



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 91104786.7

[51] Int.Cl⁵

C22C 14 / 00

[43] 公开日 1993 年 2 月 10 日

[22]申请日 91.7.22
 [71]申请人 西北有色金属研究院
 地址 221014 陕西省宝鸡市 71 信箱
 [72]发明人 蔡学章 胡跃君 刘果宗

[74]专利代理机构 中国有色金属工业总公司专利事务
 所
 代理人 赵克德

说明书页数: 7 附图页数: 1

[54]发明名称 高温耐蚀钛合金

[57]摘要

钛是耐蚀性优越的金属材料,已有的能耐高温海水腐蚀钛合金强度偏低,而强度较高的又不耐高温海水腐蚀。本发明 Ti-3Al-1Mo-1Zr-0.6Ni 合金,即耐高温海水腐蚀又有适中的高温及 350℃ 强度,焊接性能好,特别是在温度达 180℃ 高温海水中,抗缝隙腐蚀性能良好,不发生应力腐蚀。本发明合金可生产板、棒、锻件、管材等。本发明合金只含有 Mo、Ni、Zr 等非稀贵金属,可降低成本,便于大量生产应用。

<24>

权 利 要 求 书

1. 一种耐蚀钛合金，本发明高温耐蚀钛合金，其特征是本发明合金为Ti-Al-Mo-Ni-Zr系，其重量百分比为：Al为0.5-3.2%，Mo为0.5~1.5%，Ni为0.3~1.0%，Zr为0.8~2.0%，余量为Ti。

2. 根据权利要求1所说的高温耐蚀钛合金，除含有Al、Mo、Ni、Zr外，还可以加入2wt%的V，这样可改善本发明合金的冷弯性能。

高 温 耐 蚀 钛 合 金

本发明高温耐蚀钛合金(TI-31)，是耐高温海水腐蚀，焊接性能良好的耐蚀钛合金。

本发明的目的是解决高温海水的耐蚀材料代替现有的耐蚀钛合金。

钛是比强度大，耐蚀性优越的金属材料。特别是在硝酸、氯酸等氧化性腐蚀环境和其他氧化物腐蚀环境下，耐蚀性优越，目前世界上已各种耐蚀钛合金，如Ti-0.2Pa、Ti-0.3Mo-0.8Ni等合金，适于高温湿氯气中使用，抗缝了隙腐蚀。但强度偏低；TA5、Ti-6211、48-OT3等强度较高、但一般不适用于高温海水中，为改善耐蚀钛合金的性能，本发明的高温耐蚀钛合金，综合了上述两类合金的优点，即耐高温海水腐蚀，又有适中强度、高的塑韧性、适于多种应用。

本发明的高温耐蚀钛合金(TI-31)，是一种中等强度、高塑、高韧、耐高温海水腐蚀，焊接性能良好的新耐蚀钛合金，性能如表1~6所示。具有优越的抗海水腐蚀性能的热加工性能。TI-31合金高温海水腐蚀性能示于表7~8中，特别是在温度为180℃高温海水中、无论是基材，还是焊缝都不发生均匀腐蚀、缝隙腐蚀、应力腐蚀，常温海水中应力腐蚀断裂敏感小 $K_{scc}/K_{J_{0.2}} > 0.75$ 。350℃，3000小时高温持久强度高大于350MPa，明显高于现有的钛合金，TI-31合金强度高于Ti-0.2Pa，Ti-0.3Mo-0.8Ni，塑性高于TA5等同等强度钛合金。

本发明高温耐蚀钛合金(TI-31)，是Ti-Al-Mo-Ni-Zr(V)系多元合金，名义成分为Ti-3Al-1Mo-1Zr-0.6Ni(2V)(wt%)，合金含有的Mo、Ni、Zr、V等元素属于非稀贵金属，价格低于Pa、Ta、Nb、可降低TI-31合金的成本，便于大量生产与应用。

