

· 设 备 ·

## 中冷连续式渗碳炉的应用

金荣植

(哈尔滨汇隆汽车箱桥有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150088)

**摘 要:**采用中冷连续式渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火,可以细化材料的晶粒度和显微组织,改善不良的预处理组织,并提高工件的力学性能和热处理生产效率。

**关键词:**中冷连续式渗碳炉;渗碳;再加热淬火;

**中图分类号:** TG156.8+1 **文献标识码:** A **文章编号:**1673-4971(2008)06-0068-07

## Application of Intercooled Continous Carburizing Furnace

JIN Rong-zhi

(Harbin Huilong Truck Gearbox and Drive - Axle Co., Ltd., Harbin Heilongjiang 150088, China)

**Abstract:** Carburizing, slowcooling, reheating and quenching are actualized by an intercooled continous carburizing furnace, so as to refine the grain size and microstructure of material and improve microstructure of pretreated parts, and these processes can increase the mechanical properties of parts and the productivity of heat treatment.

**Key words:** intercooled continous carburizing furnace; carburizing; reheating and quenching

### 1 中冷连续式渗碳炉的构成

中冷连续式渗碳炉又称为中冷连续式渗碳自动生产线、连续式渗碳中冷再加热生产自动线或三段式连续渗碳炉,简称中冷渗碳炉,主要由预处理炉、渗碳炉、中冷炉、再加热炉、回火炉、淬火机构、清洗机、料盘输送机构及温控、碳控、程控等自动化控制系统组成。中冷连续式渗碳炉又可以分为中冷单排渗碳炉与中冷双排渗碳炉。图1是一中冷连续式渗碳炉的平面布置示意图。其主要部分由渗碳炉、中冷炉及再加热炉组成。

#### 1.1 渗碳炉

中冷单排渗碳炉一般由四个区组成,即由加热区(一区)、透烧区(二区)、渗碳区(三区)及扩散区(四区)组成,渗碳炉内料盘数量见表1。渗碳炉顶有3个风扇,加热元件为电热辐射管或电阻板;中冷双排渗碳炉一般由5个区或4个区组成,即加热区(一区)、透烧区(二

区)、渗碳区(三区)、扩散区(四区)及扩散区(五区)组成,渗碳炉内料盘数量见表2。渗碳炉有3~4个风扇,加热元件为电热辐射管,最高工作温度为950℃。渗碳区及扩散区设有氧探头进行碳势控制。

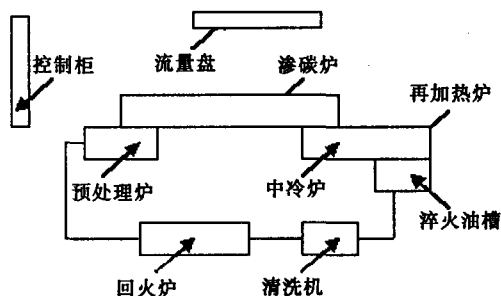


图1 中冷连续式渗碳炉平面布置示意图  
Fig.1 Schematic drawing of an intercooled continuous carburizing furnace

收稿日期:2008-03-31

作者简介:金荣植(1962-),男,高级工程师,主要从事汽车、拖拉机零部件的热处理技术工作。

联系电话:0451-87642266-837;E-mail:hljlishengji@yahoo.com.cn

表 1 中冷单排渗碳炉

Table 1 Intercooled continous carburizing furnace of single track

区段	一区	二区	三区	四区	中冷	再加热	
	加热	透烧	渗碳	扩散		一区	(二区)
炉内料盘数	4	3	6	3	1~6	(4)~6	0~(3)

注,括弧内参数是 再加热炉为两个区设计时的情况。

表 2 中冷双排渗碳炉

Table 2 Intercooled continous carburizing furnace of double track

区段	一区	二区	三区	四区	五区	中冷	再加热
	加热	透烧	渗碳	扩散	扩散	(N <sub>2</sub> 冷却)	
炉内料盘数	3×2	3×2	5×2	5×2	3×2	5×2	5×2

1.2 中冷炉(或称中冷室)

