

表1 试验材料化学成分列表 (单位: wt%)

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	V
0.20-0.30	0.80-1.00	≤0.010	≤0.010	0.20-0.40	0.30-0.50	0.10-0.30	≤0.10	0.030-0.050
Cu	Ca	B	Ti	Al	Co			
≤0.20	≤0.015	≤0.003	≤0.015	≤0.025	≤0.05			

表2 热处理工艺参数列表

工艺方案	试样编号	淬火参数	淬火冷却方式	回火参数
完全奥氏体化淬火+高温回火	1-1	915℃, 保温4h	0.7℃/s	625℃
	1-2	890℃, 保温4h		
完全奥氏体化淬火+两相区亚温淬火+高温回火	2-1	915℃, 保温4h 820℃, 保温4h		
	2-2	915℃, 保温4h 800℃, 保温4h		
	2-3	915℃, 保温4h 780℃, 保温4h		

表3 试样力学性能检测结果列表

检测项目	Re, MPa	Rm, MPa	A4, %	Z, %	-12.2℃CAKV, J				-21℃CAKV, J			
					≥68				-			
指标要求	≥250	485-655	≥20	≥38								
1-1	403	574	28.4	65.2	69	38	39	49	-	-	-	-
1-2	372	563	29.2	64.1	107	60	53	73	-	-	-	-
2-1	356	542	32.2	66.8	79	108	93	93	-	-	-	-
2-2	350	539	35	67.8	107	114	100	107	41	41	64	49
2-3	323	507	30.4	67.7	112	120	128	120	105	108	109	107

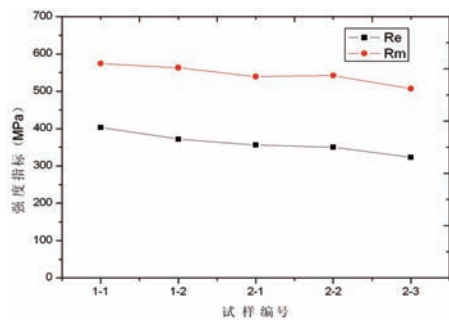


图1 强度随热处理工艺参数变化趋势图

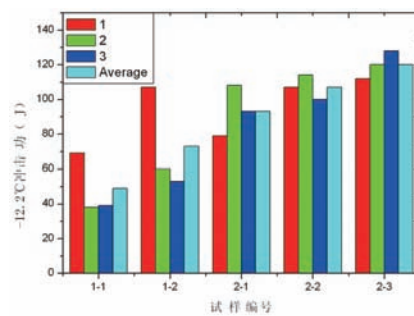


图2 -12.2℃低温冲击功随热处理工艺参数变化趋势图

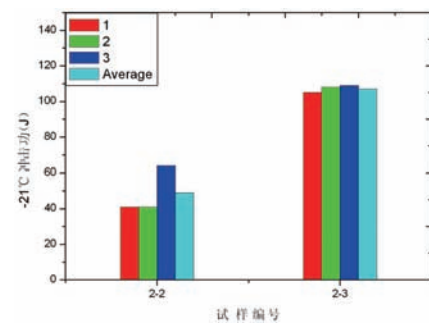


图2-1 -21℃低温冲击功随热处理工艺参数变化趋势图

工艺方案处理后, 试样强度及冲击功都满足要求, 且随着亚温淬火温度呈820℃, 800℃及780℃降低, 试样强度值逐渐降低, 抗拉强度由542MPa降低至507MPa, 较要求的不低于485MPa

指标尚有22MPa裕度; 低温冲击功呈逐渐提升趋势, -12.2℃冲击功平均值由820℃的93J提高至780℃的120J, 提升幅度达29%, 且亚温淬火温度为780℃时, -12.2℃低温冲击功较要求