本发明高温耐蚀钛合金中的Al主要保证合金的强度，含量为2.5~3.2%。Al含量低于2.5%时强度不足，高于3.2%时强度太高，塑性低。Mo、

Ni主要用于提高钛合金的抗高温海水腐蚀能力，改善耐高温缝隙腐蚀能力，因此在能保证耐高温海水腐蚀条件下，Mo、Ni加入量不必多，多了反而影响机械性能。Ti-31合金中Mo含量为0.5~1.5%，当Mo含量超过1.5%时，冷轧板延伸率、弯曲角明显下降。另外高Mo合金可焊性也不好。如图所示，图中A为热轧板室温拉伸性能，冲击性能，B为热轧板350℃拉伸性能，C为冷轧板的室温拉伸和弯曲角性能，D为冷轧板350℃拉伸性能。Ni能明显细化铸锭组织，提高合金的抗高温海水缝隙腐蚀能力，但Ni损失冷轧板的塑性，因此在保证抗高温海水缝隙能力下，Ni含量控制在0.3%~1.0%。Ni含量低于0.3%耐缝隙腐蚀能力不好，高于1.0%冷加工性能不好。Zr是中性元素，对合金的强化效果不明显，但能防止焊接过程中组织粗化，以改善焊接性能，并能提高腐蚀稳定性。加入0.8%~2.0%就足以达到目的。如图2所示。V能提高合金强度，但能降低热轧板塑性和冲击韧性，如图3所示。但能改善冷轧板的弯曲性能，加入2.0%即可。

表1 Ti-31合金的力学性能

合 金 排 号	合 金	热 轧 板 12mm										冷 轧 板 15mm															
		室 温 拉 伸					350°C 拉 伸					室 温 拉 伸 (T向)					室 温 拉 伸 (L向)					350°C 拉 伸					弯 曲 角
		σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	KJ/m^2	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	KJ/m^2	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	KJ/m^2	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	KJ/m^2	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	KJ/m^2	
Ti-31	Ti-3Al-1Mo-1Zr-0.8Ni	723.7	646.3	17.9	42.1	1468.8	374.6	18.4	71.9	1255.2	814	755.1	23.3	745.3	666.9	27.3	509	-	25.9	180							
	Ti-3Al-1Mo-1.5Zr-0.8Ni	748.3	672.8	11.8	44.1	1510.9	425.6	18.0	67.6	1176.8	869.9	-	21.0	758.1	679.6	26.7	530.5	-	25.1	180							
	Ti-3Al-1Mo-1Zr-1V-0.8Ni	746.3	667.8	17.0	44.1	1502.1	399.1	17.3	64.4	1098.3	872.8	-	19.7	748.3	668.8	24.7	549.2	509	20.5	126							
	Ti-3Al-1.2Mo-1Zr-0.65Ni	725	690	20	59	-	-	-	-	1340	785	-	20	720	630	20	-	-	-	140							
TA	Ti-4Al-0.005B	686	-	12	-	-	-	-	586	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
TC	Ti-2Al-1.5Mo	588/ 726	-	20	-	343	-	-	341	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
TC	Ti-3Al-1.5Mo	680	-	12	-	421	-	-	392	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
Ti-12	Ti-0.2Pd	350	-	20	-	-	-	-	-	350	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-							
Ti-12	Ti-0.3Mo-0.8Ni	490	-	20	-	-	-	-	-	490	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-							
		比较合金																									
		本发明合金																									

表2 热轧厚板(10~20毫米)性能

试验温度	σ_b Mpa	$\sigma_{0.2}$ Mpa	δ %	ψ %	高温持久 >3000小时
室 温	>670	>640	>18	>45	
180°C	>490	>460	>25	>55	
350°C	>430	>370	>20	>65	>350MPa
450°C	>400	>340	>20	>65	

表3 冷轧薄板(<4毫米)性能

温 度	σ_s MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	γ 度
室 温	760		23	45	> 180
350°C	480		25	60	

表4 锻棒(< ϕ 70毫米)性能

温 度	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	α_k J/cm ²
室 温	> 650	> 540	> 20	> 40	> 80
350°C	> 430	> 300	> 18	> 60	

表5 锻井(φ400×80毫米)性能

温 度	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	ψ %	a_1 J/cm ²
室 温	>660	>570	> 20	> 50	> 80
350℃	>430	>300	> 20	> 60	

表6 管材性能(室温)

规格(毫米)	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ %	扩口(60%)	压扁不裂的高度mm
φ10×1	>670	>590	> 20	> 50	6
φ15×1.25	>670	>590	> 20	> 50	9

表7 180℃海水腐蚀性能(基体、焊接头)

均匀腐蚀率 mm/y	缝 隙 腐 蚀 (Ti-Ti缝, Ti-四氟乙 烯缝)	应 力 腐 蚀 (φ15×1.25C形加载) $\sigma=0.9$ $\sigma=0.2$
0	无	无

表8 180℃海水腐蚀性能(基体、焊接头)

