

双相不锈钢的独特习性与冷热成形的工艺对策

1. 双相不锈钢：是奥氏体和铁素体共存相比比例约各占一半的不锈钢，简称双相钢。早先有的称“二重钢”，也有叫“复相钢”。实际相比比例是铁素体占 45~55%，相应奥氏体占 55~45%。它综合了许多铁素体和奥氏体最有益的性能，显示了独特的有别于常规用不锈钢的特性。

2. 使用场合：一般使用在含 Cl-介质，中温的场合。尿素级双相钢已在日本东洋公司 ACES 尿素工艺流程的设备上使用。

3. 独特的习性：

(1) 与 316L 型的奥氏体不锈钢相比：

- a. 具有良好的耐应力腐蚀破裂性能。
- b. 具有良好的耐孔蚀，耐缝隙腐蚀性。
- c. 强度高，韧性低。

(2) 焊接性能良好。

(3) 线热膨胀系数低，与碳素钢相近。

(4) 几个温度区呈现脆化，有 σ ， α ， χ 等相析出。

4. 独特习性与冷热成形的工艺对策

习性与影响	对策与工艺
A、强度高，表面应力大。 成形作用力大，表面缺陷诱发开裂；一半铁素体相，冷成形仍具有方向性，成形后直边余量不等。	a、下料尺寸比常规不锈钢略大，表面作放射性抛光；增加压边接触面，在加大副油缸压力的同时，坯料滑移阻滞增大，簿壁封头不易产生鼓包，也弥补成形余量不均造成的切割量不足。
B、强度高，回弹大。 封头成型后直边外倾超标 压鼓成形时难以变形。	b、坯料在封头小 r 区或整个坯料预热后成型，预热温度应有所控制。封头成形后直边端部先不切割，将直边部位热处理定形后再切割。
C、冷作硬化倾向强烈。成型变形率受限制，否则将开裂。	c 多次成型封头，中间增加热处理工序，热处理前应清洗工件。
D、475 ⁰ C 左右的脆化区。在此温度加工将使材料开裂。	d、475 ⁰ C 脆化会在 350 ⁰ C~525 ⁰ C 出现，热成型严格禁止在此温度区内作业。
E、散热快，950 ⁰ C 左右有脆化区。坯料加热出炉温度下降迅速，很快到达脆化区。	e、坯料加热和冲压力，用“三明治”的“夹板”式进行，出炉至冲压应尽量缩短时间，封头成形后脱模不低于 950 ⁰ C
F、热成形会失去各占一半的相平衡。影响耐腐蚀性能。	f、热成形后应固溶热处理，加热最高温度有上限，急冷时间尽量缩短，如封头有开孔，应开孔后固溶。如无开孔，应增加排汽装置。
G、线热膨胀系数与碳钢相近。	G、热压模具间隙等同碳素钢要求。

5. 我国市场上的双相不锈钢

我国已开发出 5 种双相钢，都属于第二代钢种，目前只有 0Cr18Ni5Mo3Si2 钢纳标并大量生产，其他都按厂标生产，产量不大，钢材市场大量进口国外产品。

按双相钢生产技术要求，各国知名企业都打出自己牌号。例如瑞典 AVESTA, SANDVIK 公司的 SAF 系列，日本住友公司的 DP 系列，法国 CLI 公司 UR 系列。这些牌号相互对照如下表：

标准	UNS	DIN	JIS	SAF 系列	DP	UR 系列	中国牌号
双 相 钢 牌 号	S31500	1.4417		SAF1805	DP1		00Cr18Ni5Mo3Si2
	S31260		SUS329J2L		DP3		00Cr25Ni7Mo3WCuN
	S31803	1.4462		SAF2205	DP8	URANUS45N	00Cr22Ni5Mo3N
	S32304	1.4362		SAF2304			
	S32750	1.4410		SA2507			
	S32550	1.4507				URANUS52N URANUS52N ⁺	
	S32760	1.4501				URANUS76N	