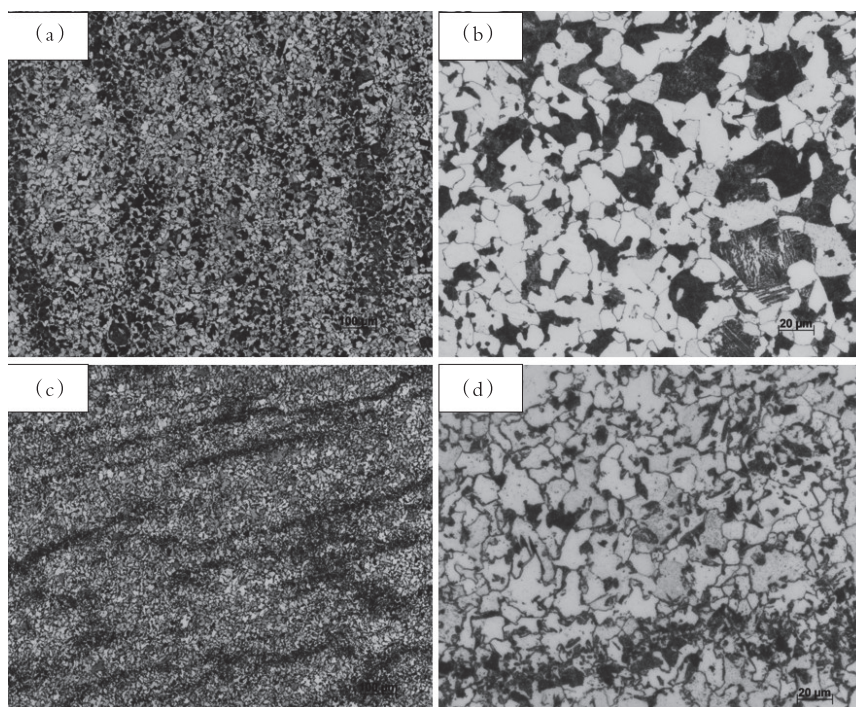
68J有近1倍的裕值。780℃亚温淬火下2-3试样-21℃冲击功由800℃亚温淬火下2-2试样的49J提高至107J。

对比两种工艺方案检测结果可见, 编号为1-2试样(经890℃完全奥

氏体化淬火)抗拉及屈服强度分别为563MPa、372MPa, -12.2°C 冲击功平均值为73J。编号为2-3试样(经 915°C 完全奥氏体淬火+ 780°C 亚温淬火),抗拉及屈服强度分别为507MPa、323MPa, -12.2°C 冲击功平均值为120J。即相对第一种 890°C 下完全奥氏体化淬火+高温回火处理工艺,第二种 915°C 完全奥氏体化淬火+ 780°C 两相区亚温淬火+高温回火处理工艺使试样抗拉强度值降低约10%, -12.2°C 冲击功提高64%,可获得较好的强韧性配比。

大连铁道学院王传雅研究结果表明,亚温淬火对许多结构钢的室温和低温韧性有不同程度的提高,亦即在不牺牲强度的情况下提高了冲击韧性^[3];洛阳船舶材料研究所张永峰等人研究结果,对亚共析钢采用亚温淬火,则可在不降低钢强度的同时提高其韧性^[4]。本文第二种工艺方案,即亚温淬火试验结果表明,较常规调质处理,试样强度降低而低温韧性大幅提升,这与王传雅,张永峰等人研究结果,即亚温淬火可同时提高钢强度及韧性结果有差异。对两种工艺方案处理后试样进行了微观组织对比分析。检测结果详见图3。

由上图可见,1-2试样为 890°C 完全奥氏体化保温后以 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 速度冷却+ 625°C 高温回火处理,得到块状先共析铁素体(含量约50%)+珠光体及极少量贝氏体回火组织,铁素体晶粒度为6.0级。2-3试样为经 915°C 完全奥氏体保温后以 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 速度冷却+ 780°C 两相区奥氏体化保温处理后以 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 速度冷却+ 625°C 高温回火处理,得到块状铁素体(含量约70%)+珠光体及极少量贝氏体回火组织,铁素体晶粒度为7.5级。



(a), (b)编号为1-2试样; (c), (d)编号为2-3试样

图3 不同工艺参数试样显微组织

试样1-2在高于 AC_3 温度,即 890°C 下奥氏体化保温处理后采用 $0.7^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 淬火冷却速率,因淬火冷却速度较慢,故得到先共析铁素体加珠光体的混合组织。