中冷炉一般通入 99.5% 的 N<sub>2</sub> 或采用室外冷却水套冷却其中的工件。采用室外冷却水套的中冷室一般装 1 个料盘,一般不设计温度与碳势控制。在执行渗碳后降温直接淬火工艺时,可以根据设计的程序快速通过中冷室直接进入再加热炉进行加热淬火;通 N<sub>2</sub> 的中冷炉一般装 4~10 个料盘,既可以作为冷却室,执行渗碳、缓冷与再加热淬火工艺。又可以设计温度与碳势控制系统,执行渗碳后降温直接淬火工艺,即作为一套普通的连续式渗碳炉使用。中冷炉工艺温度的设定是根据工件的材料、装炉量及推料周期(生产周期)等进行设计的。设计工艺温度一般为 350~600℃。加热元件一般为电热辐射管,炉顶设有风扇。

1.3 再加热炉

再加热炉分为一个区与两个区的设计,再加热炉的两个区是由再加热一区与再加热二区组成,每一个区顶上设有风扇,进行均匀气氛与炉温,并分别设有氧探头,可以进行碳势控制。加热元件为电热辐射管或电阻板。设计工艺温度一般为 830~870℃。

2 粗晶粒渗碳钢工件的应用

采用先进的连续式渗碳炉进行渗碳淬火,不仅可以保证工件的热处理质量,而且还满足了现代化的大批量生产的需要。但由于所生产的工件在炉内渗碳温度下运行时间较长,当材料抵抗晶粒长大的能力较弱时,热处理后将得到较粗大的组织,降低了材料的机械性能和使用寿命。因此对于采用渗碳后降温直接淬火工艺的工件,其材料要求渗碳时奥氏体晶粒不能长大。如果渗碳时晶粒已经长大,必须采用二次加热淬火,才能改善力学性能<sup>[1]</sup>。渗碳用

的硼钢如 20MnVB、20Mn2TiB、18CrMnB 等由于混晶和晶粒易于粗大<sup>[2,3]</sup>,20Cr、20CrMnMo 等材料由于没有含 Ti、V 等抑制晶粒长大的元素,它们与硼钢长时间在高温下奥氏体晶粒会明显长大,导致渗碳后降温直接淬火的马氏体组织粗大。针对这一问题国内一些企业陆续开始使用中冷连续式渗碳炉<sup>[3,4]</sup>,采用渗碳、缓冷及再加热淬火工艺(即“马鞍型”渗碳淬火工艺或三段式渗碳淬火工艺)进行生产,较好地解决了这一问题。目前已在国内汽车、摩托车、轴承、发动机及内燃机等行业得到应用。

2.1 20MnVBH 钢件的应用

表 3 为国内某汽车厂采用中冷双排渗碳炉进行生产的渗碳工艺参数,中冷炉通入 99.5% 的 N<sub>2</sub> 冷却工件。处理产品为“EQ-153”型载货汽车后桥主动齿轮,材料为 20MnVBH。产品技术条件为碳化物 1~5 级,马氏体、残留奥氏体 1~5 级;渗碳淬火有效硬化层深度为 1.50~1.90 mm;表面与心部硬度分别为 58~63 HRC 与 30~45 HRC。检验按 QC/T262—1999《汽车渗碳齿轮金相检验》标准执行。检验结果见表 4。

表 3 20MnVBH 钢工艺参数

Table 3 Process parameters of 20MnVBH steel

区段	一区	二区	三区	四区	五区	中冷	再加热	
	加热	透烧	渗碳	扩散	扩散	(N <sub>2</sub> 冷却)		回火
温度/℃	910	930	930	930	910	550	860	180
碳势 C <sub>p</sub> (%)	—	1.05	1.15	1.00	0.85	—	0.85	—
料盘数/盘	3×2	3×2	5×2	5×2	3×2	5×2	5×2	11
推料周期/min	45							