6. 订购双相不锈钢钢板时应注意的事项：

(1) 板材应经固溶处理，质保书中应有加热温度和冷却方式，不能用“迅速冷却”这类含糊的词语表达，这点很重要，最好明确说明“固溶水淬”，国外订货往往如此。

(2) 订货时应考虑把 Ni 适当提高到中上限水平。同时要综合考虑 Ni、N 关系,因为它们都是奥氏体形成元素，如果 Ni，N 都在上限，可能导致奥氏体相数量过高，影响耐 SCC 的性能。

(3)力学性能中，屈服点不能过高，硬度不能超标,否则给冷成形带来困难。

(4) 中国 GB150-1998 规定双相钢的伸长率应不小于 25%。

焊接数据

1.相同金属焊接所用之焊材

基材	焊丝		焊条	
	牌号	标准	牌号	标准
AL-6XN®	RA625	ERNiCrMo-3	RA112	ENiCrMo-3
20Cb-3®	RA320LR	ER320LR	RA320LR	E320LR
RA625	RA625	ERNiCrMo-3	RA112	ENiCrMo-3
RA825	RA625	ERNiCrMo-3	RA112	ENiCrMo-3
RA600	RA82	ERNiCr-3	182	EniCrFe-3
RA333®	RA333	UNS N06333	RA333	UNS W86333
RA2205	RA2209	ER2209	RA2209	E2209

2.异种金属焊接所用之焊材

基材	碳或低合金 钢	不锈钢 304L,316L 等	双相钢 2304,2205 , 225	400	镍合金 C-267,C-22,G
AL6XN® 20Cb-3®,RA825 904L,RA625	82,182 E309LMo	RA625 RA112 E309LMo	C-276 G-3 C-22	62, 182 RA112	C-276 C-22
2205	E309L E309LMo	E316L E309LMo 2209	2209 2507	62, 182	C-276 G-3 C-22
NICKEL 200	182	82, 182	82, 182	60, 190	82, 182
NICKEL-COPPER 400	190	62, 182	62, 182	60, 190	62, 182
RA600	182	82, 182	2209 82	62, 182	82,182 C-276
RA333®	RA333® 182	RA333® 82,182	2209	62, 182	C-276 C-22

标准

合金	UNS/W.Nr	产品形式	ASME	ASTM
AL-6XN® A312	N08367 --	板、薄板、条 焊管(pipe) 焊管(tube) 焊管(含填充物) 焊线、条、棒 法兰、管件、阀 镍合金锻件 焊接管件 锻件	SB-688 SA-240 SB-675 SA-312 SB-676 SA-249 -- SB-691 SA-479 -- SB-462 SA-182 SB-564 SB-366 Code Case N-438-3 B-31-1 Case 155-1	B688 A240 B675 A312 B676 A249 B804 B691 A479 B462 A182 B564 B366 B472
Carpenter 20Cb-3®	N08020 --	板、薄板 焊管 条、棒 焊接管件	SB-463 SA-240 SB-464 SB473 SB-366	B463 A240 B464 B473 B366
RA625 合金	N06625 2.4856	板、薄板 条、棒	SB-443 Gr 1 SB446	B443 Gr 1 B446
RA825	N08825 2.4858	板、薄板 无缝管	SB424 SB-423	B424 B423
RA600	N06600 2.4816	板、薄板 条、棒	SB-168 SB-166	B168 B166
RA333®合金	N06333 2.4608	板、薄板 棒、锻件 焊管(pipe) 焊管(tube) 无缝管	AMS-5593 AMS-5717	B718 B719 B723 B726 B722
RA2205	S31803 S32205 1.4462	板、薄板 棒 无缝管、焊管(pipe) 无缝管、焊管(tube)	SA-240 SA-479 SA-790 A-789	A240 A479 A790 A789

