T 29713-2013，347；AWS A5.9，ER347

注：

(1) 当用于金属设计温度高于 525℃ 的奥氏体不锈钢承压元件时，含碳量应大于 0.04%。

(2) 当在蠕变条件下工作时，为了避免焊接接头中的 σ 相可能影响接头性能，可使用焊丝 AWS A5.9 ER16-8-2。

A.4 常用铸造钢和镍基材料焊条选用见表 A.4。

表 A.4 常用铸造钢和镍基材料焊条选用表

材料牌号/ (公称成分)	奥氏体不锈钢	20Cr-32Ni-Nb	25Cr-20Ni-Nb	25Cr-35Ni-Nb	35Cr-45Ni-Nb	Incoloy 800	Incoloy 800H	Incoloy 800HT	Incoloy 825	RA 602CA	Inconel 600	Inconel 625
奥氏体不锈钢	/	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	B	AB	AB
20Cr-32Ni-Nb		Δ	AB	AB	AB	AB	AB	AB	A	B	A	A
25Cr-20Ni-Nb			Δ	AB	AB	AB	AB	AB	A	B	A	A
25Cr-35Ni-Nb				Δ	AB	AB	AB	AB	A	B	A	A
35Cr-45Ni-Nb					Δ	AB	AB	AB	A	B	A	A
Incoloy 800						A	AB	ABD	AB	B	AB	AB
Incoloy 800H							AD	ABD	AB	B	AB	AB
Incoloy 800HT								AD	AB	B	AB	AB
Incoloy 825									E	B	AB	E
RA 602CA										C	B	B
Inconel 600											AB	ABE
Inconel 625												E

本表各符号的意义如下：

A: GB/T 13814-2008, ENi6133; AWS A5.11-2010, ENiCrFe-2

B: GB/T 13814-2008, ENi6182; AWS A5.11-2010, ENiCrFe-3

C: GB/T 13814-2008, ENi6025; AWS A5.11-2010, ENiCrFe-12

D: GB/T 13814-2008, ENi6117; AWS A5.11-2010, ENiCrCoMo-1

E: GB/T 13814-2008, ENi6625; AWS A5.11-2010, ENiCrMo-3

注：

- 铸件母材材料见 SH/T 3423—2011 表 1。
- Δ: 系尚无标准焊条牌号，可用于母材成分相同的焊条。
- 20Cr-32Ni-Nb、25Cr-20Ni-Nb、25Cr-35Ni-Nb、35Cr-45Ni-Nb 采用镍基焊条（代号 A/B）焊接时，焊缝金属强度会低于母材，当有强度要求时，可采用与母材同类型的焊接材料进行焊接。
- 本表中的国外材料商品号同表 6.2.2。

A.5 常用铸造钢和镍基材料焊丝选用见表 A.5。

表 A.5 常用铸造钢和镍基材料焊丝选用表

材料牌号/ (公称成分)	奥氏体不锈钢	20Cr-32Ni-Nb	25Cr-20Ni-Nb	25Cr-35Ni-Nb	35Cr-45Ni-Nb	Incoloy 800	Incoloy 800H	Incoloy 800HT	Incoloy 825	RA 602CA	Inconel 600	Inconel 625
奥氏体不锈钢	/	AB	AB	AB	AB	A	A	A	AC	A	ABC	AC
20Cr-32Ni-Nb		Δ	AB	AB	AB	A	A	A	AC	A	ABC	ABC
25Cr-20Ni-Nb			Δ	AB	AB	A	A	A	AC	A	ABC	ABC
25Cr-35Ni-Nb				Δ	AB	A	A	A	AC	A	ABC	ABC
35Cr-45Ni-Nb					Δ	A	A	A	AC	A	ABC	ABC
Incoloy 800						A	A	A	AC	A	ABC	ABC
Incoloy 800H							AB	A	AC	A	ABC	ABC
Incoloy 800HT								AB	AC	A	ABC	ABC
Incoloy 825									C	A	AC	C
RA 602 CA										D	A	A
Inconel 600											AB	AC
Inconel 625												C

