



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3526—2015
代替 SH/T 3526—2004

石油化工异种钢焊接规范

Welding specification of dissimilar steels in petrochemical industry

2015-04-30 发布

2015-05-01 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 材料.....2

5 焊接工艺评定.....2

 5.1 一般规定.....2

 5.2 带隔离层焊缝的工艺评定.....4

 5.3 母材表面耐磨堆焊的工艺评定4

6 焊工资格.....6

7 焊前准备..... 6

 7.1 坡口制备及加工.....6

 7.2 组对与定位焊.....6

 7.3 焊接材料准备.....6

8 焊接材料选用.....7

 8.1 不同铁素体钢的焊接.....7

 8.2 不同奥氏体不锈钢的焊接.....7

 8.3 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接.....7

9 焊接工艺.....7

 9.1 一般规定.....7

 9.2 预热7

 9.3 焊接.....8

10 焊接检验..... 8

 10.1 外观检验.....8

 10.2 无损检测.....8

11 焊缝返修.....8

12 焊后热处理.....9

附录 A（资料性附录）ASTM 标准部分材料的化学成分及力学性能.....10

附录 B（资料性附录）常用国外材料的锻件及铸件13

附录 C（资料性附录）异种钢焊接材料选用14

本规范用词说明.....18

附：条文说明.....19

Contents

ForewordIII

1 Scope1

2 Normative references1

3 Terms and definitions1

4 Material.....2

5 Welding procedure qualifications.....2

 5.1 General.....2

 5.2 Welding procedure qualifications of HFO.....4

 5.3 Welding procedure qualifications of CRO.....4

6 Welder qualification.....6

7 Welding preparation.....6

 7.1 Groove processing.....6

 7.2 Assembly of joints.....6

 7.3 Prepare of welding material.....6

8 Selection of welding material.....7

 8.1 Welding of different ferritic steel.....7

 8.2 Welding of different austenitic stainless steel.....7

 8.3 Welding of ferritic steel and austenitic stainless steel.....7

9 Welding procedure.....7

 9.1 General requirement.....7

 9.2 Preheat.....7

 9.3 Weld.....8

10 Welding inspection.....8

 10.1 Visual inspection.....8

 10.2 NDT.....8

11 Weld repair.....8

12 PWHT.....9

Annex A (Informative) Chemical composition and mechanical properties of ASTM standard part of the materials.....10

Annex B (Informative) Forgings and castings used imported materials.....13

Annex C (Informative) Selection of dissimilar steels welding materials.....14

Explanation of wording in this specification.....18

Add: Explanation of articles.....19

前 言

根据中华人民共和国工业和信息化部《2012年第二批行业标准制修订计划》(工信厅科[2012]119号)的要求,规范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,修订本规范。

本规范共分12章和3个附录。

本规范的主要技术内容是:材料、焊接工艺评定、焊工资格、焊前准备、焊接材料选用、焊接工艺、焊接检验、焊缝返修、焊后热处理。

本规范是在SH/T 3526—2004《石油化工异种钢焊接规程》的基础上修订而成,修订的主要技术内容是:

- 扩大了适用范围;
- 修订了术语和定义;
- 对异种钢焊接的工艺评定及焊工考试进行了修订和补充;
- 对铁素体钢与奥氏体钢的焊接材料选用进行了修订;
- 对资料性附录进行了修订和补充。

本规范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施工技术淄博站负责日常管理,由中石化第四建设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。

本规范日常管理单位:中国石油化工集团公司施工技术淄博站

通讯地址:山东省青岛市黄岛区漓江西路677号

邮政编码:266555

电 话:0532-55681827

传 真:0532-58681000

本规范主编单位:中石化第四建设有限公司

通讯地址:天津市滨海新区(大港)世纪大道180号

邮政编码:300270

本规范参编单位:惠生工程(中国)有限公司

山东齐阳石化工程有限公司

本规范主要起草人员:王敬一 李雪梅 赵秀兰 张贤俊 刘知跃

本规范主要审查人员:吉章红 葛春玉 吴忠宪 李永红 段 瑞 张桂红 王一帆 胡联伟

张永明 袁 永 苏良骥 任鹏举 张立芳 张立平

本规范1992年首次发布,2004年第1次修订,本次为第2次修订。

石油化工异种钢焊接规范

1 范围

本规范规定了异种钢焊接工艺评定、焊工资格、焊接工艺、焊接检验及焊后热处理的要求。

本规范适用于石油化工、煤化工、天然气化工设备和管道的异种钢焊接接头的焊条电弧焊、钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊和埋弧焊的焊接。

本规范规定的异种钢焊接包括：

- a) 不同铁素体钢的焊接；
- b) 不同奥氏体不锈钢的焊接；
- c) 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接；
- d) 表层耐磨、耐腐蚀堆焊焊接。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规范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规范。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

GB 150 压力容器

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 4842 氩

GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工规范

GB 50484 石油化工建设工程施工安全技术规范

GB 50517 石油化工金属管道工程施工质量验收规范

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47015 压力容器焊接规程

NB/T 47013 承压设备无损检测

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

SH 3501 石油化工有毒、可燃介质钢制管道工程施工及验收规范

SH/T 3517 石油化工钢制管道工程施工技术规程

SH/T 3520 石油化工铬钼钢焊接规范

SH/T 3554 石油化工钢制管道焊接热处理规范

HG/T 2537 焊接用二氧化碳

TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则

3 术语和定义

GB/T 3375 和 NB/T 47014 确立的以及下列术语和定义适用于本规范。

3.1

铁素体钢 ferritic steel

常温下金相组织为铁素体的碳素钢、低合金钢、铬钼钢，不含铁素体不锈钢。

3.2

奥氏体不锈钢 austenitic stainless steel
常温下金相组织以奥氏体为主的不锈钢。

4 材料

4.1 用于异种钢焊接接头的母材及焊接材料应具有质量证明文件，并应符合国家现行标准、设计文件和订货技术条件的规定。质量证明文件应包括下列内容：

- a) 材料标准代号；
- b) 材料的规格、牌号（型号）及特性数据；
- c) 生产批号和供货状态；
- d) 生产单位名称；
- e) 检验印鉴标志。

4.2 当材料有下列情况之一时不得使用：

- a) 质量证明文件特性数据不符合产品技术标准和订货技术条件；
- b) 对质量证明文件特性数据有异议；
- c) 实物标识与质量证明文件标识不符；
- d) 要求复验的材料未进行复验或复验不合格。

4.3 对验收合格的材料应作出合格标识。

4.4 钨极气体保护焊宜采用铈钨极。

4.5 焊接用氩气应符合 GB/T 4842 的规定，其纯度不应低于 99.99%，当瓶装氩气的压力低于 0.5MPa 时，应停止使用。

4.6 熔化极气体保护焊采用的二氧化碳气体应符合 HG/T 2537 的规定，其纯度应不低于 99.5%，含水量应不超过 0.005%，使用前应预热和干燥。当瓶内气体压力低于 0.98 MPa 时，应停止使用。

5 焊接工艺评定

5.1 一般规定

5.1.1 除耐磨堆焊的焊接工艺评定外，异种钢焊接工艺评定应执行 NB/T 47014 的规定。

5.1.2 异种钢焊接工艺评定应按表 5.1.2 母材分类进行评定，除另有规定外，表 5.1.2 的 B 系列钢号可与 A 系列钢号同等对待。部分国外材料的化学成分及力学性能参见附录 A。

表 5.1.2 常用钢号分类分组

类别号	组别号	A 系列		B 系列	
		钢 号	标准	钢 号	标准
Fe-1	Fe-1-1	Q235A.F, Q235A, Q235B, Q235C	GB	SS400, SS400A	JIS
				ST35, ST45, RST37-2	DIN
		10, 20, 15, 20G, Q245R	GB	A516 Gr60A, A53B, A106B	ASTM
	Fe-1-2	16Mn Q345R	GB	SPV355, SPV315, SM490B, SM520C	JIS
				A516 Gr70	ASTM
	Fe-1-3	Q370R	GB	—	—
		15MnNiNbDR	GB	—	—
	Fe-1-4	08MnNiMoVD	GB	—	—
		07MnMoVR, 07MnNiVDR, 12MnNiVR	GB	—	—