表 4 20MnVBH 钢检验结果

Table 4 Test results of 20MnVBH steel

试样	金相组织/级			有效硬化层 深度/mm	硬度/HRC	
	碳化物	马氏体	残留奥氏体		表面	心部
1	1	3	2	1.71	60	33

2.2 20Cr 钢件的应用

(1)表 5 为某内燃机厂采用中冷单排渗碳炉生产活塞销的渗碳工艺<sup>[4]</sup>,活塞销渗碳后自扩散区直接进入中冷室冷却,往中冷室通入 99.5% 的 N<sub>2</sub>,不仅能有效地防止工件表面产生氧化,而且能通过调整 N<sub>2</sub> 的流量来调整中冷室的冷却速度。再加热炉淬火温度设定为 860℃,并且每小时通入 4 m<sup>3</sup> 的 N<sub>2</sub> 和滴入 1 L 甲醇,工件在再加热炉内保温 90 min 后进行淬火。处理产品为内燃机 6105Q 活塞销,材料为 20Cr。产品技术条件为碳化物 1~3 级,马氏体、

残留奥氏体 1~5 级;外圆表面及内孔渗碳层分别为 0.5~1.1 mm 与  $\geq 0.4$  mm;外圆表面与心部硬度分别为 58~64 HRC 与 24~45 HRC。金相组织检验方法执行 JB/T8118—1997《内燃机活塞销技术条件》标准。检验结果<sup>[4]</sup>见表 6。

表 5 20Cr 钢渗碳工艺  
Table 5 Carburizing process of 20Cr steel

区段	一区 加热	二区 透烧	三区 渗碳	四区 扩散	中冷 (N <sub>2</sub> 冷却)	再加热
温度/℃	920	930	935	930	500	860
甲醇/L·h <sup>-1</sup>	0.3	1.2	1.5	0.5	0	1.0
氮气/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	5	2.5	2.5	3	5	4
丙酮/L·h <sup>-1</sup>	0	2.0	0.3	0	0	0
碳势 C <sub>p</sub> (%)	—	1.0	1.2	1.1	—	—
推料周期/min	30					

表 6 20Cr 钢检验结果  
Table 6 Test results of 20Cr steel

试样	金相组织/级		渗碳层深度/mm	
	碳化物	马氏体	表面	内孔
1 组 9 个试样统计	1~2	2~4	0.74~0.80	0.40~0.80

表 7 20Cr 钢件渗碳工艺  
Table 7 Carburizing process of parts made of 20Cr steel

区段	一区 加热	二区 透烧	三区 渗碳	四区 扩散	中冷(水 套冷却)	再加热 一区	再加热 二区
温度/℃	890	900	930	900	350	870	860
甲醇/ml·min <sup>-1</sup>	20	30	35	35	—	40	—
丙烷/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	0	0.1	0.4	0	0	0.1	0
碳势 C <sub>p</sub> (%)	—	1.05	1.20	1.00	—	—	0.85
料盘数/盘	4	3	6	3	1	4	3
推料周期/min	30						

(2)表 7 为某摩托车发动机配件厂采用中冷单排渗碳炉生产轴销的渗碳工艺,产品材料为 20Cr,产品技术条件为碳化物 1~3 级,马氏体、残留奥氏体 1~4 级;渗碳层深度为 0.6~1.1 mm;外圆表面与心部硬度分别为 58~63 HRC 与 24~45 HRC。以往采用 UBE-1000 型带缓冷密封箱式渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火,虽然产品达到了技术要求,但由于生产周期长,热处理生产效率低,为此改用中冷连续式渗碳炉进行生产,不仅使产品完全达到了配套企业的技术要求,而且还大大提高了热处理生产效率。其中冷室是采用室外冷却水套进行冷却,其中的保护气氛是通过料盘经过渗碳炉与再加热炉后带人中冷室的渗碳气氛,同时要保证中冷室为正的炉压,大于 5 mm 水柱,以保证在冷却过程中红热状态