试样2-3在 780°C 下,即铁素体及奥氏体两相区进行不完全奥氏体化处理时,首先,奥氏体可在未溶铁素体边界形核,即相对较高温度下的完全奥氏体化处理而言,两相区奥氏体化处理时奥氏体形核数量变多,且未溶铁素体可阻碍晶粒长大;其次,在两相区较低奥氏体化温度下新晶核长大速度相对慢,对故两相区亚温淬火可获得较细的铁素体晶粒度。这与王传雅,江国栋,吴玉萍等人研究结果一致,即亚温淬火可细化低合金钢的晶粒度^[3,5,6]。

从检测结果看,针对本文以C, Mn为主元素、淬火后得到块状铁素体加珠光体为主的试料而言,铁素体数量增加导致强度下降幅度大于晶粒细

化强度提升效果,而铁素体数量及晶粒细化都有利于低温冲击功的提升,故2-3试样强度低于1-2试样,而低温冲击功较优。

4 结论

针对CAP1400核岛主泵壳锻件用SA-508M Gr.1材料及性能要求,本文通过系列工艺性试验进行研究并得到以下结论:

(1)采用常规调质处理,即完全奥氏体化淬火+高温回火热处理工艺方案,随着淬火温度由 915°C 降低至 890°C ,试样强度降低,塑性稍有提升, -12.2°C 冲击功平均值由49J提升至73J。

(2)采用完全奥氏体化淬火+两相区亚温淬火+高温回火热处理工艺方案,可有效提升试样低温冲击功,且随着亚温淬火温度呈 820°C , 800°C 及 780°C 降低,力学性能指标都满足要求,试样强度值逐渐降低,低温冲击功逐渐提升。

(3) 915℃完全奥氏体化淬火+780℃两相区亚温淬火+625℃高温回火,可获得最优的强韧性配比,即抗拉强度为507MPa,较要求指标尚有22MPa裕度,-12.2℃低温冲击功为120J,较要求68J有近1倍的裕值,-21℃冲击功为107J。**7**

参考文献

[1] 汪映荣. CAPI400核电技术特点和工程进展.中国核电[J]. 2018(01): 35-40.

(上接36页)

量达到最小,为 $6.99 \times 10^6 \mu\text{m}^3$,耐磨性能最好。根据Archard定律^[12,13]可知,熔覆层材料的显微硬度越高,其磨损率越低、耐磨性会越好;而当试样表面出现裂纹时,熔覆层的耐磨性会大幅度下降。

4 结论

(1) 不同焊接电流工艺参数比较,焊接电流在190A焊接时,表面光滑无缺陷,成形最好;采用宽高比 λ 的概念可以较好的评价熔覆层成形,且 λ 数值与焊接电流呈现先平稳后上升趋势。

(2) 不同焊接电流下,电流越大,熔覆层析出的铁素体由针状和颗粒状转变为块状,马氏体组织无明显变化。

(3) 本实验条件下的力学性能检测表明,电流越大,熔覆层显微硬度越高;采用190A电流焊接时,熔覆层耐磨性、综合力学性能最好。**7**

参考文献

[1] 赵敏海,董卫国.重型钢轨与高锰钢辙叉的焊接II.高碳钢焊接性的研究[J]. 焊接学报, 2002(23):9-12.

[2] 张国政,朱珊珊.高碳钢的焊接性与

[2] 王宝忠.超大型核电锻件绿色制造技术与实践[M].北京:中国电力出版社, 2017: 472.

[3] 王传雅.钢的亚温淬火.金属热处理[J]. 1980(02): 1-15.

[4] 张永峰,王任甫,牛继承.亚共析钢的亚温淬火及强韧化.热加工工艺[J]. 2011, 40(04): 163-166.

[5] 江国栋. 40Cr钢亚温淬火强韧化机理的试验研究.龙岩师专学报[J], 2004, 22(3): 43-44.

焊接缺陷分析[J].科技经济市场, 2012(12):5-6.