表 5.1.2 常用钢号分类分组（续）

类别号	组别号	A 系列		B 系列	
		钢 号	标准	钢 号	标准
Fe-3	Fe-3-1	12CrMo 15MoG, 20MoG	GB	STBA20, STPA20	JIS
		A335 P2		ASTM	
	Fe-3-2	20MnMo, 20MnMoD, 10MoWVNb	GB	—	—
		12SiMoVNb	GB	—	—
	Fe-3-3	13MnNiMoR, 18MnMoNbR, 20MnMoNb, 20MnNiMo	GB	—	—
Fe-4	Fe-4-1	15CrMo, 15CrMoR, 15CrMoG	GB	A213 T12, A335 P12, A387 Gr. 12	ASTM
				STBA22, STFA22, STPA22	JIS
		14Cr1Mo, 14Cr1MoR	GB	A199 T11, A335 P11, A387 Gr. 11	ASTM
				STBA23, STFA23, STPA23	JIS
	Fe-4-2	12Cr1MoV, 12Cr1MoVG	GB	13CrMoV42	DIN
Fe-5A	—	12Cr2Mo, 12Cr2MoG, 12Cr2Mo1, 12Cr2Mo1R	GB	A335 P22, A213 T12, A387 Gr. 22	ASTM
				STBA24, STFA24, STPA24	JIS
				10CrMo910	DIN
Fe-5B	Fe-5B-1	12Cr5Mo, 1Cr5Mo	GB	A335 P5, A387 Gr. 5, A199 T5, A213T5	ASTM
				STBA25, STPA25, STFA25	JIS
Fe-6	—	06Cr13 (S41008)	GB	SUS410S	JIS
Fe-7	Fe-7-1	06Cr13Al	GB	405	JIS
Fe-8	Fe-8-1	06Cr19Ni10	GB	TP304, TP304N	ASTM
				SUS304	JIS
		022Cr19Ni10	GB	TP304L, TP304LN	ASTM
				SUS304L	JIS
		12Cr18Ni9	GB	TP304H	ASTM
		06Cr18Ni11Ti	GB	TP321, TP321H	ASTM
				SUS321	JIS
		06Cr18Ni11Nb	GB	TP347, TP347H	ASTM
				SUS347	JIS
		06Cr17Ni12Mo2	GB	TP316, TP316N	ASTM
		022Cr17Ni12Mo2	GB	316L, TP316LN	ASTM
				SUS316L	JIS
		022Cr19Ni13Mo3	GB	TP317L	ASTM
		06Cr19Ni13Mo3	GB	TP317	ASTM
	Fe-8-2	06Cr23Ni13	GB	309S	ASTM
				SUS309	JIS
06Cr25Ni20		GB	310S, 310H	ASTM	
			SUS310S	JIS	

5.1.3 除设计文件另有要求外，当管材和相对应的锻件（铸件）焊接时，可选用管材本身的工艺评定。常用国外材料的锻件及铸件参见附录 B。

5.1.4 当焊缝两侧母材具有不同冲击试验温度要求时，焊缝金属的冲击试验温度应低于或等于两侧母材中的较高者。

5.2 带隔离层焊缝的工艺评定

5.2.1 带隔离层焊缝的工艺评定应执行 NB/T 47014。

5.2.2 带隔离层堆焊用填充金属材料与后续连接焊缝填充金属材料相同时,可采用一个焊接试件进行焊接工艺评定。

5.2.3 带隔离层堆焊用填充金属材料与后续连接焊缝填充金属材料不相同,应先将试件进行隔离层堆焊(如产品隔离层要求热处理,则此堆焊件也应经热处理),然后再进行连接焊缝的焊接;隔离层堆焊和连接焊缝的焊接均需进行焊接工艺评定。

5.2.4 隔离层堆焊、连接焊缝的焊接工艺评定的重要因素、补加因素等按 NB/T 47014 的规定执行。

5.2.5 隔离层堆焊评定的厚度测量应按 NB/T 47014 的规定执行,当隔离层的最小厚度小于 4.8mm 时,堆焊的焊接线能量也应为堆焊评定的重要因素。

5.3 母材表面耐磨堆焊的工艺评定

5.3.1 堆焊试件分为板状与管状两种,管状试件可在管外壁或管内壁堆焊。

5.3.2 堆焊试件应符合下列规定:

- a) 板状试件尺寸不应小于 150mm×150mm;
- b) 管状试件长度不小于 150mm,最小直径应能满足取样数量的要求,且应绕试件圆周连续堆焊;
- c) 试件堆焊层的最小厚度不小于设计厚度;
- d) 堆焊层焊缝尺寸宽度最小为 38mm。

5.3.3 应对堆焊试件进行渗透检测、硬度检测、宏观金相、化学成分分析(当规定时)的检验。

5.3.4 试样数量及取样部位应符合下列规定:

- a) 板状试件从堆焊层长度方向中间部位取样。每个焊接位置的堆焊金属都要取试样,立焊时,若焊接方向改变应分别取样;
- b) 管状试件的取样部位与试件焊接位置有关,详见图 5.3.4,图中阴影线对应的堆焊层为取样位置。试件 1G、2G 为一处取样位置,5G、6G 可选三个焊接位置取样(向上立焊与向下立焊当作两个焊接位置);
- c) 试件 5G 用机械焊或自动焊时,若相邻焊道堆焊方向交替变换,并与管中心线垂直时,则向上立焊与向下立焊当作一个立焊位置取样。

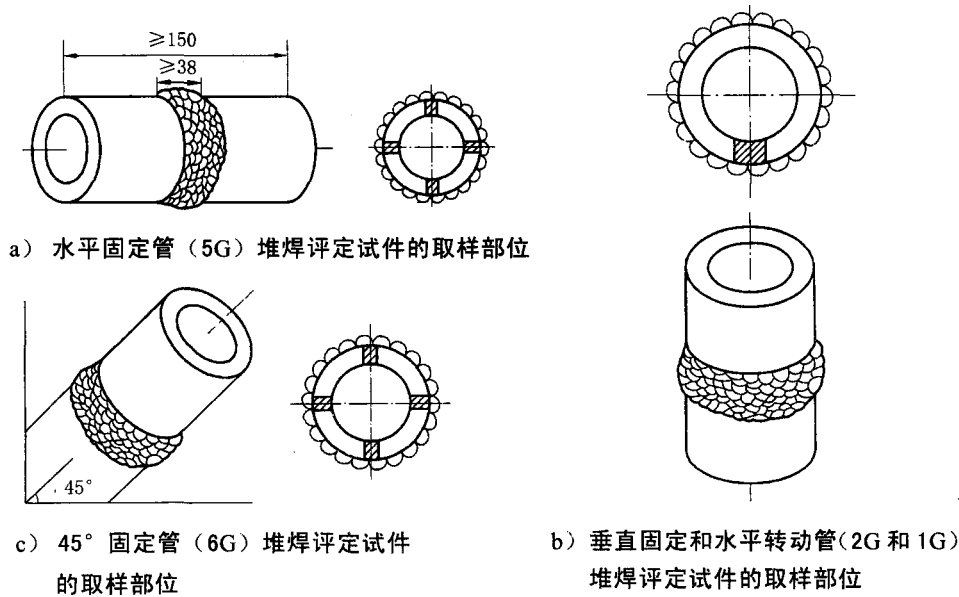


图 5.3.4 管状堆焊试件堆焊金属化学成分、硬度检测及宏观金相取样位置

- 5.3.5 堆焊完成后，应按 NB/T 47013 进行渗透检测，Ⅰ级合格。渗透检测前可对焊缝表面进行处理。
- 5.3.6 硬度检测应符合下列规定：
- a) 直接在堆焊层焊态表面上测定或在清除焊态表面层后的加工表面上测定（见图 5.3.6）；
 - b) 至少测 3 点硬度，硬度值符合设计文件要求。
- 5.3.7 试样应宏观金相检验，垂直加硬层堆焊方向切取断面试样，对试样的两个加工面应进行抛光，并用浸蚀剂进行浸蚀，用 5 倍放大镜目视检查，基层金属及焊缝热影响区无裂纹、未熔合及其他线性缺陷。