本表各符号的意义如下：

A：GB/T 15620-2008，SNi6082；AWS A5.14-2010，ERNiCr-3

B：GB/T 15620-2008，SNi6617；AWS A5.14-2010，ERNiCrCoMo-1

C：GB/T 15620-2008，SNi6625；AWS A5.14-2010，ERNiCrMo-3

D：GB/T 15620-2008，SNi6025；AWS A5.14-2010，ERNiCrFe-12

注：

1. 铸件母材材料见 SH/T 3423—2011 表 1。

2. Δ：尚无标准焊丝，可用于母材成分相同的焊丝。

3. 20Cr-32Ni-Nb、25Cr-20Ni-Nb、25Cr-35Ni-Nb、35Cr-45Ni-Nb 采用镍基焊丝（代号 A）焊接时，焊缝金属强度会低于母材，当有强度要求时，可采用与母材同类型的焊接材料进行焊接。

4. 本表中的国外材料商品号同表 6.2.2。

A.6 不锈钢焊条化学成分及力学性能见表 A.6。

表 A.6 不锈钢焊条化学成分及力学性能

焊条 型号	焊条 牌号 示例	化学成分（质量分数），%										力学性能		标准号	
		C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo	Cu	Nb+Ta	其他	抗拉强度 R_m , MPa		断后伸长 率 A , %
E308-15 E308-16	A107 A102	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	—	—	≥550	≥30	GB/T 983—2012
E308H-15 E308H-16	A002	0.04~0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	—	—	≥550	≥30	GB/T 983—2012
E316-15 E316-16	A207 A202	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012
E316H-15 E316H-16		0.04~0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012
E316L-15 E316L-16	A022	0.04	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	17.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012
E317-15 E317-16	A242	0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	12.0~14.0	3.0~4.0	≤0.75	—	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012
E309-15 E309-16	A307 A302	≤0.15	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	≤0.75	—	—	≥550	≥25	GB/T 983—2012
E309H-15 E309H-16		0.04~0.15	0.5~2.5	1.0	≤0.03	≤0.04	22.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	≤0.75	—	—	≥550	≥25	GB/T 983—2012
E310-15 E310-16	A407 A402	0.08~0.20	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	≤0.75	—	—	≥550	≥25	GB/T 983—2012
E310H-15 E310H-16	A432	0.35~0.45	1.0~2.5	≤0.75	≤0.03	≤0.030	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	≤0.75	—	—	≥620	≥8	GB/T 983—2012
E347-15 E347-16	A137 A132	≤0.08	0.5~2.5	≤1.0	≤0.03	≤0.04	18.0~21.0	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	8×C%~1.0	—	≥520	≥25	GB/T 983—2012

A. 7 不锈钢焊丝化学成分及力学性能见表 A.7。

表 A. 7 不锈钢焊丝化学成分及力学性能

焊丝型号	化学成分 (质量分数), %										力学性能		标准号
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	其他	抗拉强度 R_m , MPa	断后伸长 率 A , %	
H08Cr21Ni10	≤0.08	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S308	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	—	≥550	≥25	GB/T 29713—2013
H06Cr21Ni10	0.04~0.08	1.0~2.5	0.3~0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S308H	0.04~0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.5~22.0	9.0~11.0	≤0.50	≤0.75	—	≥550	≥30	GB/T 29713—2013
H08Cr19Ni10Ti	≤0.08	1.0~2.5	0.3~0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.0~10.5	≤0.75	≤0.75	Ti: 9xC%~1.00	—	—	YB/T 5092—2005
S321	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.5~20.5	9.0~10.5	≤0.75	≤0.75	Ti: 9xC%~1.00	≥550	≥25	GB/T 29713—2013
H08Cr20Ni10Nb	≤0.08	1.0~2.5	0.3~0.65	≤0.03	≤0.03	19.00~21.5	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	Nb+Ta: 10xC%~1.0	—	—	YB/T 5092—2005
S347	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	19.0~21.5	9.0~11.0	≤0.75	≤0.75	Nb+Ta: 10xC%~1.0	≥550	≥25	GB/T 29713—2013
H08Cr19Ni12Mo2	≤0.08	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	18.00~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S316	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	≥510	≥25	GB/T 29713—2013
H06Cr19Ni12Mo2	0.04~0.08	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	18.00~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S316H	0.04~0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	18.0~20.0	11.0~14.0	2.0~3.0	≤0.75	—	≥550	≥25	GB/T 29713—2013
H12Cr24Ni13	≤0.12	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S309	≤0.12	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	23.0~25.0	12.0~14.0	≤0.75	≤0.75	—	≥550	≥25	GB/T 29713—2013
H08Cr26Ni12	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S310S	≤0.08	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	≤0.75	—	≥550	≥20	GB/T 29713—2013
H12Cr26Ni12	0.08~0.15	1.0~2.5	≤0.35	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.5	≤0.75	≤0.75	—	—	—	YB/T 5092—2005
S310	0.08~0.15	1.0~2.5	≤0.65	≤0.03	≤0.03	25.0~28.0	20.0~22.0	≤0.75	≤0.75	—	≥550	≥20	GB/T 29713—2013