下的工件表面不产生氧化与脱碳,从而保证产品的金相组织与硬度。表 8 为检验结果。

表 8 20Cr 钢件检验结果  
Table 8 Test results of parts made of 20Cr steel

试样	金相组织/级			有效硬化层 深度/mm	硬度/HRC	
	碳化物	马氏体	残留奥氏体		表面	心部
1	1	3	2	1.0	60	28

### 3 预处理组织不良工件的应用

汽车差速器行星和半轴齿轮毛坯的锻造已经广泛采用精锻制造技术,齿轮的锻造毛坯采用锻造余热退火,大约节省 70% 的燃料费<sup>[5,6]</sup>,而且可以减轻因进行再次加热等温退火造成精锻齿轮氧化而影响齿轮的精度。但在实际生产中发现,在渗碳后后续降温直接淬火过程中,部分齿轮金相组织出现了不合格。通过对已进行锻造余热退火锻件毛坯进行的金相分析发现,得到的金相组织为片状 P+块状 F,部分齿轮的晶粒局部达到 3~4 级<sup>[7]</sup>。晶粒尺寸粗大时,它的转变产物如马氏体、残留奥氏体以及非马氏体组织相应也要粗化<sup>[2]</sup>。因此可以判定部分齿轮的锻坯余热退火组织不良是导致马氏体组织粗大超标的主要原因<sup>[7]</sup>。文献<sup>[1,2,8,9]</sup>指出,再加热淬火是工件在渗碳、扩散处理后,在炉中降到工艺要求的温度,然后置于空气中或适当的气氛中冷却至室温后再加热并进行淬火。再加热淬火的主要目的在于通过再加热调节那些影响晶粒、残留奥氏体和碳化物等材料强度的主要因素,使工件获得良好的机械性能。资料<sup>[5]</sup>认为,再加热淬火的工艺比渗碳后降温直接淬火能细化晶粒,改善心部和渗层组织,提高零件的机械性能。表 9 为采用 4320 钢试样进行渗碳后直接淬火与二次加热淬火的晶粒度、弯曲疲劳强度对比情况<sup>[1]</sup>。

表 9 渗碳后直接淬火与二次加热淬火的晶粒度、弯曲疲劳强度对比  
Table 9 The comparison of the grain size and bending fatigue strength for the parts treated by direct quenching and second heating

试样说明	quenching after carburizing		弯曲疲劳强度 / MPa	渗碳层深度 / mm
	原始奥氏体晶粒度	原始奥氏体晶粒平均直径 / $\mu\text{m}$		
渗碳后直接淬火	8.9	17	1100	0.84
渗碳空冷后二次淬火	9.7	12	1380	0.81

表 10 与表 11 分别为某齿轮厂采用单排中冷渗

碳炉生产经余热退火的行星与半轴齿轮的渗碳工艺<sup>[7]</sup>与检验结果<sup>[7]</sup>,其材料为 20CrMnTiH。产品技术要求为渗碳淬火有效硬化层深度 1.0~1.3 mm;碳化物 1~5 级,马氏体、残留奥氏体 1~5 级;齿轮表面与心部硬度分别为 58~63 HRC 和 30~40 HRC。检验按 QC/T262—1999《汽车渗碳齿轮金相检验》标准规定执行。材料晶粒度的检测按 GB6394—1986《金属平均晶粒度测定法》标准执行。

表 10 20CrMnTiH 钢渗碳工艺

Table 10 Carbueizing process of 20CrMnTiH steel

工艺项目	1 区	2 区	3 区	4 区	中冷(水	再加热	再加热
	加热	透烧	渗碳	扩散	套冷却)	(1 区)	(2 区)
温度/℃	870	900	930	920	550	850	830
碳势/%	—	0.90	1.00	0.85	—	—	0.85
甲醇/ml·min <sup>-1</sup>	—	30	30	40	0	30	—
丙酮/ml·min <sup>-1</sup>	0	10	6	0	0	0~3	—
推料周期/min	35						

表 11 20CrMnTiH 钢检验结果  
Table 11 Test results of 20CrMnTiH steel

炉次	晶粒度/级中冷炉处理前(后)	金相组织/级			硬度/HRC		效硬化层深度/mm
		碳化物	马氏体	残留奥氏体	表面	心部	
1	5 (6)	1	3	3	60	35	1.2
2	4 (5)	1	4	3	60	36	1.1
3	4 (5)	1	3	3	61	35	1.2
4	5(6)	1	3	2	60	36	1.3
5	3 (5)	1	4	4	59	34	1.1