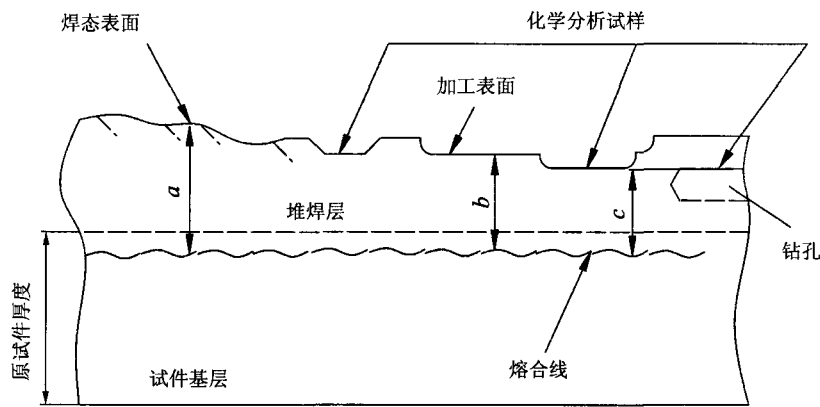


图 5.3.6 堆焊金属化学成分分析、硬度检测取样示意

- 5.3.8 化学成分分析方法和合格指标按有关技术文件规定，测定方法（见图 5.3.6）应符合下列规定：
- a) 直接在堆焊层焊态表面上测定，或从焊态表面制取屑片测定；
 - b) 在清除焊态表面层后的加工表面上测定，或从加工表面制取屑片测定；
 - c) 从堆焊层侧面水平钻孔采集屑片测定。
- 5.3.9 堆焊层评定最小厚度应按下列方法测定（见图 5.3.6）：
- a) 在焊态表面上进行测定，堆焊层评定最小厚度应为熔合线至焊态表面的距离 a ；
 - b) 在清除焊态表面层后的加工表面上进行测定，堆焊层评定最小厚度应为熔合线至加工表面的距离 b ；
 - c) 从侧面水平钻孔采取屑片进行测定，堆焊层评定最小厚度应为从熔合线至钻孔孔壁上沿的距离 c 。
- 5.3.10 堆焊试件基层厚度适用于焊件基层厚度范围应按表 5.3.10 确定。

表 5.3.10 堆焊试件厚度适用于焊件基层厚度范围 单位为 mm

试件基层厚度 T	适用于焊件基层厚度范围
<25	$T \sim 25$
≥ 25	≥ 25

- 5.3.11 下列因素变化时应重新评定：
- a) 改变基层母材的类别号；
 - b) 堆焊层规定厚度低于已评定的最小厚度；
 - c) 多层堆焊改为单层堆焊或反之；
 - d) 变更电流的种类或极性；
 - e) 除横焊、立焊或仰焊位置的评定适用于平焊外，改变评定合格的焊接位置；
 - f) 预热温度比评定值降低 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 及以上，或超过评定记录的最高道间温度；

- g) 变更焊条型号标准型号、变更焊丝标准型号或变更国产焊接用不锈钢丝标准牌号;
- h) 改变热处理类别, 或焊后热处理保温的总时间超过评定值 25%以上;
- i) 除焊条电弧焊, 堆焊首层时的线能量或单位长度焊道内熔敷金属的体积增加超过评定值的 10%;
- j) 对于熔化极气体保护焊、钨极气体保护焊:
 - 1) 改变单一保护气体种类;
 - 2) 从单一保护气体改变为混合保护气体, 或反之;
 - 3) 混合保护气体规定百分比改变;
 - 4) 增加或取消保护气体;
 - 5) 附加堆焊用填充金属体积改变超过 10%。

6 焊工资格

6.1 从事特种设备异种钢焊接作业的焊工应按 TSG Z6002 考试取得资格证书。

6.2 耐磨堆焊、隔离层堆焊焊接作业的焊工应按 TSG Z6002 中耐蚀堆焊规定进行考试, 取得堆焊资格。

7 焊前准备

7.1 坡口制备及加工

7.1.1 焊接坡口应根据图样要求或工艺条件选用标准坡口或自行设计。坡口形式和尺寸应考虑下列因素:

- a) 熔合比尽量少;
- b) 不易产生焊接缺陷;
- c) 减少焊接变形和残余应力;
- d) 便于操作;
- e) 有利于焊接保护。

7.1.2 焊件坡口加工宜采用机械方法。

7.1.3 坡口加工后应进行外观检查, 坡口表面不得有裂纹、分层和夹渣等缺陷。铬钼钢、材料标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 钢材的坡口热加工时应按 NB/T 47013 进行 100%表面无损检测, I 级合格。

7.2 组对与定位焊

7.2.1 异种钢焊接接头的组对应符合下列标准的有关规定:

- a) 压力容器执行 GB 150 和 NB/T 47015 的有关规定;
- b) 有毒、可燃介质管道执行 SH 3501 的有关规定;
- c) 其他设备和管道执行 GB 50236 和 GB 50517 的有关规定。

7.2.2 焊口组对时不得进行强力组对。

7.2.3 去除卡具时, 不应伤及母材, 对残留痕迹应打磨修平, 对铬钼钢、材料标准抗拉强度下限值等于或大于 540MPa 钢材的焊件, 打磨后应按 NB/T 47013 进行 100%表面无损检测, I 级合格。

7.2.4 施焊前应检查坡口形式、组对间隙, 清除坡口表面及坡口两侧不小于 20mm 范围内的油漆、铁锈等污物, 奥氏体不锈钢坡口两侧各 100mm 范围内应采取防飞溅污染措施。

7.2.5 定位焊及固定卡具焊接应由合格焊工按合格的工艺施焊, 定位焊缝的长度、厚度和间距, 应能保证焊缝在正式焊接过程中不致开裂。

7.3 焊接材料准备

7.3.1 焊接材料仓库储存及保管应符合 JB/T 3223 规定。

7.3.2 焊条、焊剂在使用前应按产品使用说明书的要求进行烘干，并符合下列规定：

- a) 焊条摆放应有利于均匀受热；
- b) 焊条烘干时应防止骤冷骤热而导致药皮开裂或脱落；
- c) 烘干的温升速度应有利于药潮气排放；
- d) 不同类型的焊条或焊剂应分别烘干。

7.3.3 焊条经烘干领取后应放置在保温桶中随用随取，焊条在保温桶中放置时间超过 4h 时应重新烘干，累计烘干次数不宜超过 3 次。

7.3.4 焊丝表面若有油污，使用前应进行清理。

7.3.5 焊接材料在使用过程中，应保持识别标志。

8 焊接材料选用

8.1 不同铁素体钢的焊接

8.1.1 不同铁素体钢组成的异种钢焊接接头宜优先按合金含量较低一侧母材选用焊接材料。

8.1.2 不同铁素体钢焊接时，焊接材料可参照附录 C 选用。

8.1.3 不同铬钼钢焊接时，焊接材料选用除执行本规范外，尚应执行 SH/T 3520 的有关规定。

8.2 不同奥氏体不锈钢的焊接

8.2.1 不同奥氏体不锈钢的焊接接头，应选用主要合金元素含量不低于合金含量较低一侧母材标准规定的下限值的焊接材料。

8.2.2 对有耐晶间腐蚀要求的焊接接头，应选用含有稳定化元素 Ti、Nb 或含碳量不大于 0.04% 的焊接材料。

8.2.3 设计文件对奥氏体焊接材料的熔敷金属内铁素体含量有要求时，焊接材料铁素体含量应符合设计要求。

8.2.4 不同奥氏体不锈钢焊接时，焊接材料可参照附录 C 选用。

8.3 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接

8.3.1 铁素体钢与奥氏体不锈钢焊接应按下述规定选用焊接材料：

- a) 当设计温度低于或等于 315℃ 时可选用铬镍含量为 25% Cr-13% Ni 型的焊接材料；
- b) 当设计温度高于 315℃ 时宜选用镍基焊接材料。

8.3.2 铁素体钢与奥氏体不锈钢焊接时，焊接材料可参照附录 C 选用。

9 焊接工艺

9.1 一般规定

9.1.1 异种钢焊接除符合本规范外，尚应符合设计文件及国家现行相关标准的规定。

9.1.2 焊接前应根据设计文件要求和合格的焊接工艺评定等编制焊接工艺文件，并按焊接工艺文件要求进行施焊。

9.1.3 焊接环境出现下列任一情况时，应采取有效防护措施，否则不得施焊：

- a) 气体保护焊风速大于 2m/s，其他焊接方法风速大于 8m/s；
- b) 相对湿度大于 90%；
- c) 雨、雪环境。

9.1.4 当焊件温度为 0℃ 以下时，应在始焊处 100mm 范围内预热到 15℃ 以上。

9.1.5 安全技术、劳动保护应符合 GB 50484 的规定。

9.2 预热

9.2.1 不同铁素体钢的焊接预热温度应按合金含量较高的母材要求确定，且不低于该母材要求预热

温度的下限值。

9.2.2 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接预热，应预热铁素体钢一侧，且应按铁素体钢预热温度的下限值预热，预热温度不宜超过 175℃。