A.8 镍基焊条化学成分及力学性能见表 A.8。

表 A.8 镍基焊条化学成分及力学性能

焊条型号 (焊条牌号示例)	化学成分 (质量分数), %													熔敷金属 力学性能		标准号	
	C	Mn	Fe	Si	Cu	Ni	Co	Al	Ti	Cr	Nb	Mo	S	P	抗拉强度, R_m , MPa		断后伸长 率 A , %
ENi6133	≤0.10	1.0~ 3.5	≤12.0	≤0.8	≤0.5	≥62.0	—	—	—	13.0~ 17.0	0.5~ 3.0	0.5~ 2.5	0.015	0.020	≥550	≥27	GB/T 13814—2008
ENiCrFe-2 (INCO-WELD “A”)	≤0.10	1.0~ 3.5	≤12.0	0.75	0.50	≥62.0	—	—	—	13.0~ 17.0	1.5~ 4.0	0.5~ 2.5	0.02	0.03	≥550	≥30	AWS A5.11
ENi6182	≤0.10	5.0~ 10.0	≤10.0	≤1.0	≤0.5	≥60.0	—	—	≤1.0	13.0~ 17.0	1.0~ 3.5	—	0.015	0.020	≥550	≥27	GB/T 13814—2008
ENiCrFe-3 (INCONEL 182)	0.10	5.0~ 9.5	10.0	1.0	0.50	≥59.0	—	—	1.0	13.0~ 17.0	1.0~ 2.5	—	0.015	0.03	≥550	≥30	AWS A5.11
ENi6117	0.05~ 0.15	≤3.0	≤5.0	≤1.0	≤0.5	≥45.0	9.0~ 15.0	≤1.5	≤0.6	20.0~ 26.0	≤1.0	8.0~ 10.0	0.015	0.020	≥620	≥22	GB/T 13814—2008
ENiCrCoMo-1 (INCONEL 117)	0.05~ 0.15	0.3~ 2.5	5.0	0.75	0.50	剩余	9.0~ 15.0	—	—	21.0~ 26.0	1.0	8.0~ 10.0	0.015	0.03	≥620	≥25	AWS A5.11
ENi6625	≤0.10	≤2.0	≤7.0	≤0.8	≤0.5	≥55.0	—	—	—	20.0~ 23.0	3.0~ 4.2	8.0~ 10.0	0.015	0.020	≥760	≥27	GB/T 13814—2008
ENiCrMo-3 (INCONEL 112)	0.10	1.0	7.0	0.75	0.50	55.0	—	—	—	20.0~ 23.0	3.15~ 4.15	8.0~ 10.0	0.02	0.03	≥760	≥30	AWS A5.11
ENi6025	0.10~ 0.25	≤0.5	8.0~ 11.0	≤0.8	≤0.5	≥63.0	—	—	—	20.0~ 23.0	3.0~ 4.2	8.0~ 10.0	0.015	0.020	≥690	≥12	GB/T 13814—2008
ENiCrFe-12 (6225 AL)	0.10~ 0.25	1.0	8.0~ 11.0	1.0	0.20	剩余	1.0	1.5~ 2.2	0.10~ 0.40	24.0~ 26.0	—	—	0.02	0.04	≥650	≥20	AWS A5.11