[3] Alessandro Ascarin, Alessandro Fortunato. Nanosecond pulsed laser welding of high carbon steels[J]. Optics & Laser Technology, 2014 (56):25-34.

[4] 张在玉,金属材料增材制造技术的应用研究进展[J].世界有色金属, 2018(14):269-271.

[5] 杨广宇,汤慧萍,刘楠,等.增材制造技术制备钨材料研究进展[J].热加工工艺, 2016(24):16-18.

[6] Tumbleston J. R, Shirvanyants D, Ermoshkin N, et al. Continuous liquid interface production of 3D objects[J]. Science, 2015 (347):1349-1352.

[7] Herzog D, Seyda V, Wycisk, E et al. Additive manufacturing of metals[J]. Acta Mater, 2016:117:371-392.

[8] Wang Tingting, Zhang, Yuanbin Wu Zhihong, et al. Microstructure and properties of die steel fabricated by WAAM using H13 wire[J]. Vacuum, 2018 (149): 185-189.

[9] Cong B, Sun H, Peng P, et al. Porosity control of wire + arc

[6] 吴玉萍,徐庆莘,肖昌利.低合金钢亚温淬火强韧化研究.理化检验[J]. 1997,33(2): 11-12.

作者信息: 王晓芳(1982-),女,研究生,高级工程师,所长助理,从事核电及火电锻件用材料及热处理工艺研究工作。

通讯地址:上海市闵行区江川路1800号大型铸锻件研究所206室;邮编:200245;电话:021-34098212。

additively manufactured Al-6.3Cu alloy deposition using AC-GTAW process[J]. Rare Met Mater Eng 2017(46):1359-1364.

[10] Dinovitzer M, Chen Xiaohu, Laliberte J, et al. Effect of wire and arc additive manufacturing (WAAM) process parameters on bead geometry and microstructure[J]. Additive Manufacturing 2019(3):138-146.

[11] 李莎.中碳马氏体钢中铁素体析出对裂纹扩展的影响研究[J]. Hot Working Technology, 2015,44(18):84-85.

[12] Archard J.F. Contact and rubbing of flat surfaces[J]. Appl. Phys, 1953, 24 (8):981-988.

[13] Li Z, Wang J, Lu J, et al. Tribological characteristics of electroless Ni-P-MoS2 composite coatings at elevated temperatures[J]. Applied Surface Science, 2013, 264:516-521.

基金项目:“十三五”装备预研技术项目(4140402102);江苏省普通高校研究生科研创新计划项(SJCX18_1065);

第一作者简介:张文杰,男,1994年生,硕士研究生。

通讯作者简介:雷卫宁,男,1963年生,教授。

关于召开2020年全国机电企业工艺年会暨 第十四届机械工业节能减排工艺 技术研讨会的通知 (第二号)

中国工艺协会〔2020〕第24号

各会员单位、各有关单位：

为深入推进稳增长、调结构、促转型、补短板、提品质、增效益，加强机电行业企业交流，更好适应机械行业新常态，促进装备制造业与战略性新兴产业发展，我会定于2020年11月25-28日在中国潍坊举办“2020年全国机电企业工艺年会暨第十四届机械工业节能减排工艺技术研讨会”，会议主题“绿色制造与智能制造”。会议将邀请相关部委领导、业界知名专家、学者、企业代表进行大会报告和技术研讨，交流研讨制造工艺技术发展以及机电行业企业未来发展，现将会议有关事项通知如下：

一、会议时间及地点

时间：2020年11月25-28日

地点：潍坊金茂国际大酒店

(地址：潍坊市高新区北宫街1999号)

二、组织机构

主办单位：中国机械制造工艺协会

承办单位：潍柴动力股份有限公司

协办单位：南京航空航天大学

机械科学研究总院青岛分院有限公司

先进成形技术与装备国家重点实验室

广西玉柴机器股份有限公司

机械装备工业节能减排产业技术创新战略联盟

三、会议日程安排

11月25日	全天	注册报到
11月26日	上午	大会开幕式 大会特邀报告
	下午	大会报告 第六届会员代表大会第三次会议暨 六届三次理事会
11月27日	上午	研讨会/专题分论坛
	下午	参观企业
11月28日	全天	返程