9.2.3 堆焊的预热温度应按设计要求执行，设计无要求时，焊件的预热温度应考虑材质、厚度及堆焊材料等因素。

9.2.4 管道的预热及测温要求应符合 SH/T 3554 的规定，设备的预热及测温要求应符合 NB/T 47015 的规定。

9.3 焊接

9.3.1 有预热要求的铁素体钢之间焊接时，道间温度不应低于预热温度。

9.3.2 不同奥氏体不锈钢焊接时，应符合下列要求：

- a) 应采用小电流、快速焊、窄焊道及多层多道焊的工艺，道间温度不应超过 150℃；
- b) 有耐晶间腐蚀要求的双面焊缝，与介质接触的一面焊缝应最后施焊。

9.3.3 铁素体钢与奥氏体不锈钢焊接时，应符合下列要求：

- a) 焊件的坡口宜比同种钢角度大；
- b) 当采用隔离层堆焊时，宜在铁素体钢侧坡口上用高铬镍奥氏体焊条或镍基焊条进行隔离层堆焊；
- c) 宜采用小电流、快速焊。

9.3.4 底层焊道采用奥氏体或镍基焊丝进行钨极气体保护焊时，背面应进行充氩保护。

9.3.5 焊接时，不得在焊件表面引弧或试验电流。焊件表面不得有电弧擦伤等缺陷，焊接时应注意起弧和收弧的质量，收弧应将弧坑填满。多道焊的道间接头应错开。

10 焊接检验

10.1 外观检查

10.1.1 焊后应将焊缝表面上的熔渣、飞溅等清理干净，外观质量应符合下列规定：

- a) 焊缝成型良好；
- b) 焊缝表面不得有气孔、夹渣、弧坑及未填满等缺陷；
- c) 焊接接头表面不允许有裂纹。

10.1.2 压力容器焊缝外观检查应符合 GB150 的规定，有毒、可燃介质管道焊缝外观检查应符合 SH 3501 的规定，其他管道焊缝外观检查应符合 SH/T 3517 的规定。

10.2 无损检测

10.2.1 异种钢焊接接头无损检测应按设计文件要求进行。

10.2.2 管道和设备的焊接接头在焊缝外观检查合格后进行无损检测，无损检测工艺执行 NB/T47013 的规定。

10.2.3 压力容器焊接接头的无损检测要求应符合 GB150 规定，有毒、可燃介质管道焊接接头的无损检测要求应符合 SH 3501 的规定，其他管道焊接接头的无损检测要求应执行 SH/T 3517 的规定。

10.2.4 按比例进行抽检的焊缝应优先选择异种钢焊缝。

11 焊缝返修

11.1 焊缝返修应由有相应资格的焊工担任，采用经评定合格的焊接工艺，并应有焊接返修记录。

11.2 返修部位的焊缝表面应修磨成与原焊缝基本一致，并按原检测要求进行检验。

11.3 同一部位的返修次数不宜超过二次，超次返修应制订措施，并应经施工单位项目技术负责人批准。

12 焊后热处理

12.1 异种钢焊接焊后热处理除执行本规范外，尚应符合下列规定的规定：

- a) 设备焊后热处理执行 NB/T 47015 的规定；
- b) 压力管道焊后热处理执行 SH/T 3554 的规定。

12.2 异种钢焊接的焊后热处理应兼顾两侧母材，焊后热处理温度取合金含量高者的热处理温度下限值，但温度不应超过两者中任一钢号的下临界点 A_{c1} 。

12.3 不同铬钼钢焊接接头焊后热处理，应符合 SH/T 3520 的规定。

12.4 对于 9Cr-1Mo-V (P91) 的异种钢焊接接头，焊接热处理应考虑热处理时机。

12.5 除设计文件有要求外，对于不同奥氏体不锈钢焊接接头以及奥氏体不锈钢与非奥氏体钢的焊接接头，可不进行热处理。

附录 A
(资料性附录)
ASTM 标准部分材料的化学成分及力学性能

表 A 给出了 ASTM 标准部分材料的化学成分及力学性能。

表 A ASTM 标准部分材料的化学成分及力学性能

钢 号		化学成分 %								力学性能	
		C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 R_{eL} MPa
A106	Grade A ^a	≤0.25	≤0.10	0.27~0.93	≤0.035	≤0.035	≤0.40	≤0.40	≤0.15	≥330	≥205
	Grade B ^a	≤0.30	≤0.10	0.29~1.06	≤0.035	≤0.035	≤0.40	≤0.40	≤0.15	≥415	≥240
	Grade C ^a	≤0.35	≤0.10	0.29~1.06	≤0.035	≤0.035	≤0.40	≤0.40	≤0.15	≥485	≥275
A335	Grade P1	0.10~0.20	0.10~0.50	0.30~0.80	≤0.025	≤0.025	—	—	0.44~0.65	≥380	≥205
	Grade P11	0.05~0.15	0.5~1.00	0.30~0.60	≤0.025	≤0.025	—	1.00~1.50	0.44~0.65	≥415	≥205
	Grade P12	0.05~0.15	≤0.50	0.30~0.61	≤0.025	≤0.025	—	0.80~1.25	0.44~0.65	≥415	≥220
	Grade P22	0.05~0.15	≤0.50	0.30~0.60	≤0.025	≤0.025	—	1.90~2.60	0.87~1.13	≥415	≥205
	Grade P5	≤0.15	≤0.50	0.30~0.60	≤0.025	≤0.025	—	4.00~6.00	0.44~0.65	≥415	≥205
A387	Grade P9	≤0.15	0.50~1.0	0.30~0.60	≤0.025	≤0.025	—	8.00~10.00	0.9~1.10	≥415	≥205
	Grade P91 ^b	0.08~0.12	0.20~0.50	0.30~0.60	≤0.010	≤0.020	≤0.40	8.00~10.5	0.85~1.05	≥585	≥415
	Grade. 11	0.04~0.17	0.44~0.86	0.35~0.73	≤0.035	≤0.035	—	0.94~1.56	0.40~0.70	415~585	≥240
	Grade. 12	0.04~0.17	0.13~0.45	0.35~0.73	≤0.035	≤0.035	—	0.74~1.21	0.40~0.65	380~550	≥230
	Grade P22	0.04~0.15	≤0.50	0.25~0.66	≤0.035	≤0.035	—	1.88~2.62	0.85~1.15	415~585	≥205
A387	Grade P5	≤0.15	≤0.55	0.25~0.66	≤0.030	≤0.035	—	3.90~6.10	0.40~0.70	415~585	≥205
	Grade P9	≤0.15	≤1.05	0.25~0.66	≤0.030	≤0.030	—	7.90~10.10	0.85~1.15	415~585	≥205
	Grade P91 ^c	0.06~0.15	0.18~0.56	0.25~0.66	≤0.012	≤0.025	≤0.40	7.90~9.60	0.80~1.10	585~760	≥415

表 A ASTM 标准部分材料的化学成分及力学性能 (续)

钢 号	化 学 成 分 %								力 学 性 能		
	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 R_{eL} MPa	
A312	TP304	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	8.00~11.00	18.0~20.0	—	≥485	≥170
	TP304H	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	8.00~11.00	18.0~20.0	—	≥515	≥205
	TP304L	≤0.035	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	8.00~13.00	18.0~20.0	—	≥485	≥170
	TP309S	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.045	12.0~15.0	22.0~24.0	≤0.75	≥515	≥205
	TP310S	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.045	19.0~22.0	24.0~26.0	≤0.75	≥450	≥200
	TP316	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	11.0~14.0	16.0~18.0	2.00~3.00	≥515	≥205
	TP316H	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	11.0~14.0	16.0~18.0	2.00~3.00	≥515	≥205
	TP316L	≤0.035	≤0.75	2.00	≤0.030	≤0.040	10.0~15.0	16.0~18.0	2.00~3.00	≥485	≥170
	TP321 ^d	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	9.00~13.00	17.0~20.0	—	≥515 ^h	≥205
										≥485 ⁱ	≥170
	TP321H ^e	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	9.00~13.00	17.0~20.0	—	≥515 ^h	≥205
										≥485 ⁱ	≥170
A333	TP347 ^f	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	9.00~13.00	17.0~20.0	—	≥515	≥205
	TP347H ^g	0.04~0.10	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.040	9.00~13.00	17.0~20.0	—	≥515	≥205
	Gr. 1	≤0.30	—	0.40~1.06	≤0.025	≤0.025	—	—	—	380	205
	Gr. 3	≤0.19	0.18~0.37	0.31~0.46	≤0.025	≤0.025	3.18~3.82	—	—	450	240
	Gr. 6	≤0.30	≥0.10	0.29~1.06	≤0.025	≤0.025	—	—	—	415	240
	Gr. 8	≤0.13	0.13~0.32	≤0.90	≤0.025	≤0.025	8.40~9.60	—	—	690	515