A.9 镍基焊丝化学成分及力学性能见表 A.9。

表 A.9 镍基焊丝化学成分及力学性能

焊丝型号 (焊丝牌号示例)	化学成分 (质量分数), %													力学性能		标准号		
	C	Mn	Fe	Si	Cu	Ni	Co	Al	Ti	Cr	Nb	Mo	S	P	其他		抗拉强度 R_m , MPa	断后伸长 率 A , %
SNi6082	≤0.10	2.5~ 3.5	≤3.0	≤0.5	≤0.5	≥67	—	—	≤0.7	18.0~ 23.0	2.0~ 3.0	—	≤0.015	≤0.02	—	—	—	GB/T 15620—2008
ERNiCr-3 (INCONEL 82)	0.10	2.5~ 3.5	3.0	0.50	0.50	≥67.0	—	—	0.75	18.0~ 22.0	2.0~ 3.0	—	0.015	0.03	0.5	≥550	≥30 ⁽²⁾	AWS A5.14
SNi6025	0.15~ 0.25	≤0.5	8.0~ 11.0	≤0.5	≤0.1	≥39.0	—	1.8~ 2.4	0.1~ 0.2	24.0~ 26.0	—	—	≤0.015	≤0.02	—	—	—	GB/T 15620—2008
ERNiCrFe-12 (NicroFER 6025 HT)	0.15~ 0.25	0.5	8.0~ 11.0	0.5	0.1	剩余	1.0	1.8~ 2.4	0.1~ 0.2	24.0~ 26.0	—	—	0.010	0.020	0.5	≥660	—	AWS A5.14
SNi6625	≤0.10	≤0.5	≤5.0	≤0.5	≤0.5	≥58.0	—	≤0.4	≤0.4	20.0~ 23.0	3.0~ 4.2	8.0~ 10.0	≤0.015	≤0.02	—	—	—	GB/T 15620—2008
ERNiCrMo-3 (INCONEL 625)	0.10	0.50	5.0	0.50	0.50	≥58.0	—	0.40	0.40	20.0~ 23.0	3.15~ 4.15	8.0~ 10.0	0.015	0.02	0.5	≥760	≥30 ⁽²⁾	AWS A5.14
SNi6617	0.05~ 0.15	≤1.0	≤3.0	≤1.0	≤0.5	≥44.0	10.0~ 15.0	0.8~ 1.5	≤0.6	20.0~ 24.0	—	8.0~ 10.0	≤0.015	≤0.02	—	—	—	GB/T 15620—2008
ERNiCrCoMo-1 (INCONEL 617)	0.05~ 0.15	1.0	3.0	1.0	0.50	剩余	10.0~ 15.0	0.8~ 1.5	0.6	20.0~ 24.0	—	8.0~ 10.0	0.015	0.03	0.5	≥620	≥25 ⁽²⁾	AWS A5.14
SNi6601	≤0.10	≤1.0	≤20.0	≤0.5	≤1.0	58.0~ 63.0	—	1.0~ 1.7	—	21.0~ 25.0	—	—	≤0.015	≤0.02	—	—	—	GB/T 15620—2008
ERNiCrFe-11 (INCONEL 601)	0.10	1.0	Rem	0.50	1.0	58.0~ 63.0	—	1.0~ 1.7	—	21.0~ 25.0	—	—	0.015	0.03	0.5	≥650	≥42 ⁽²⁾	AWS A5.14
ERNiCrFeAl-1 (INCONEL 53MD)	≤0.15	≤1.0	2.5~ 6.0	≤0.50	≤0.30	剩余	≤0.12	2.5~ 4.0	≤1.0	27.0~ 31.0	0.5~ 2.5	—	≤0.015	≤0.03	≤0.5	≥760	≤45 ⁽²⁾	AWS A5.14

注：(1) 其他元素：Y:0.05~0.12；Zr: 0.01~0.10。

(2) 断后伸长率数据来源焊丝商品牌号数据。

注: (1) 其他元素: Y:0.05~0.12; Zr: 0.01~0.10。

(2) 断后伸长率数据来源焊丝商品牌号数据。

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工管式炉高合金炉管 焊接工程技术条件

SH/T 3417—2018

条 文 说 明

2018 北 京

修 订 说 明

《石油化工管式炉高合金炉管焊接工程技术条件》(SH/T 3417—2018)，经工业和信息化部 2018 年 7 月 4 日以第 36 号公告批准发布。

本标准（规范、规程）是在《石油化工管式炉高合金炉管焊接工程技术条件》(SH/T 3417—2007) 的基础上修订而成，上一版的主编单位是中石化宁波工程有限公司，主要起草人员是蒋自平、阚红元、郭文元、乔桂芝。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《石油化工管式炉高合金炉管焊接工程技术条件》编制组按章、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 范围.....20

3 术语与定义.....20

5 材料.....20

6 焊前准备.....20

7 焊接.....21

8 无损检测.....21

9 焊后热处理.....22

附录 A（资料性附录） 常用高合金炉管及管件的焊接材料.....22

石油化工管式炉高合金炉管焊接工程技术条件

1 范围

本标准适用于石油化工管式炉用高合金炉管和管件的焊接，材料包括奥氏体不锈钢、铁镍基合金和镍基合金，材料类型包括轧制炉管、离心铸造炉管和静态铸造管件，本次修订增加了镍基合金材料。焊接方法为焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和埋弧焊，未列入本规范的焊接方法，应在设计文件中规定焊接工艺评定、焊接和无损检测等要求。高合金炉管的焊前准备、焊接、无损检测等要求同时适用于车间及现场的焊接工程。