四、会务安排

1. 会议费用：会议费2300元/人，学生（非在职）1200元/人，10月31日交纳会议费享受9折优惠。

2. 食宿及费用：会议期间食宿统一安排，住宿费自理。住宿费由参会代表同酒店单独结算，可刷卡。（房型价格见附件2）

3. 请会议代表于11月10日前回执（见附件1），以便会务组统一安排食宿。

4. 费用缴纳：会议费不能刷卡缴纳，建议各参会代表提前汇款，或自带现金缴纳。会议现场可使用支付宝缴纳费用，使用支付宝付款的代表请在会议回执中注明付款人的支付宝账户名称。

汇款信息如下:

开户银行: 中国工商银行北京礼士路支行

户名: 中国机械制造工艺协会

帐号: 0200003609014456387

请在“用途”或“附言”栏中注明“会议费”,在会议回执中说明发票信息及邮寄地址。

五、会议代表

请各会员单位、理事单位高度重视,选派企业主管工艺技术的领导、工艺部门负责人出席年会。会议同期召开会员代表大会,请各会员单位代表准时到会,如工作原因不能到会,请务必委托代表参加。

六、研讨会/分论坛

工艺年会期间将举办研讨会/专题分论坛,各单位可承办专题分论坛或选派代表做分论坛技术报告,展示创新成果,加强企业交流。同时欢迎参加工艺征文活动的投稿作者踊跃报名做分论坛技术报告论坛主要内容如下:

1. 增材制造与快速制造: 金属增材制造技术、非金属材料增材制造技术等增材制造工艺、技术、装备及应用,无模铸造等快速制造技术、装备及应用;

2. 轻量化设计与轻量化材料成形: 拓扑优化技术、多目标优化技术,高强度、超高强度钢、铝、镁、钛合金成形技术,纤维增强复合材料成形技术、复合材料模压成形技术等;

3. 智能制造技术与数字化制造车间: 数字化工艺设计与仿真、专家系统、数字化物流、生产决策管理系统,智能

制造标准、典型数字化车间建设经验等;

4. 激光焊接与异种连接: 激光焊接技术、激光电弧复合焊接、激光拼焊技术、异种材料连接技术以及新型连接技术等;

5. 绿色制造技术与装备: 绿色设计、传统制造工艺绿色化、绿色制造新工艺/新方法/新装备、资源循环再利用、节能减排技术与装备、绿色制造标准、绿色制造车间、绿色工厂等。

七、举办先进制造工艺与装备展览会

以实物或模型图片、资料等形式,展示贵单位在先进制造工艺技术、加工设备、工装辅具、新型工艺材料、软件、检测技术与装备、安全环保、质量攻关与技术改造等工作中取得的创新成果。请有意参加展会的单位于2020年10月25日前与会务组联系布展。

八、联系方式

联系人: 吴强 郭志丽 时博

邮箱: cammt@163.com

电话: 010-88301523

地址: 北京市海淀区首体南路2号院1207房间
(100044)

附件: 1. 会议回执; 2. 房型价格及交通路线

中国机械制造工艺协会

2020年9月11日

中国机械制造工艺协会五项团体标准发布

近日,中国机械制造工艺协会分别以“中国工艺协会(2020)第8号”和“中国工艺协会(2020)第16号”批准发布了五项团体标准。现予以公布。

该标准由中国机械制造工艺协会印制提供。

五项团体标准一览表

序号	标准编号	标准名称	实施日期
1	T/CAMMT 23-2020	质量管理体系 增材制造(3D)服务提供商认证要求	2020-04-13
2	T/CAMMT 24-2020	复合材料多针织造成形工艺规范	2020-08-12
3	T/CAMMT 25-2020	碳纤维柔性导向多针织造成形机安装调试规范	2020-08-12
4	T/CAMMT 26-2020	石膏挤出式 3D打印成形工艺规范	2020-08-12
5	T/CAMMT 27-2020	连续纤维增强树脂基复合丝材成形工艺规范	2020-08-12