表 A ASTM 标准部分材料的化学成分及力学性能 (续)

钢 号	化学成分 %							力 学 性 能		
	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo	抗拉强度 R_m MPa	屈服强度 R_{eL} MPa
A350	Gr.LF1	0.15~0.30	0.60~1.35	≤0.040	≤0.035	≤0.40	≤0.30	≤0.12	415~585	205
	Gr.LF2	0.15~0.30	0.60~1.35	≤0.040	≤0.035	≤0.40	≤0.30	≤0.12	485~655	250
A351	CF3/CF3A	≤2.00	≤1.50	≤0.040	≤0.040	8.0~12.0	17.0~21.0	≤0.5	485/530	205/240
	CF8/CF8A	≤2.00	≤1.50	≤0.040	≤0.040	8.0~11.0	17.0~21.0	≤0.5	485/530	205/240
	CF3M/CF3MA	≤0.030	≤1.50	≤0.040	≤0.040	9.0~12.0	18.0~21.0	2.0~3.0	485/550	205/255
	CF8C	≤0.080	≤2.00	≤1.50	≤0.040	≤0.040	9.0~12.0	18.0~21.0	485	205
	CF8M	≤0.080	≤1.50	≤0.040	≤0.040	9.0~12.0	18.0~21.0	2.0~3.0	485	205
^a Cr、Cu、Mo、Ni、V 五种元素含量总和不得超过 1%。 ^b V 为 0.18%~0.25%，N 为 0.030%~0.070%，Al 小于或等于 0.04%，Cb 为 0.06%~0.10%。 ^c V 的成分为 0.16%~0.27%，Nb 的成分为 0.05%~0.11%，Ti 的成分为 ≤0.01%，B 的成分为 0.025%~0.08%，Al 的成分为 ≤0.02%，Zr 的成分为 ≤0.01%。 ^d Ti 含量应不低于 5 倍碳含量，且不低于 0.70%。 ^e Ti 含量应不低于 4 倍碳含量，且不低于 0.60%。 ^f Nb 加 Ta 的总含量应不低于 10 倍碳含量，且不低于 1.00%。 ^g 加 Ta 的总含量应不低于 8 倍碳含量，且不低于 1.00%。 ^h 无缝管，壁厚小于或等于 3/8 in 时。 ⁱ 无缝管，壁厚大于 3/8 in 时。										

附 录 B
(资料性附录)
常用国外材料的锻件及铸件

表 B 给出了常用国外材料锻件及铸件的公称成分与相当的 ASTM 标准的钢号。

表 B 常用国外材料的锻件及铸件

序号	公称成分	锻件型号 或等级	相当的 ASTM 材质	铸件型号 或等级	相当的 ASTM 材质
1	碳钢	—	A105	—	A216 Gr. WCB
2	铝镇静钢	LF1	A350 Gr. LF1	LCB	A352 Gr. LCB
3	31/2Ni	LF3	A350 Gr. LF3	LC3	A352 Gr. LC3
4	1/2Mo	F1	A182 Gr. F1	WC1	A217 Gr. WC1
5	1Cr-1/2Mo	F12	A182 Gr. F12	—	—
6	11/4Cr-1/2Mo	F11	A182 Gr. F11	WC6	A217 Gr. WC6
7	21/4Cr-1/2Mo	F22	A182 Gr. F22	WC9	A217 Gr. WC9
8	5Cr-1/2Mo	F5	A182 Gr. F5	C5	A217 Gr. C5
9	9Cr-1Mo	F9	A182 Gr. F9	C12	A217 Gr. C12
10	9Cr-1Mo-V	F91	A182 Gr. F91	—	—
11	18Cr-8Ni	F304	A182 Gr. F304	CF8	A351 Gr. CF8
12	18Cr-8Ni	F304L	A182 Gr. F304L	CF3	A351 Gr. CF3
13	16Cr-12Ni-2Mo	F316L	A182 Gr. F316L	CF3M	A351 Gr. CF3M
14	16Cr-12Ni-2Mo	F316	A182 Gr. F316	CF8M	A351 Gr. CF8M
15	18Cr-10Ni-Ti	F321	A182 Gr. F321	—	—
16	18Cr-10Ni-Nb	F347	A182 Gr. F347	CF8C	A351 Gr. CF8C

附 录 C
(资料性附录)
异种钢焊接材料选用

表 C. 1 给出了不同铁素体钢及铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接材料选用，表 C. 2 给出了不同奥氏体不锈钢焊接时推荐选用的焊接材料。

表 C. 1 不同铁素体钢及铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接材料选用

钢材种类	接头母材类别、组别代号	焊条电弧焊		埋弧焊		氩弧焊
		型号	牌号示例	焊剂型号	焊剂牌号及焊丝牌号示例	焊丝牌号(标准号)
低碳钢与强度型低合金钢相焊	Fe-1-1 与 Fe-1-2、Fe-1-3、Fe-1-4 相焊	E4315	J427	F4A0-H08A F4A2-H08MnA	HJ431-H08A	H08Mn2SiA
		E4316	J427		HJ431-H08MnA	
		E5015	J507		SJ101-H08A	
		E5016	J506		SJ101-H08MnA	
含钼强度型低合金钢之间相焊	Fe-3-1 与 Fe-3-2、Fe-3-3 相焊	E5515-B1	R207	F48A0-H13CrMoA	HJ350-H13CMoA SJ101-H13CrMoA	—
	Fe-3-2 与 Fe-3-3 相焊	E5515-G	J557	F55A0-H08MnMoA	HJ350-H08MnMoA	—
低碳钢与耐热型低合金钢相焊	Fe-1-1 与 Fe-4、Fe-5A、Fe-5B-1 相焊	E4315	J427	F4A0-H08A	HJ431-H08A HJ350-H08A SJ101-H08A	H08Mn2SiA
强度型低合金钢与耐热型低合金钢相焊	Fe-1-2 与 Fe-4、Fe-5A、Fe-5B-1 相焊	E5015 E5016	J507 J506	F5A0-H10Mn2	HJ431-H10Mn2	—
强度型钢与耐热型低合金钢相焊	Fe-3-2 与 Fe-4、Fe-5A 相焊	E5515-G	J557	F55A0-H08MnMoA	HJ350-H08MnMoA	—
		E5516-G	J556			
	Fe-3-3 与 Fe-4、Fe-5A 相焊	E6015-D1	J607	F62A0-H08Mn2MoA F62A0-H08Mn2MoA	HJ431-H08Mn2MoA HJ350-H08Mn2MoA SJ101-H08Mn2MoA	—
		E6016-D1	J606			
耐热型低合金钢与耐热型中合金钢相焊	Fe-4-1 与 Fe-5A 相焊	E5515-B2	R307	—	—	—
	Fe-4-2 与 Fe-5A 相焊	E5515-B2-V	R317	—	—	—
强度型低合金钢与奥氏体不锈钢相焊	Fe-1-1、Fe-1-2、Fe-1-3、Fe-3-1、Fe-3-2 与 Fe-8-1 相焊	E309-16	A302	F309-H1Cr24Ni13	—	H12Cr24Ni13
		E309-16	A302			
		E309-15	A307			
		E309Mo-16	A312			
耐热型低合金钢与奥氏体不锈钢相焊	Fe-4、Fe-5A 与 Fe-8-1 相焊	E309-16	A302	F309-H1Cr24Ni13	—	H12Cr24Ni13
		E309-15	A307			

表 C.2 不同奥氏体不锈钢焊接的焊接材料选用

项 目	钢材牌号					
	022Cr19Ni10 (304L)	06Cr23Ni13 (309S)	06Cr25Ni20 (310S)	06Cr17Ni12Mo2 (316)	022Cr17Ni12Mo2 (316L)	06Cr19Ni13Mo3 (317)
钢材牌号						
焊接材料 (牌号)						
06Cr19Ni10 (304)	E308L-16 (A002)	E308-16 (A102) E309-16 (A302)	E308-16 (A102) E309-16 (A302) E310-16 (A402)	E308-16 (A102) E316-16 (A202)	E308-16 (A102) E316-16 (A202)	E308-16 (A102) E316-16 (A202)
		E308-16 (A102) E309-16 (A302)	E310-16 (A402)	E308L-16 (A002) E316L-16 (A022)	E308-16 (A102) E317-16 (A242) E347-16 (A132)	E308-16 (A102) E347-16 (A132)
022Cr19Ni10 (304L)	—	—	—	—	—	—
06Cr23Ni13 (309S)	—	—	—	—	—	—
06Cr25Ni20 (310S)	—	—	—	—	—	—
06Cr17Ni12Mo2 (316)	—	—	—	—	—	—
022Cr17Ni12Mo2 (316L)	—	—	—	—	—	—
06Cr19Ni13Mo3 (317)	—	—	—	—	—	—