3 术语与定义

增加了术语铁镍基合金、镍基合金、离心浇铸管和管件的定义。

5 材料

5.2 焊接材料

5.2.2 镍基合金在施焊过程中通常采用氩气、氦气或者氮气和氩气的混合气作为保护气体，故不再单独对奥氏体不锈钢炉管和管件的焊接用保护气体进行要求，施焊单位应根据焊接材料产品说明书和焊接工艺评定进行操作。

6 焊前准备

6.1 焊接材料准备

6.1.1~6.1.6 本条对焊接材料提出了技术及工程管理方面的要求。

6.2 焊接工艺评定

6.2.2 根据行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014—2011 的分类原则对轧制母材进行分类，而铸造炉管和管件因需要单独进行焊评，故不再编入常用母材分类表。在石油化工行业中，金属材料暴露在高温碳氢气氛中，铁基、铁镍基和镍基材料在不同程度上都可能发生较为危险的渗碳腐蚀，国外称之为金属粉尘化（Metal Dusting）或灾难性渗碳（Catastrophic Carburization），在涉及合成气制备的天然气转化和煤气化装置中这一问题显得尤为突出。近年来越来越多的专利商都开始要求对合成气介质的承压炉管采用抗金属粉尘化材料，根据国外专利商的技术资料和一些技术文献的介绍，RA. 602CA（UNS N06025）和 Inconel 693 等镍基材料对抵抗金属粉尘化较为有效，因此本规范中表 6.2.3 中增加了相关的镍基材料。

6.2.6 铸件对焊接头的力学性能试验应按照设计文件的规定或现行行业标准《石油化工管式炉用铸造高合金炉管及管件技术条件》SH/T 3423 的要求。SH/T 3423—2011 中铸件的常温力学性能指屈服强度、抗拉强度和伸长率，高温短时力学性能的相关要求及试验要求按设计文件或 SH/T 3423—2011 中 3.2.5 条的规定。与轧制件不同，铸件的晶粒比较粗大，在进行拉伸试验时如按照行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014—2011 的规定采用板形拉伸试样，试样则难以达到合格指标。

6.2.7 轧制件对焊接头的高温力学性能试验项目为高温屈服强度和高温抗拉强度。

6.2.8 炉管的操作温度往往较高，因此焊接工艺评定试件可不进行冲击试验。

6.2.9 因铸件的晶粒粗大，其母材本身的塑性就不能满足弯曲试验的要求，因此铸造炉管和管件的焊

接工艺评定不要求弯曲试验。

6.2.12 为了避免奥氏体不锈钢的焊接接头在高温下出现 σ 相脆化,应限制焊接接头的铁素体含量,或对已析出 σ 相的焊接接头在条件允许的情况时进行固溶处理,使 σ 相溶于奥氏体。API 582-2009 规定需要进行焊后热处理或用于操作条件为高温的奥氏体不锈钢,在热处理前应对焊接接头的铁素含量进行检测,铁素体数 FN 合格范围为 3~10 (TP347 为 5~10)。

6.3 焊工资格

6.3.2 本标准涉及的轧制炉管或管件的材料都可按 TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》找到相应归类,而铸件材料并没有在考核细则的材料归类表中,考虑到铸造材料焊接的特殊性,故规定对施焊铸件的焊工应进行专项考试。

6.4 坡口准备

6.4.4 要求对铸件管坡口进行渗透检测是为了防止铸造缺陷对焊接质量造成影响。

6.5 组对与定位焊接

6.5.2 用有机溶剂清洗坡口主要是为了去除油脂,以防焊接时渗碳。

6.5.5 由于高合金材料焊接时液态金属流动性和浸润性较差,熔深较小,为了防止未焊透等缺陷,因此分别规定了铸件和轧制件的内壁错边量。

7 焊接

7.1 一般规定

7.1.3 AWS 第四卷中提出钢丝刷应采用不锈钢制成,因为轻微的渗碳都有可能降低焊缝的耐蚀性和某些力学性能。

7.2 焊接要求

7.2.1 底层焊道宜采用钨极气体保护焊,是因为它比熔化极气体保护焊飞溅物更少,有利于保证底层焊道的质量。

7.2.2 a) API 582 规定奥氏体不锈钢焊道间温度最大为 175℃,国内标准 NB/T 47015—2011、GB 50236—2011 及 SH/T 3523—2009 中对该值的规定均为不宜大于 150℃,通过查阅一些制造单位的焊接工艺评定,并结合焊材生产单位反馈的情况,本次修订将奥氏体不锈钢焊道间温度的最大值规定为 150℃,铁镍基合金与镍基合金焊道间温度最大值规定为 100℃。

