

# CrNiMo 钢锻造与热处理

宋飞 王春雷

**摘要** 本文介绍了通过对 34CrNiMo 钢的锻造热处理工艺试验,摸索出了 CrNiMo 钢的锻造热处理工艺参数,为该钢种的推广应用奠定了基础。

**关键词** CrNiMo 钢 锻造 热处理

## 1 引言

CrNiMo 钢在西欧工业发达国家采用较多,主要用于制造强度要求较高的联轴螺栓、结构把合螺栓、螺母等水轮机结构零件。而我国一般在汽轮机和汽轮发电机重要部件如主轴、联轴器等上采用该钢种,在我公司产品的中小零部件上首次使用始于广州从化水轮机。为了掌握 CrNiMo 钢的锻造热处理工艺参数,我们对 34CrNiMo 钢

进行了多次工艺试验和小批量生产试验,取得了满意的试验结果,掌握了准确的工艺参数,其成果在三峡机组的 34CrNiMo6 钢上得到成功应用。

## 2 34CrNiMo 钢化学成分及机械性能

试验用 34CrNiMo 钢的化学成分见表 1。机械性能标准值见表 2。

表 1 34CrNiMo 钢化学成分

	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Mo
标准值	0.30~0.38	0.40~0.70	0.15~0.40	≤0.035	≤0.035	1.40~1.70	1.40~1.70	0.15~0.30
1	0.33	0.51	0.29	0.013	0.016	1.59	1.48	0.22
2	0.36	0.56	0.29	0.015	0.015	1.50	1.51	0.21

表 2 34CrNiMo 钢机械性能标准值

截面尺寸	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	DVM (J)
≤100	≥800	≥1000	≥11	≥50
100 < d ≤ 250	≥700	≥900	≥12	≥50
160 < d ≤ 250	≥600	≥800	≥13	≥50

## 3 锻造工艺试验

### 3.1 原材料准备及试样制备

CrNiMo 钢的白点及裂纹敏感性较大,会导致工件在锻造、热处理时开裂,致使工件机械性能降低,甚至报废。对其原材料可能存在的白点及裂纹,应进行低倍组织检验和超声波探伤予以排除,以保证锻造原材料

质量。根据工件形状和取样的特殊需要,制备了加长和芯料改锻拔长两种试样。

### 3.2 制订工艺

首次锻造 34CrNiMo 钢,其锻造性能及工艺参数都不了解,为保证产品质量,在锻造工艺参数的选择上,采用了既要保证坯料烧透,内外温度均匀,使变形抗力小易于锻造,又要防止坯料在加热过程中产生过热、过烧、严重脱碳、内裂及锻后晶粒粗大等缺陷的原则。

CrNiMo 钢的主要特点是强度高,塑性和韧性好,锻造工艺应保证坯料充分地变形,形成符合零件受力要求的纤维组织,使各处性能一致。这就要求根据零件的不同变形方式,不同尺寸选用不同规格的坯料。因为条件所限,实际只有两种规格可供选择,所以在坯料规格的选择上,只能以保证锻造工艺的变形量为主,相应提高了锻造生产的难度。

始锻温度:1100℃,终锻温度:850℃

加热规范:冷炉装料,加热升温 2.5h,达到始锻温度后,保温 1h。

加热设备:天然气炉

锻造设备:3t 锤、750kg 锤

锻后冷却:堆冷

### 3.3 试锻

在试锻生产中,全程使用便携式红外线测温仪对炉温、始锻温度、终锻温度进行控制,始终按工艺要求进行锻造。其锻件经专业检查,试锻的工件全部合格,其内在质量和尺寸满足设计工艺要求。

## 4 热处理工艺试验

### 4.1 锻后退火

试制工件锻后采用堆冷。工件退火温度为 650℃,保温 2h 后空冷。

### 4.2 调质处理

热处理工艺试验加热在台车式电炉中进行。试样淬火温度 850℃,1.5h,油淬冷却。试样淬火后分别采用 540、560、580、600、620、640℃回火,回火冷却采用油冷。

### 4.3 试验结果及分析

锻件硬度在对工件本体试锻、退火后,经打磨用 HL-D 便携式(里氏)硬度仪测量。

机械性能试验取离表面 1/2 半径处纵向试样,拉伸试样按 GB6397,冲击试样采用尺寸 10×10×55、缺口为 R1 深 3mm 的 U 型试样(DVM)

#### 4.3.1 硬度

锻后硬度:HB252~289

退火后硬度:HB200~230

锻后硬度尚可切削加工,而退火后的硬度更适合于切削。

#### 4.3.2 脱碳层及金相组织

经金相检查,锻后 650℃退火的试样表面总脱碳层深度为 0.2~0.3mm,R/2 处与中心部金相组织为索氏体且无明显差别,锻件的金相组织和脱碳层均属正常。

#### 4.3.3 机械性能

不同回火温度的机械性能见表 3。

表 3 不同回火温度的机械性能

回火温度 (℃)	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	DVM (J)
540	1030	1130	14	57	70 80 70
	1020	1120	14	48	74 76 72
560	1030	1120	12	51	60 70 74
	1040	1130	16	56	66 68 68

回火温度 (°C)	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	DVM (J)
580	920	1030	15	52	72 70 60
	920	1030	16	60	68 78 80
600	910	1010	17	56	90 90 86
	905	1010	16	61	82 76 80
620	870	970	14	51	100 70 92
	885	990	18	61	90 85 100
640	770	885	21	64	101 101 90
	760	890	19	69	82 82 110