表 C.2 不同奥氏体不锈钢焊接的焊接材料选用 (续)

项 目	钢材牌号					
	022Cr19Ni10 (304L)	06Cr23Ni13 (309S)	06Cr25Ni20 (310S)	06Cr17Ni12Mo2 (316)	022Cr17Ni12Mo2 (316L)	06Cr19Ni13Mo3 (317)
钢材牌号	焊材型号 (牌号)					
06Cr19Ni10 (304)	ER308L (H03Cr21Ni10Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER309 (H12Cr24Ni13Si) ER310 (H12Cr24Ni13Si)	ER308 (H08Cr21Ni10 Si) ER309 (H12Cr24Ni13 Si) ER310 (H08Cr26Ni21 Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si) ER317 H08Cr20Ni14Mo3
022Cr19Ni10 (304L)	—	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER309 (H12Cr24Ni13Si)	ER308 (H08Cr21Ni10 Si) ER309 (H12Cr24Ni13Si) ER310 (H08Cr26Ni21Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER308L (H03Cr21Ni10Si) ER316L (H03Cr19Ni12Mo2Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER321 (H08Cr19Ni10Ti) ER347 (H08Cr20Ni10Nb)
06Cr23Ni13 (309S)	—	—	ER309 (H12Cr24Ni13Si) ER310 (H08Cr26Ni21Si)	ER309 (H12Cr24Ni13Si) ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER309 (H12Cr24Ni13Si) ER316L (H03Cr19Ni12Mo2Si)	ER309 (H12Cr24Ni13Si) ER321 (H08Cr19Ni10Ti) ER347 (H08Cr20Ni10Nb)
06Cr25Ni20 (310S)	—	—	—	ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER310 (H08Cr26Ni21Si)
06Cr17Ni12Mo2 (316)	—	—	—	—	ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si)	ER308 (H08Cr21Ni10Si) ER316 (H08Cr19Ni12Mo2Si) ER317 (H08Cr19Ni14Mo3)

表 C. 2 不同奥氏体不锈钢焊接的焊接材料选用（续）

项 目	钢材牌号						
	022Cr19Ni10 (304L)	06Cr23Ni13 (309S)	06Cr25Ni20 (310S)	06Cr17Ni12Mo2 (316)	022Cr17Ni12Mo2 (316L)	06Cr19Ni13Mo3 (317)	06Cr18Ni11Ti (321)
钢材牌号	焊材型号 (牌号)						
022Cr17Ni12Mo2 (316L)	—	—	—	—	—	ER317 (H08Cr19Ni14Mo3)	ER316L (H03Cr19Ni12Mo2)
06Cr19Ni13Mo3 (317)	—	—	—	—	—	—	ER317 (H08Cr19Ni14Mo3) ER308 (H08Cr21Ni10Si)
注 1：钢材牌号栏目括号内的数字与符号为 ASTM 标准钢材类别。							
注 2：焊材型号栏目括号内的数字与符号为 GB 标准焊材牌号。							

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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

石油化工异种钢焊接规范

SH/T 3526—2015

条 文 说 明

2015 北 京

修 订 说 明

SH/T 3526—2015《石油化工异种钢焊接规范》，经工业和信息化部 2015 年 4 月 30 日以第 28 号公告批准发布。

本规范是在 SH/T 3526—2004《石油化工异种钢焊接规程》的基础上修订而成，上一版的主编单位是中国石化集团第四建设公司（现中石化第四建设有限公司），主要起草人员是王敬一、孙桂英。

本规范修订过程中，编制组进行了广泛、认真的调查研究，总结了近年来国内异种钢焊接施工经验，在广泛征求意见的基础上，通过反复讨论、修改和完善，最后经审查定稿。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《石油化工异种钢焊接规范》编制组按章、条顺序编制了本规范的条文说明，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规范规定的参考。

目 次

1 范围.....25

5 焊接工艺评定.....25

5.1 一般规定.....25

5.2 带隔离层焊缝的工艺评定.....25

5.3 母材表面耐磨堆焊的工艺评定.....28

7 焊前准备.....28

8 焊接材料选用28

8.1 不同铁素体钢的焊接.....28

8.2 不同奥氏体不锈钢的焊接.....28

8.3 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接.....29

9 焊接工艺.....29

9.1 一般规定.....29

9.2 预热.....29

9.3 焊接.....30

12 焊后热处理.....30

石油化工异种钢焊接规范

1 范围

关于异种钢的焊接，参考美国的《焊接手册》及石油化工工程中比较常见的焊接情况，确定了上述的范围为异种钢的焊接，上述范围比国内有关的规范的范围有所扩大；同种钢材选择异质填充金属的焊接也属于异种钢的焊接，此种情况的焊接和异种钢的焊接原理是相同的，本规范不包含同种钢材选择异质填充金属的焊接，同种铬钼钢焊接选择异种填充金属见 SH/T 3520。

5 焊接工艺评定

5.1 一般规定

5.1.2 关于焊接工艺评定，近年来，石油化工施工企业作了大量的工艺评定，对工程的质量起到了保证的作用，不只验证了焊接工艺的正确性，同时也促进施工管理的提高。本规范的编制原则是在不违背 GB 或 NB 标准的前提下，根据石油化工各施工企业对国外材料的使用、分类情况进行了归类（见表5.1.2的 B 系列），以尽可能地减少评定的数量，列入表 5.1.2 的 B 系列中的材料是按 NB /T 47014 确定的原则进行了焊接工艺评定，且都经过了实践检验，并向当地的质量技术监督部门进行了备案。可能部分材料在新建装置已不采用，但考虑到在石化装置的改扩建中可能还会遇到，故也进行了归类。

5.1.3 国外的管材（板材）和其配对的法兰（锻件）、阀门（锻件或铸件）的材料表示方法不同，施工现场也没有做工艺评定的材料，根据近年来各石化施工企业的实际施工情况做出本条的规定，同时，查阅了有关的国外标准，给出了附录 B “常用国外材料的锻件及铸件” 以供施工时对照使用。

5.2 带隔离层焊缝的工艺评定

因 NB/T 47014 等标准中没有关于带堆焊隔离层部分的工艺评定要求，本条是参照 ASME IX 卷的有关规定进行编制的，主要适用于当隔离层堆焊方法所用重要因素不同于随后完成此焊接接头的焊接方法所用的重要因素时的情况，常见的有：

- 隔离层堆焊件需经热处理而随后焊接的焊缝焊后不经热处理；
- 隔离层堆焊用的填充金属与随后用于完成此焊缝的填充金属不同（ASME 中焊材有不同的 F-No 号）。

表 1 是国外某工程公司所做的带堆焊隔离层的 PQR，供参考。

表 1 带隔离层的 PQR

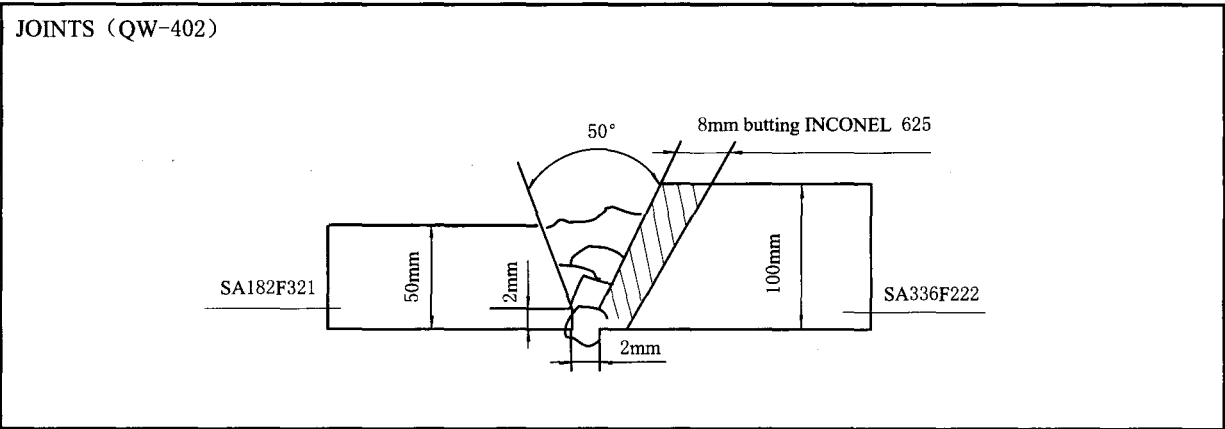


表 1 带隔离层的 PQR (续)

