

20MW1Mn18Cr18N电动机护环锻件 制造工艺

■ 张旭东, 谢斌, 邹颖, 张福生, 曲聪, 魏庆亮

超高转数20MW高强度电动机护环是国家重点成套设备国产化项目——西气东输工程加压泵上带动电动机上的关键构件, 国内能否批量生产, 是解决该电动机国产化进程的关键。由于该规格护环技术指标要求高, 制造难度大, 开始装机使用的都是进口锻件, 价格高, 整机成本负担重, 制约了该规格电动机国产化的进程。为替代进口, 消除技术壁垒, 我公司对该产品进行研制, 并取得了成功, 形成批量制造能力。

转子做高速旋转(5200r/min)的护环, 需要承受转子端部较大的离心力, 并且要防止其对转子线圈端部的破坏, 要求护环具有良好的力学性能($R_{p0.2} > 1070\text{MPa}$)。用1Mn18Cr18N这种材料来生产护环, 既可以避免因电磁感应使电动机护环在运转时发热, 又可以有效提高电动机工作效率和运转时的安全性。普通热处理方法无法提高这种在常温下无相变奥氏体材料的力学性能, 只能用液压冷变形强化的方法提升这种材料的力学性能。

1. 护环技术指标

护环成品交货时需要满足客户对其性能指标及内部质量的要求。客户要求护环锻件成

品化学成分满足表1, 力学性能满足表2, 且要求在磁场强度为8000A/m时, 其磁导率应不大于 $13.2 \times 10^{-7}\text{H/m}$, 残余应力小于屈服强度10%。护环成品按照 $\phi 800\text{mm} \times \phi 670\text{mm} \times 585\text{mm}$ 尺寸交货, 按JB/T 7030—2002标准中无损检测要求检测其内部, 保证无超标缺陷存在。

2. 护环热锻工艺的研制

根据客户对护环工件试验环的力学性能要求, 且结合多年生产制造经验和材料自身性能特性, 得出相关数据, 给出护环锻件的粗车尺寸和锻造工艺尺寸。这是与常规锻件工艺设置的最大区别。

护环生产工艺流程为: 冶炼→铸锭→加热→锻造→粗车→固溶处理→强化前精加工→冷变形液压胀形强化→消除残余应力热处理→理化检测→精加工后无损检测→包装交货。护环毛坯锻件

尺寸见图1, 热锻工艺步骤见表3, 采用电渣重熔钢锭锻造。

在热锻护环锻件过程中, 由于1Mn18Cr18N护环钢属于无磁高锰奥氏体不锈钢, 其中锰、铬含量达18%, 氮含量高达0.5%以上, 在锻造过程中极易产生表面裂纹。为防止表面裂纹产生, 锻造时要轻打, 合理采用小压下量, 控制送进量。

固溶处理是指将合金加热到高温单相区恒温保持, 使碳化物充分溶解到奥氏体基体中后快速冷却, 以得到均匀、稳定的奥氏体组织, 并提高韧性及抗蚀性能, 提高材料冷变形强化的性能。1Mn18Cr18N护环粗加工后

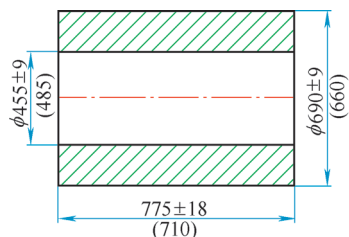


图1 护环毛坯锻件尺寸

表1 1Mn18Cr18N化学成分要求(质量分数) (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	N
≤0.12	≤0.80	17.5~20.0	≤0.05	≤0.015	17.5~20.0	≥0.47

表2 力学性能要求

项目	$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A_4(\%)$	$Z(\%)$	A_{KV}/J
切向	1070~1210	≥1070	≥15	≥52	≥82
试验温度/℃	95~105				20~27