结果表明,对于直径小于100mm的工件,经850°C油淬,580~600°C回火能达到标准要求,因此初步决定生产工艺为:

淬火:加热至850±10°C油冷,加热保温时间按1min/mm计算;

回火:加热至580±10°C油冷,回火保温时间按1.5~2min/mm计算。

## 5 生产实际应用

试制锻件经硬度测试、金相组织分析和脱碳层测定,锻后硬度及金相组织正常,说明试锻所选用的始锻温度、终锻温度、加热规范、锻后冷却等锻造工艺参数是比较正确的,可以按此工艺进行批量生产。

试锻件的热处理按上述试生产工艺进行。机械性能试验表明,实际工件热处理

后的机械性能比工艺试验的试样性能在强度上稍高;而塑性性能稍低,且接近标准值,因此,调整了回火温度。正式调质工艺参数及操作要点如下:

(1)淬火:加热至850±10°C,油冷;回火:加热至600±10°C,油冷。

(2)工件间应保持一定的间隔,不得密堆,以保证加热及冷却均匀。

(3)每炉(框)每10件工件保证有一件加长试样或等效试样。

经过试生产确定了正式的锻造、热处理工艺,为34CrNiMo钢的广泛应用奠定了基础。

经性能跟踪,首批投入正式生产的全部零件经锻造、热处理后,机械性能全部合格,半精车后经超声波探伤和着色探伤全部合格。其实测机械性能见表4。

表4 34CrNiMo钢批量生产机械性能值

截面尺寸 (mm)	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	DVM (J)
d < 100	875 ~ 1140	1010 ~ 1190	12 ~ 17	51 ~ 66	50 ~ 109
	1010	1100	14	62	76
100 < d < 160	850 ~ 1050	970 ~ 1220	13 ~ 19	58 ~ 67	64 ~ 102
	945	1040	16	63	78

在34CrNiMo钢的锻造热处理生产基础上,根据已经掌握的CrNiMo钢的锻造热处理工艺参数,我们针对三峡机组大型螺栓螺母用钢34CrNiMo6制定了相应的锻

造热处理工艺,经锻造热处理的工件通过机试和探伤检查,全部合格。三峡左岸机组部分零件机械性能见表5,三峡右岸机组部分零件机械性能见表6。

表5 三峡左岸部分零件 34CrNiMo6 钢机械性能

	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	DVM (J)
标准值	$\geq 600$	800 ~ 950	$\geq 13$	$\geq 55$	$\geq 45$
2S5232 实测值	710	870	20	67	127 132
	695	850	21	69	142 154
	715	875	21	69	146 149
	805	935	19	69	115 134
	655	810	18	66	160 144
	785	915	18	67	132 135
	740	865	19	69	142 130
	755	895	16	65	132 132
	740	875	20	69	138 147
	815	935	19	64	138 146
	680	835	20	70	134 124
705	850	20	72	180 178	
2S5233 实测值	735	875	20	68	136 130
	780	910	19	67	130 130
	685	835	21	70	132 148
	690	840	20	68	136 144
	770	905	19	66	150 130
	735	870	21	71	150 146
	685	805	23	72	178 180

表6 三峡右岸部分零件 34CrNiMo6 钢机械性能

	$\sigma_s$ (MPa)	$\sigma_b$ (MPa)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ (%)	DVM (J)
标准值	$\geq 700$	$\geq 900$	$\geq 12$	$\geq 55$	$\geq 45$
2S7580 实测值	820	965	20	68.5	117 115
	855	995	19	64.5	114 114
	820	960	19.5	66	122 120
	870	1010	20	65.5	107 100
	885	1010	20.5	68	116 115
	865	1000	18	64	107 110
	870	1000	19.5	64	110 116
标准值	$\geq 600$	$\geq 800$	$\geq 13$	$\geq 55$	$\geq 45$
2S7583 实测值	680	860	21.5	71	138 146
	720	860	22	71	150 156
	645	815	21	71	154 161
	675	815	22.5	72	166 161
	685	820	23	72	181 170
	705	870	23	71	131 132
	695	860	21.5	70	130 131
	700	840	23.5	72	146 138
	700	860	21	70	148 143
	730	870	22.5	72	136 153

## 6 结 语

通过对 34CrNiMo 钢的锻造和热处理工艺试验及生产应用,基本掌握了 CrNiMo 钢的锻造热处理工艺,积累了生产经验,提高了生产工人的技术水平,拓展了公司的生产能力,推动了公司的技术进步,为公司

推广使用该钢种奠定了基础。

通过三峡机组 34CrNiMo6 钢的锻造热处理生产,证明我们已经掌握 CrNiMo (34CrNiMo ~ 34CrNiMo6) 钢的锻造热处理工艺。目前, CrNiMo 钢已在我公司一系列大型及特大型水火电机组上得到广泛应用。

---

· 信 息 ·

### 锦屏二级水电站获国务院核准

2006年12月15日,国家发展和改革委员会下发《印发国家发展改革委关于核准四川雅砻江锦屏二级水电站项目的请示的通知》,同意建设雅砻江锦屏二级水电站。

锦屏二级水电站是雅砻江上和四川省境内(金沙江界河除外)装机规模最大的水电站,电站利用“中国三大河弯”之一的锦屏大河弯天然落差,通过长约16.7km的引水隧洞,截弯取直,获得水头310m,总装机容量480万kW,多年平均发电量242.3kWh。工程总投资298亿元,预计2012年底首台机组投产发电。锦屏二级水电站通过国家核准,大大推动了雅砻江水能资源开发的进程。