基 体			焊 接 头		
K_{N_2}	K_{SCC}	$\frac{K_{SCC}}{K_N}$	K_{N_2}	K_{SCC}	$\frac{K_{SCC}}{K_{N_2}}$
114	87	0.76	108	104	0.97

实例 1:

用真空自耗电弧炉二次熔炼，熔炼参数为：电流8—8.5KA，电压28—32V，冷却2小时，熔炼成锭为 ϕ 296mm，重220公斤。合金的配比成分为：Al2.85wt%，M1.85wt%，Ni0.65wt%，Zr0.9wt%，实际分析成分为：Al2.80wt%，Mo0.88wt%，Ni 0.5wt%，Zr0.8wt%。

机 械 性 能

产品形式	规格 mm	室 温 拉 伸				350°C 拉 伸			
		σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ_5 %	ψ %	σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	δ_5 %	ψ %
板	$\delta=16$	675	645	23	53	435	375	20	65
	$\delta=4$	760	/	26	48	480	415	26	73
	$\delta=2$	730	/	33	51	445	390	30	/
锻件	$\phi 70$	655	550	24	44	440	305	27	70
	$\phi 90$	680	625	20	43	430	350	18	70
管	$\phi 10 \times 1$	675	600	24	/	410	330	20	/
	$\phi 15 \times 1.25$	675	595	21	/				
饼	$\phi 400 \times 80$	660	580	20	50	440	320	23	70

实例 2 :

用真空自耗电弧炉二次熔炼, 熔炼参数为, 电流为16KA, 电压28V
冷却1小时。熔炼的锭为 $\phi 90\text{mm}$, 重5公斤。合金配比为Al2.8wt%。
Mo1wt%、Ni0.8wt%、Zr1wt%、V1wt%。实际分析值为Al 2.5%、
Mo1.10%、Ni 0.74%、Zr1.03%、V 0.98%。

力 学 性 能

产品形式	规格 mm	室 温 拉 伸				350°C 拉 伸				冲击性能
		σ^b MPa	$\sigma^{0.2}$ MPa	$\delta 5$ MPa	ψ %	σ^b MPa	$\sigma^{0.2}$ MPa	$\delta 5$ %	ψ %	J/cm ²
板	$\delta = 12.5$	754	670	18	44	490	400	18	64	>100

产品形式	规格 mm	室 温 拉 伸			弯 角
		σ_b MPa	$\sigma_{0.2}$ MPa	$\delta 5$ %	度
板	$\delta = 2$	760	690	25	>180