BASE METAL (QW-403) Material spec see sketch Type or grade see sketch p-No8 to p-No5 Thickness 50 mm ~ 100mm Diameter / Other /	POST WELD HEATTREATMENT (QW-407) Temperature: 690℃ Time: 4hour Other P.W.H.T REQUIRED: ONLY FOR BUTTERING ON P-No5												
FILLER METAL (QW-404) Weld metal A-No: N.C Size of Electrode: $\phi 2.4$ $\phi 3.2$ $\phi 4.0$ Filler Metal: F-No43 AWS Classification: ERNiCrMo3 / ENiCrMo3 POSITION (QW-405) Position of Groove 1G FLAT FORBUTTERING 2G FOR BUTT WELD	GAS (QW-408) Type of gas or gases: Argon Composition of gas mixture: Argon 99.99% Flow Rate: 8 L/min ~ 10 L/min ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409) Current (AC or DC): DC Polarity: GTAW: EN; SMAW:EP <table><tr><td>Process</td><td>amps</td><td>volts</td></tr><tr><td>SMAW</td><td>70 ~ 130</td><td>24 ~ 26</td></tr><tr><td>GTAW BUTTWELD</td><td>80 ~ 110</td><td>10 ~ 12</td></tr><tr><td>SMAW BUTTWELD</td><td>70 ~ 130</td><td>24 ~ 26</td></tr></table>	Process	amps	volts	SMAW	70 ~ 130	24 ~ 26	GTAW BUTTWELD	80 ~ 110	10 ~ 12	SMAW BUTTWELD	70 ~ 130	24 ~ 26
Process	amps	volts											
SMAW	70 ~ 130	24 ~ 26											
GTAW BUTTWELD	80 ~ 110	10 ~ 12											
SMAW BUTTWELD	70 ~ 130	24 ~ 26											
PREHEAT (QW-406) Preheat Temp. (min.): 200℃ FOR BUTTERING 50℃ other Interpass temp: 300℃ FOR 1ST PASS 150℃ other Other: PREHEAT ONLY FOR BUTTERINGFOR BUTT WELD PREHEAT OF 20℃AND MAX INTERPASS 170℃	TECNIQUE (QW-410) Travel speed: 10cm/min String or Weave Bead: String Oscillation (Maximum): / Multiple or Single Pass (per side): Multiple Multiple or Single Electrodes: Single Electrode Other: N/A												

表 1 带隔离层的 PQR (续)

PROCEDURE QUALIIFICATION RECORD PQR NO 17/90				WPS No 17/90A+17/90B		
Welding process: SMAW (BUTTERINGT)/GTAW+SMAW (BUTT WELD) TYPE:MANUAL						
TENSILE TEST (QW-150)						
specimen No	Width mm	Thk mm	Area mm ²	Ultimate total Load lb	Ultimate units tress N/ mm ²	Character of failure and location
1	25.1	25.0	627.5	—	590	DUCTILE BROKEN OUT OF WELD: E=29% E=29%
2	25.1	25.1	630.0	—	578	
3	25.1	25.1	630.0	—	550	
4	25.1	25.1	630.0	—	560	
ALL METAL	Φ10	—	78.5	—	632	
ALL METAL	Φ10	—	78.5	—	648	
GUIDED BEND TESTS (QW-160)						
Type and figure No QW462.2 (a)			Result			
SIDE BEND			SATISFACTORY			
SIDE BEND			SATISFACTORY			
SIDE BEND			SATISFACTORY			
SIDE BEND			SATISFACTORY			
TOUGHNESS TESTS (QW-170)						
Specimen No	Notch location	Notch type	Test temp	—	—	
1 Top	WELD METAL	CHARPY"V"	—29℃	—	—	
2 Top	H.A.Z	CHARPY"V"	—29℃			
1 Bottom	WELD METAL	CHARPY"V"	—29℃			
2 Bottom	H.A.Z	CHARPY"V"	—29℃			
P-No8	BASE METAL	CHARPY"V"	—29℃			
P-No5	BASE METAL	CHARPY"V"	—29℃			
FILLET WELD TEST (QW-180)						
Result-Satisfactory:			Penetration into parent Metal			
Type and character of Failure:			Macro-results:			
OTHER TEST:						
Type of tests: MACRO=GOOD DYE PENETRANT=GOOD RX=GOOD						
U.T.ON BUTTERING AFTER PWHT=GOOD Deposit analysis: /						
OTHER HARDNESS TEST HV10: WELD METAL: 196-231 H.A.Z (TO P-No5): 189-213 H.A.Z (TO P-No8): 201-238						

5.3 母材表面耐磨堆焊的工艺评定

关于对耐磨层的工艺评定，国内的有关标准规范（NB/T 47014 等）未有此方面的规定，考虑到石油化工行业施工的实际，参照 ASME 的有关规定做出了本条的规定，本规定适用于采用焊条电弧焊焊接耐磨层，采用其他的焊接方法可参照执行或由设计文件作出规定。

7 焊前准备

7.2.4 施焊前应检查坡口形式、加工精度、组对间隙，清除坡口表面及坡口两侧不小于 20mm 范围内的油漆、铁锈等污物，不锈钢坡口两侧各 100mm 范围内应采取防飞溅措施。

焊接前对焊件坡口内侧及其边缘的清理工作，是制造过程中最关键的工序之一，直接影响焊缝成形和内在质量。

7.2.5 定位焊焊缝的长度、厚度和间距，本规范中没有作具体数值规定，只要能保证施工即可。各施工企业可根据自己的施工经验，作出自己的选择。但是强调两点，若焊接前需要预热的焊件，其定位焊时也应按要求进行预热；若焊接时需充氩保护的焊缝，其定位焊时也应进行充氩保护。

7.3.5 焊接材料在使用过程中，应保持识别标志，这样以防止在焊接过程中造成错用。

8 焊接材料选用

8.1 不同铁素体钢的焊接

不同强度级别的低碳钢、低合金钢、铬钼耐热钢之间的异种钢焊接接头，可按合金含量较低一侧母材或介于两者母材之间选用焊接材料，也可按合金含量较高一侧母材选用焊接材料，但应优先按合金含量较低一侧母材选用焊接材料。API 582 焊接指南中，铁素体钢（P1-P5）的异种钢接头，填充金属应与任何一侧母材的化学成分一致，或选择一种两者之间的化学成分，然而，当无压附件与受压件焊接时，填充金属化学成分与受压件名义化学成分一致。

8.2 不同奥氏体不锈钢的焊接

不同奥氏体不锈钢的焊接接头，应选用主要合金元素的含量不低于合金含量较低一侧母材标准规定的下限值的焊接材料。主要合金元素主要指 Cr、Ni、Mo 或 Cu 等。

8.2.3 此条设计文件对奥氏体焊接材料的熔敷金属内铁素体含量有要求时，此要求指的是特殊的耐腐蚀场合、低温、防止高温脆化以及对磁导率有要求的场合：

对不锈钢人们通常只注意到焊接材料及焊缝金属的化学成分和力学性能，而对一些特殊性能如铁素体含量、低温冲击性能、耐腐蚀性能以及使用性能等往往比较忽视。

熔敷金属中的铁素体对降低焊缝金属中的裂纹和微裂纹倾向是有好处的，但不是必不可少的。当焊缝处于高拘束状态下时，铁素体是有帮助的。但在某些介质中，铁素体可对耐腐蚀性起有害作用，铁素体对低温工况下的韧性也是有害的，并对在高温下工作也是有害的，因为他会转变为脆性的相。

熔敷金属中的铁素体可以用各种磁性仪测量，但分散度较大。美国 AWS WRC 分委员会采纳了“铁素体数”（FN）这个术语来取代百分数铁素体，以清楚地表示测定仪器按照 WRC 的方法进行了标定。铁素体数在 10FN 以下可以认为与以往采用的“百分数铁素体”术语相同。