从表 11 可看出,工件通过中冷渗碳炉渗碳后,在红热状态下进入中冷室,通过室壳外的冷却水套进行冷却,最后进入再加热炉进行加热淬火,使工件获得了细化的晶粒度和显微组织,使工件不良的预处理组织得到了改善。

4 镍钢工件的应用

重载齿轮材料要求具有高强度、高淬透性及良好的抗过载能力,大模数重载齿轮材料利用 Ni、Mo 合金元素强化晶界的作用,以及 Ni 在任何组织状态下提高合金韧性的特点,增加齿轮渗碳层及心部韧性,从而提高齿轮的抗过载能力<sup>[10]</sup>。目前应用的材料为 20CrNiMo、20CrNi<sub>2</sub>Mo、20CrNi3 等,采用含 Ni 量较高的材料进行渗碳淬火时,直接淬火后由于奥氏

体稳定化,残留奥氏体含量较多<sup>[11]</sup>,处理不当容易出现不合格组织。采用渗碳后二次加热淬火工艺可以减少渗碳层组织中的残留奥氏体含量<sup>[1]</sup>。

4.1 20CrNi2Mo 钢件的应用

表 12 与表 13 分别为某汽车厂采用中冷双排渗碳炉处理 20CrNi<sub>2</sub>Mo 试样(160 mm×50 mm×16 mm)工艺参数<sup>[8]</sup>与检验结果<sup>[8]</sup>。

表 12 20CrNi<sub>2</sub>Mo 钢工艺参数

Table 12 Process parameters of 20CrNi<sub>2</sub>Mo steel

加热区段	1 区	2 区	3 区	4 区	5 区	中冷	再加	回火
	加热	透烧	渗碳	扩散	扩散	(N <sub>2</sub> 冷却)	热	
温度/℃	900	930	930	930	920	550	850	190
碳势(%)	—	1.00	1.25	1.20	1.00	0.90	0.85	—
料盘数/盘	3×2	3×2	5×2	5×2	2×2+1	5×2	5×2	11
推料周期/min	45							

表 13 20CrNi<sub>2</sub>Mo 钢检验结果  
Table 13 Test results of 20CrNi<sub>2</sub>Mo steel

晶粒度/级中冷炉处理		金相组织/级			硬度/HRC		有效硬化层深度/mm	弯曲疲劳强度/N·mm <sup>-2</sup>	
前	后	碳化物	马氏体	残留奥氏体	表面	心部		前	后
7~9	9	1	2	1~2	53~54	45	1.90	560	800

通过表 13 看出,20CrNi<sub>2</sub>Mo 试样经过渗碳、扩散后在中冷区用 99.5% N<sub>2</sub> 进行冷却,降温至 550℃后再进行二次加热,奥氏体晶粒细化后,可获得更加细小的晶粒度和显微组织,晶粒度由 7~9 级提高至 9 级,弯曲疲劳强度由 560 N/mm<sup>2</sup> 提高至 800 N/mm<sup>2</sup>,

提高弯曲疲劳强度 30%。

4.2 20CrNiMoH、20CrNi3 钢件的应用

表 14 是国内某汽车配件公司采用中冷单排渗碳炉为某车桥厂配套生产的“EQ-153”型载货汽车后桥主动圆锥齿轮的热处理工艺,材料分别为

20CrNiMoH、20CrNi3。产品技术要求为碳化物 1~5 级,马氏体、残留奥氏体 1~5 级;渗碳淬火有效硬化层深度为 1.70~2.10 mm;表面与心部硬度分别为 58~63 HRC 与 35~45 HRC。检验按 QC/T262-1999《汽车渗碳齿轮金相检验》标准执行。检验结果见表 15。

表 14 表 14 20CrNiMoH、20CrNi3 钢渗碳工艺  
Table 14 Carburizing process of 20CrNiMoH、20CrNi3 steel