7.2.5 奥氏体钢、铁镍基合金的焊接在弧坑处热裂纹倾向严重,故对引弧和收弧处应引起注意。

7.3 焊接接头外观检查

7.3.1~7.3.3 本条对焊缝的外观检查做出规定,明确规定不允许有裂纹、气孔、夹渣及熔合性飞溅、咬边及表面凹陷。对焊缝根部余高要求磨平,用内窥镜进行检查,检查完毕用塞规或通球对同直径的组焊炉管的焊缝根部余高进行检查,本次修订给出了通球直径的规定。

8 无损检测

8.1 射线检测

8.1.2 根据 SH 3036—2012《一般炼油装置火焰加热炉》17.2.3 的规定。

8.2 渗透检测

8.2.1 本次修订只保留了对铸件的焊接坡口进行渗透检测。上一版标准中规定材料抗拉强度大于 540MPa 炉管和管件的焊接接头坡口须进行渗透检测,该条源于压力容器设计标准的相关规定,但 GB 150.4—2011 规定标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低合金钢的修磨和补焊表面,须对其焊接接头表面进行 100%渗透检测,而本标准范围内的材料均为韧性较好的高合金,因此本次修订工作中更改了这一规定。上一版标准中规定对设计压力大于 5MPa,及操作介质毒性程度为极度危害和高度危害的炉管

和管件的焊接接头坡口应进行 100%渗透检测,做出这些规定参考了当时《压力容器安全技术监察规程》的相关要求,本次修订也随着《固定式压力容器安全技术监察规程》修改了这些内容,设计文件可根据实际情况另行规定。

8.2.2 上一版标准中并没有要求对奥氏体不锈钢焊接接头表面进行渗透检测,本次修订增加了这一要求,原因是行业标准《管式炉安装工程施工及验收规范》SH/T 3506—2007 和《化学工业炉受压元件制造技术条件》HG/T 20545—1992 都要求对炉管焊接接头表面进行 100%渗透检测,同时一些设计单位的设计文件中规定了这样的要求。

9 焊后热处理

铸造炉管和管件,以及铁镍基及镍基合金的炉管和管件通常是不需要进行焊后热处理的,而奥氏体不锈钢焊接接头的焊后热处理一般有消除应力热处理、稳定化处理和固溶处理,虽然奥氏体不锈钢在石油化工加热炉设计中常被作为耐热钢使用,但在需要考虑耐蚀性的工况下,焊后热处理对耐蚀性的影响在学术界仍存在一定争议。ASME II Part D 附录 A-350 及 GB/T 30583—2014《承压设备焊后热处理规程》等一些列标准中,对于奥氏体不锈钢焊接接头的焊后热处理,都采取了既不推荐也不禁止的态度,因此高合金炉管焊接接头是否进行热处理,以及热处理方式,由设计单位根据设计条件和工程经验决定。

附录 A (资料性附录) 常用高合金炉管及管件的焊接材料

本次修订在资料性附录中增加了用于镍基材料的焊材。

附表 A.2 (2) 与 A.3 (2), 当设计温度大于 400℃或母材厚度大于 19mm 时, 347H 性奥氏体不锈钢焊接接头可采用 E16-8-2-XX 焊条或 ER16-8-2 焊丝。AWS A5.4-2012 中也提到:“上述焊材的成分为 15.5Cr-8.5Ni-1.5Mo,主要用于材料为 16-8-2、316 和 347 型不锈钢的高温 and 高压管道焊接,但焊接接头的铁素体数 FV 通常不超过 5,焊接接头的热态韧性好,即使在受到较高约束时,仍可以在很大程度上避免焊接裂纹及弧坑裂纹。焊接接头可以进行固溶退火,也可以不进行任何焊后热处理。”另外 API582-2009 中也说明:“当在蠕变条件下工作时,为了避免焊接接头中的 σ 相可能影响接头性能,常使用 E16-8-2 焊条。”