除 E310、E320 等含镍量较高的焊条为纯奥氏体焊条外，其余 E300 系列的焊条均为低铁素体焊条，其铁素体一般控制在 4FN~10FN 之间，而 E2553 和 E2209 等双相钢焊条，其铁素体数通常要超过 20FN。

焊接方法和焊接条件及焊接工艺对焊缝熔敷金属的化学成分和铁素体含量有很大的影响：

——钨极气体保护焊（GTAW）焊接时，焊丝与熔敷金属化学成分的距离最小，由此，根据焊丝化学成分计算的铁素体含量与熔敷金属上测得的铁素体含量之间差异最小；

——熔化极气体保护焊（GMAW）焊接时，碳的损失较低，然而，渗氮要严重的多，约为 0.04%，

氮的增加一般取决于焊接工艺，有时可高达 0.15%或更高，这时可导致 ER308 和 ER309 一类填充金属的焊缝中很少或无铁素体；

——埋弧焊（SAW）焊缝中元素的增减取决于采用的焊剂。某些焊剂有意地增加合金元素如 Nb 和 Mo；另外一些可能会烧损容易氧化的元素（如铬），有些焊剂是不太活泼的，他们含有少量合金元素来弥补其烧损，这样可形成与焊丝十分相近的焊缝熔敷金属。

总之，气体保护焊用光焊丝，如果要求熔敷金属有一定的 FN 范围，则应通过选择焊丝的化学成分来获得。在 ASME300 系列的填充金属中，ER308、ER308L 和 ER347 焊丝的潜在铁素体含量近似于 10FN，对于 ER309 焊丝近似于 12FN，对于 ER316 和 ER316L 焊丝则近似于 5FN。围绕这些中间点，铁素体含量可能是 7FN，即填充金属中其化学成分所致的潜在铁素体含量，除了埋弧焊中的某些情况外，由于采用的焊接方法和焊接工艺所引起的化学成分的变化，熔敷金属的铁素体含量会下降。

8.3 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接

8.3.1 本条规定 315 ℃与 SH/T 3526—2004 有所区别，API 582 化学、石油、天然气工业焊接指南中 6.6.2 条规定，焊接填充金属选用应严格按以下要求执行，Type 309L、309 选用时设计温度不超过 600°F（315℃）；如设计文件有要求，应按其要求执行。

现将 SECCO 对铁素体钢与奥氏体不锈钢焊接的规定摘录如下：

“For joining austenitic stainless steel or nickel-base alloys to ferritic steels, use filler material selected from the following:”

奥氏体不锈钢或镍基合金与铁素体钢相焊时，填充金属可选用表 2 所列型号：

表 2 奥氏体不锈钢或镍基合金与铁素体钢焊接填充金属选用

DESIGN TEMPERATURE 设计温度	FILLER METAL 填充金属
小于或等于 600 °F（小于或等于 315 °C）	Type 309L
大于 600 °F（大于 315 °C）小于或等于 1000 °F（小于或等于 537 °C）	Inconel 82（SFA 5.14 ERNiCr-3）or Inconel 182（SFA 5.11 ENiCrFe-3）
大于 1000 °F（大于 537 °C）	Inconel 82（SFA 5.14 ERNiCr-3）or Inco-Weld “A”（SFA 5.11 ENiCrFe-2）

9 焊接工艺

9.1 一般规定

9.1.2 焊接前应根据设计文件和合格的焊接工艺评定编制焊接工艺文件，并按焊接工艺文件的要求进行施焊。此条含两层要求：

- 在于重点强调指导施工生产应编制焊接工艺文件，而焊接工艺文件中的焊接工艺规程（WPS）应有支持他的焊接工艺评定（PQR），从而杜绝一边进行焊接工作，一边进行焊接工艺评定试验工作；
- 要求现场施工应按焊接工艺文件的要求进行，不得违反工艺纪律。

9.1.3 焊接环境直接影响到焊接接头的性能，特别是露天作业时，所以在焊接前及焊接过程中应注意焊接环境条件，并根据环境条件采取适当的措施。

9.2 预热

9.2.1 规定了预热温度确定的原则。预热的目的在于减小焊件与焊缝的温度梯度，降低焊接接头的冷却速度，减少温度差所造成的应力和淬硬组织，预热是防止冷裂纹的有效措施之一。

9.2.2 铁素体钢与奥氏体不锈钢的焊接一般采用的焊接材料一般为奥氏体焊接材料或镍基焊接材料，且 API 582 焊接指南中奥氏体焊材及镍基材料的层间温度不超过 175℃，因此本条规定应预热铁素体钢一侧，应按铁素体钢预热温度的下限值预热，不宜超过 175℃。表 3 为 API 582 中各类材料的层间温度要求。

9.2.3 堆焊的预热温度应按设计要求执行，且堆焊采用的焊接材料一般采用奥氏体焊接材料或镍基焊材，因此预热温度不宜超过 175℃。

9.3 焊接

9.3.1 因为裂纹敏感性较大的低合金钢和珠光体耐热钢主要问题是产生冷裂纹，所以焊前除了要预热外，首层焊缝焊接时线能量不能超过焊接工艺评定时的最大值。

9.3.2 由于奥氏体不锈钢导热系数小而线膨胀系数大，自由状态下焊接时易产生较大的焊接变形。因此，焊接时应采用小电流、快焊速、窄焊道、多层多道焊的工艺，并控制层间温度。

表 3 API 582 中各类材料的层间温度要求

Material Group	Maximum Interpass Temperature
P-1 (carbon steels)	600°F (315℃)
P-3、P-4、P-5A、P-5B, and P-5c (low-alloy steels)	600°F (315℃)
P-6 (Type 410)	600°F (315℃)
P-6 (CA6NM)	650°F (345℃)
P-7 (Type 405/410S)	500°F (260℃)
P-8 (austenitic stainless steel)	350°F (175℃)
P-10H (duplex stainless)	300°F (150℃)
P-41、P-42	300°F (150℃)
P-43、P-44, and P-45	350°F (175℃)
NOTE: Interpass temperature may vary depending on material grades.	

9.3.3 当焊件厚度较大时，宜采用隔离层堆焊法，即先在铁素体钢侧坡口上用高铬镍奥氏体焊条或镍基焊条进行隔离层堆焊。经过调研制造单位有很多这种情况出现，如换热器的锁紧环的焊接。

9.3.4 首层焊接采用奥氏体焊接材料时，也应充氩保护，以防止焊缝金属氧化。

12 焊后热处理

12.2 关于钢材的临界点数据有关资料提供的数据稍有出入，表 4、表 5 为有关热处理手册的数据仅供参考，其中国外材料的数据取自 ASME 规范。

表 4 国内常用材料的临界点数据 单位为℃

序号	材 料	A_{c1}	A_{c3}	A_{r3}	A_{r1}
1	Q235-A	724	856	812	640
2	Q235-B	723	855	795	706
3	10	724	876	835	682
4	20	735	854	835	682
5	16Mn	725	854	769	627
6	Q235R	725	842	755	589
7	12CrMo	720	880	790	695
8	12Cr1MoV	820	945	—	—
9	15CrMo	745	845	786	623
10	12Cr2Mo	804	870	820	720
11	1Cr5Mo	815	850	716	810

表 5 国外常用材料的临界点数据 单位为℃

序号	材 料	下临界温度近似值
1	C 钢 (P-No. 1)	725
2	C-Mo 钢 (P-No. 3)	730
3	1Cr-1/2Mo 钢 (P-No. 4, Gr. No. 1)	745
4	1.25Cr-0.5Mo 钢 (P-No. 4, Gr. No. 2)	775
5	2.25Cr-0.5Mo、3Cr-1Mo 钢 (P-No. 5A)	805
6	5Cr-0.5Mo 钢 (P-No. 5B, Gr. No. 1)	820
7	9Cr-0.5Mo 钢 (P-No. 5B, Gr. No. 2)	810
注：括号内的数字是 ASME 标准的 P-No 号。		

12.4 近年来 9Cr-1Mo-V (T91、P91) 钢多用于乙烯装置的裂解炉炉管等，本钢种是在 9Cr-1Mo 的基础上发展起来的。焊后的冷却过程是奥氏体向马氏体转变的过程，由于 P91 钢的奥氏体转变孕育期较长，焊后应空冷，以使奥氏体完全转变为马氏体，保证接头的强度。空冷的时间应根据结构大小、环境温度、焊后应力等情况而定，空冷至 100℃ 才能进行焊后的热处理。当然，根据和 P91 相焊的钢种不同，具体的焊接和热处理工艺也不一样。