工艺项目	一区	二区	三区	四区	中冷(水 套冷却)	再加热 一区	二区
温度/℃	880	900	920	910	460	850	840
碳势/%	—	0.80	0.95	0.80	—	—	0.80
甲醇/ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$	20	30	30	40	0	30	—
丙烷/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	0	10	6	0	0	0~3	—
炉内料盘数/盘	4	3	6	3	1	4	3
推料周期/min	60						

表 15 20CrNiMoH、20CrNi3 钢检验结果  
Table 15 Test results of 20CrNiMoH、20CrNi3 steel

材料	金相组织/级			硬度/HRC		有效硬化层 深度/mm
	碳化物	马氏体	残留奥氏体	表面	心部	
20CrNiMoH	1	2	3	60	40	1.80
20CrNi3	1	3	3	59	37	1.71

由于原 20CrNi3 锻坯材料的合金元素含量较高,虽经等温退火处理,带状组织偏析依然为 3~4 级。通过表 15 看出,工件通过中冷渗碳炉渗碳后,在红热状态下进入中冷室,通过室壳外冷却水套进行冷却,再进入再加热炉进行加热与淬火,获得的金相组织分别为碳化物 1 级、马氏体与残留奥氏体 3 级,合格。值得注意的是,对于 Cr-Ni、Cr-Ni-Mo 等 Ni 钢,尤其是含 Ni 较高的钢如 20CrNi3 钢等,在热处理工艺设计上应采用适当的温度、较低的碳势及较长的推料周期<sup>[10]</sup>,以获得合格的金相组织与渗碳层深度。

## 5 其它方面的应用

### 5.1 提高工件的耐磨性能、接触疲劳性能、弯曲疲劳性能及抗冲击性能

要提高工件的耐磨性能、接触疲劳性能,减少其使用中的磨损,除了根据其工作条件选择合适的润滑油外,热处理后渗碳层的金相组织最好是细马氏体上均匀分布细小颗粒状碳化物,并含有适量的残留奥氏体。二次加热淬火比渗碳后降温直接淬火的耐磨性能好,因为二次加热淬火减少了渗碳层组织中的残留奥氏体含量,并使碳化物成颗粒状均匀分

布<sup>[1]</sup>。而弥散分布的碳化物对接触疲劳性能有有利的影响<sup>[1]</sup>。可以使材料弯曲疲劳强度提高 20%<sup>[1,12]</sup>。

表 16 为某齿轮厂采用中冷渗碳炉生产的“解放”牌 9 t 载货汽车后桥主动圆锥齿轮热处理工艺,材料为 20CrMnTiH。产品技术要求为碳化物 1~5 级,马氏体、残留奥氏体 1~5 级;渗碳淬火有效硬化层深度为 1.70~2.10 mm;表面与心部硬度分别为 58~63 HRC 与 30~45 HRC。检验按 QC/T262-1999《汽车渗碳齿轮金相检验》标准执行。检验结果见表 17。图 2 为金相组织照片。

表 16 20CrMnTiH 钢件渗碳工艺  
Table 16 Carburizing process of parts made of 20CrMnTiH steel

工艺项目	一区	二区	三区	四区	中冷(水 套冷却)	再加热 一区	二区
温度/℃	890	910	930	910	500	860	850
碳势(%)	—	1.20	1.10	1.00	—	—	0.90
甲醇/ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$	20	30	30	40	0	30	—
丙烷/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	0	12	8	0	0	0~3	—
炉内料盘数/盘	4	3	6	3	1	4	3
推料周期/min	60						

表 17 20CrMnTiH 钢件检验结果

Table 17 Test results of parts made of 20CrMnTiH steel

炉次	金相组织/级			硬度/HRC		有效硬化 层深度/mm
	碳化物	马氏体	残留奥氏体	表面	心部	
1	3	2	2	62	30	1.80
2	3	2	2	63	30	1.76