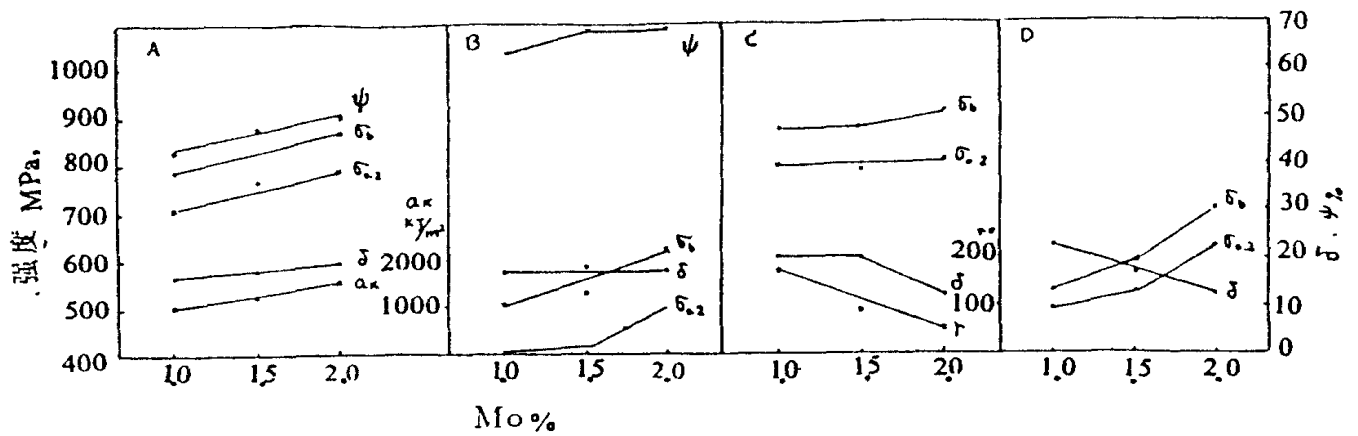


图1 Mo对合金力学性能的影响

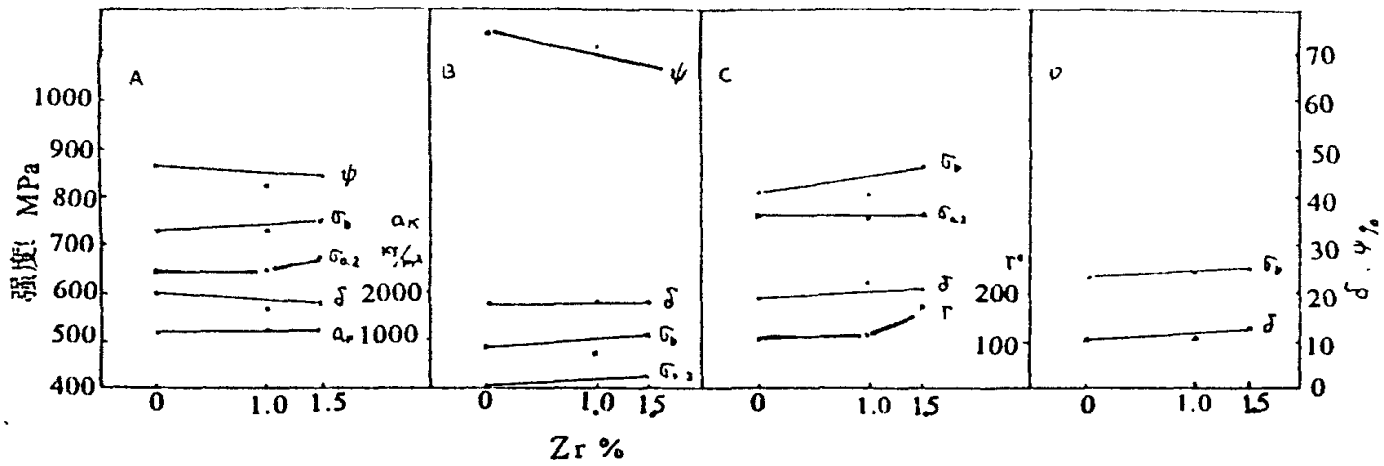


图2 Zr含量对合金力学性能的影响

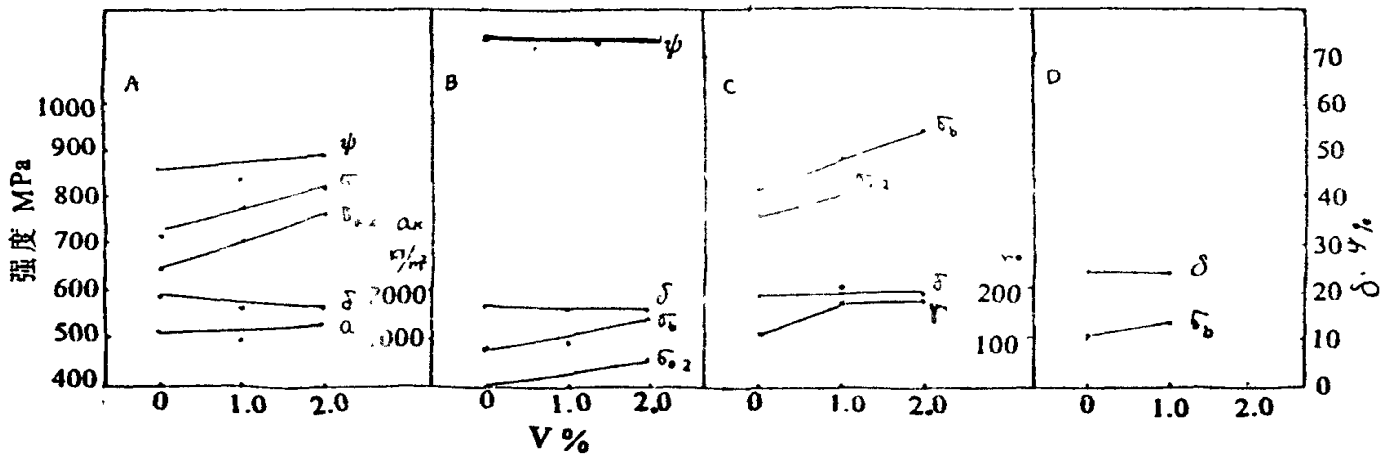


图3 V含量对合金力学性能的影响

A 热轧板室拉 B 热轧板350℃拉伸 C 冷轧板室拉 D 冷轧板350℃拉伸