坯料固溶处理曲线如图2所示。

3. 冷变形强化

为达到客户对护环锻件力学性能及零件的尺寸要求，需要通过液压胀形冷变形的方法进行强化。

在护环与模具形成的封闭空间内用高压泵把水打入，使粗车后护环发生塑性变形，这样可方便控制护环的外形尺寸数值及变形速度。

与常规护环相比，此护环胀形前细长，高径比大，在液压胀形过程中，非常容易造成母线凹形（俗称“喇叭口”）。我们制造了护环胀形前的定位装置及限位装置，确定了能够保证护环液压胀形过程中，与胀形所需要的液体超高压相匹配的瞬时低压参数值，经过精心控制，不断完善控制参数，护环尺寸从胀形前φ660mm变形至φ810mm，其公差控制在±2mm。

4. 消除应力热处理

护环锻件在强化后为了稳定组织，减少残余应力需要进行热处理。其消除应力曲线如图3所示。

5. 检测结果

制造厂家分别在护环两端取中环，切取试样做力学性能试验，每个试环的拉伸和冲击试样数量及位置如图4所示。通过上述方法生产的电动机护环，实际检测结果如下：以炉次T1205271为例，力学性能见表4，超声波检测结果见表5。金相组织检测结果为晶粒度径向4级，纵向4级，金相组织为奥氏体+微量点状碳化物。磁导率检测按照《西气东输电机护环锻造制造技术协议》规定进行，检测结果低于用户要求一个数量级。

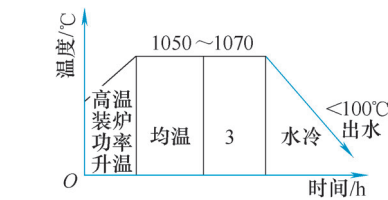


图2 固溶处理工艺曲线

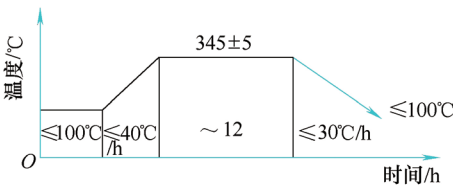


图3 消除应力曲线图

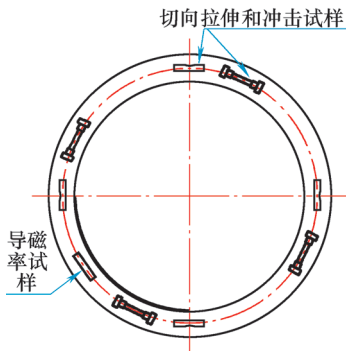


图4 取样位置和取样数量

表3 热锻工艺方案

火次	温度/℃	变形过程说明
1	1000~1200	镦粗至高400mm
2	1000~1200	冲孔直径φ300mm
3	1000~1200	扩孔直径φ470mm
4	1000~1200	芯棒拔长至600mm
5	950~1200	拔长、平整端面满足工艺要求后水冷

表4 实际检测力学性能

$R_{p0.2}/\text{MPa}$	R_m/MPa	$A(\%)$	$Z(\%)$	A_{KV2}/J
1120	1124	23.5	60	115.0
1083	1099	24.5	62	129.0
1103	1117	24.5	64	133.0
1085	1098	24.0	62	130.5
1130	1143	22.5	62	144.0
1130	1145	23.0	63	137.5
1103	1113	22.5	66	145.0
1136	1147	24.0	62	156.0

表5 超声波检测结果

PXUT350+参数	探头频率	灵敏度	耦合剂	表面粗糙度
	2.5MHZ	φ2	机油	Ra 3.2 μm
验收标准	JB/T7030—2002			
检验结果	未发现超标缺陷，工件内部质量符合标准要求			

6. 结语

电动机护环制造工艺包括热锻工艺、固溶处理工艺、冷变形液压胀形强化工艺等，确定工艺技术参数及对实际制造过程的质量控制，满足用户对该规格护环锻件各项技术指标的要求，填补

了国内超高转速1Mn18Cr18N护环制造的空白。

作者简介：张旭东、谢斌、邹颖、张福生、曲聪、魏庆亮，沈阳铸锻工业有限公司锻造分公司。

MW 20160816