为减少工件的淬火畸变,淬火油采用好富顿(中国)355 等温分级淬火油,使用温度 100~130℃。为获得细小颗粒状碳化物,在热处理工艺设计上要求渗碳时碳势适当高一些,这样工件通过中冷渗碳炉渗碳后,在红热状态下进入中冷室,通过室壳外冷却水套进行冷却,其渗碳层的表层组织沿奥氏体晶界析出细网状碳化物,在再加热炉加热淬火时,沿奥氏体晶界析出的细网状碳化物溶断并部分溶解、扩散,形成细小颗粒状碳化物,淬火后得到硬度和耐磨性能都很高的细针状马氏体+细小颗粒状碳化物,见图 2。

### 5.2 中冷炉安装温度与碳势控制系统,执行渗碳后降温直接淬火工艺

对于通  $\text{N}_2$  的中冷炉既可以作为冷却室,执行渗碳、缓冷与再加热淬火工艺,又可以安装温度与碳势控制系统,执行渗碳后降温直接淬火工艺,即作为一套普通的连续式渗碳炉使用。

表 18 渗碳后直接淬火工艺参数  
Table 18 Parameters of direct quenching process after carburizing

区段	I 加热	II 均热	III 渗碳	IV 渗碳	V 扩散	VI 扩散 (原中冷炉)	VII 再加热	VIII 回火
温度/℃	880	910	920	910	900	880	840	180
吸热气氛/m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>		4.0	11.5	6.0	6.5	9.0	3.5	
料盘数	3×2	3×2	5×2	5×2	2×2+1	5×2	5×2	11
碳势 C <sub>p</sub> (%)		(Y×0.35)	1.15	1.00	0.90	0.85	0.80	
推料周期/min					30			
淬火油温/℃					80			

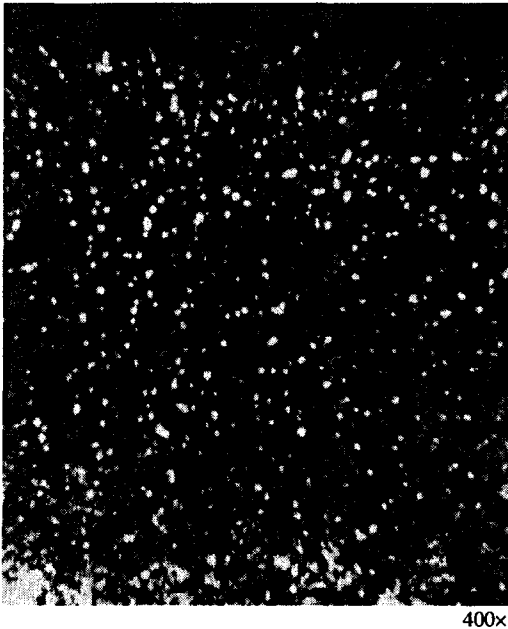


图 2 采用中冷渗碳炉处理后的金相组织  
Fig. 2 Microstructure of the parts treated by intercooled  
continous carburizing furnace

(1)表 18 为国内某汽车厂使用中冷双排渗碳炉进行渗碳后降温直接淬火的工艺参数<sup>[10]</sup>,工件材料为 17CrNiMo6H,其检验结果<sup>[10]</sup>见表 19。

表 19 渗碳后直接淬火的检验结果  
Table 19 Test results of direct quenching after carburizing

金相组织/级			效硬化层 深度/mm	心部硬 度/HRC	备注
碳化物	马氏体	残留奥氏体			
1~2	4	3	2.00	36	零件

注,在表 18 中,原中冷炉改作为渗碳炉的扩散区(VI区)使用,并执行渗碳后降温直接淬火工艺。

(2)表 20 为某汽车专用车厂采用中冷单排渗碳炉进行渗碳、缓冷与再加热淬火工艺。处理产品为“解放”牌 CA141 型载货汽车后桥减速器主动圆柱齿轮,材料为 20CrMnTiH。产品技术要求为渗碳淬火有效硬化层深度 1.2~1.6 mm;金相组织为碳化

物 1~5 级,马氏体、残留奥氏体 1~5 级;齿轮表面与心部硬度分别为 58~63 HRC 与 33~48 HRC。检验按 QC/T262—1999《汽车渗碳齿轮金相检验》标准执行。检验结果见表 21。