RA2205 双相钢

特性

- 对氯化物的应力腐蚀具有极佳的抵抗性
- 对氯化物的点蚀和间隙腐蚀的抵抗力较 317L 不锈钢强
- 对一般腐蚀具有良好抵抗力
- 高强度
- 对硫化物的应力腐蚀具有良好抗性

应用

- 化学品加工容器，输运管道和换热器。
- 纸浆厂的漂白设备，芯片蒸汽预加工设备。
- 食品加工设备。
- 油田输送管，热交换器。

简介

RA2205 是在退火状态含有 40-50%铁素体的不锈钢，这种双相钢已经为 304L 或 316L 不锈钢不良氯化物应力腐蚀问题提供了实用的解决方法。而且在多数情况下，本品高含量铬、镍、氮成分使得双相钢较于 316L 或 317L 不锈钢又有更佳的耐腐蚀性。RA2205 的设计强度相当高，通常可减少容器壁厚。RA2205 在-40℃时仍有良好的缺口冲击强度。本品是按照严密的双相工艺制造的。

机械性能

标准 ASTM A240，ASME SA-240

最终抗拉强度 Psi 最小	90,000
0.2%屈服强度 Psi 最小	65,000
伸长率，%，最小	25
(布氏)硬度，最大	290

化学组成				ASME 锅炉和压力容器规范 VIII				
镍	4.50-6.50			允许压力值				
铬	22.0-23.0			-20-100	300	400	500	600
钼	3.00-3.50			22.5	21.7	20.9	20.4	20.2
碳	0.030 最大			物理性质				
氮	0.14-0.20			密度：0.278lb/in ³				
锰	2.0 最大			熔融范围：2525-2630				
硅	1.0 最大							
磷	0.030 最大							
硫	0.020 最大							
铁	平衡							
标准								
UNS S31803/UNS S32205								
DIN 1.4462								
ASTMA182,A240,A276,A479,A789,A790,A923,A928								
ASME Sect.VIII Div 2 Code Case 2067-2								
ASME Sect.IX P No.10H,Group 1								
ASME B31.1 Code Case 153 , NACE MR0175								
W.Nr.1.4462								
耐腐蚀性				机械加工				
典型临界裂缝侵蚀温度(10%FeCl3·6H2O 溶液)				用高速钢来加工双相钢，加工要相对容易一些，如 HSS , RA2205 的加工性近似于 316L 不锈钢的。如果用碳素钢加工，加工性就大约只有 316L 的 65%。建议用 HAA 钻孔，直径 3/16 至 1/2",加工速度为 33-40sfpm,给进速度 0.004-0.16ipr。				
合金				焊接				
RA2205 68				在焊接 RA2205 双相不锈钢时，主要的目的是维持两相的平衡并不出现中间相，这可通过控制热输入和层间的温度达到，或限制总时间使 HAZ 处于 1300-1800 温度范围内。相较 316L 不锈钢，焊接 RA2205 需要相当高的热输入量，千万不要将 RA2205 等同于镍合金，低热输入量和细直线焊道对焊接双重钢是不适用的。焊接应有熟悉 RA2205 的焊接工人操作，和 RA2205 匹配的填充金属有 AWS E2209 和 ER2209，有时也用于高镍合金的焊材来焊接以保持两相平衡。				
316L 27								
825 27								
317L 35								
317LXNTM 68								
904L 75								
AL-6XN 110								
合金 腐蚀率 母材 Cm3/年 焊缝								
RA2205 24 23								
316L 78 85								
AL-6XN® 16 17								
E-BRITE® 0.1 0.1								
某苯二酸工厂提供的腐蚀率 mil/年								
合金	75%醋酸 350 (微量 Br,Cu,Mn)			96%醋酸 300 (微量 Br,Cu,Mn)				
317L	17			26				
317L,焊接	18			27				
2205	0.47			2.4				
2205,焊接	1.1			2.8				
2507,焊接	0.24			0.63				