表 20 20CrMnTiH 钢齿轮直接淬火工艺  
Table 20 Direct quenching process of 20CrMnTiH steel gears after carburized

区段	一区	二区	三区	四区	五区	再加热	
	加热	透烧	渗碳	扩散		一区	二区
温度/℃	880	910	920	900	900	860	850
甲醇/ml·min <sup>-1</sup>	35	40	40	40	35	—	35
醋酸乙酯/ml·min <sup>-1</sup>	0	4	12	0	0	—	0~2
碳势 C <sub>p</sub> (%)	0	1.0	1.10	1.0	0.9	—	0.9
推料周期/min				35			

表 21 20CrMnTiH 钢齿轮渗碳后直接淬火检验结果  
Table 21 The test results of 20CrMnTiH steel gears  
treated by direct quenching after carburizing

金相组织/级			效硬化层 深度/mm	硬度/HRC	
碳化物	马氏体	残留奥氏体		表面	心部
2	2	2	1.51	60	33

注:在表 21 中,原中冷炉改作为渗碳炉的扩散(V区)使用,并执行渗碳后降温直接淬火工艺。

6 小结

(1)采用中冷连续式渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火,可以细化材料的晶粒度和显微组织,并提高材料的弯曲疲劳强度、抗冲击性能、接触疲劳性能及耐磨性能。

(2)采用中冷渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火,不仅可以使 20MnVB、20MnTi2B、18CrMnB 及 20CrMnMo、20Cr 等粗晶粒钢工件进行大批量渗碳淬火,简化热处理工艺,提高热处理生产效率,降低成本,而且还可以使工件获得合格的与比较细小的晶粒度和显微组织。

(3)采用中冷连续式渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火,可以使工件不良的预处理组织得到改善。

(4) 对于 Cr-Ni、Cr-Ni-Mo 等含 Ni 材料, 尤其是含 Ni 量较高材料, 常规渗碳淬火后, 因其奥氏体稳定化, 直接淬火后残留奥氏体较多, 容易出现残留奥氏体超标情况。通过中冷渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火, 并采用较低碳势、适当温度和较长周期的渗碳淬火工艺, 降低了残留奥氏体量, 使工件的金相组织达到了产品的技术要求, 因此可以实现部分含 Ni 较高工件的大批量渗碳淬火。

(5) 对于通  $N_2$  的中冷炉既可以作为冷却室, 执行渗碳、缓冷与再加热淬火工艺, 又可以安装温度与碳势控制系统, 执行渗碳后降温直接淬火工艺, 即可以作为一个普通的连续式渗碳炉使用。

(6) 采用中冷渗碳炉进行渗碳、缓冷和再加热淬火时, 为减少工件的淬火畸变, 中小型工件可以采用等温分级淬火油; 适当提高淬火油温度如 100~140℃; 适当降低工件的淬火温度。

#### 参 考 文 献

- [1] 姚贵升. 汽车金属材料应用手册[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2000: 113, 128, 136, 137, 152, 153.
- [2] 王万智等. 钢的热处理[M]. 北京: 机械工业出版社,

(上接第 67 页)

表 5 试样机械性能

Table 5 Mechanical properties of the sample

	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	延伸率(%)	$A_{K_2}/J$
上刀架	700	580	21.5	45、53、56

### 3 结论

上刀架形状复杂, 技术要求比较高, 我们采取一

1985; 33, 103-104.

- [3] 胡明霞等. 天然气+空气直生式渗碳气氛在连续渗碳炉中的应用[J]. 金属热处理, 2006, 31(5): 80-82.
- [4] 牛恩善. 连续式渗碳炉氮基可控气氛的工艺设计与调试[J]. 汽车工艺与材料, 2001, (5): 5-8.
- [5] 胡昭男等. 齿轮渗碳后正火+淬火与渗碳后淬火+淬火的工艺研究[A]. 中国齿轮专业协会. 齿轮热处理工艺及装备工作委员会. 齿轮材料与热处理工艺技术发展研讨会论文集[C]. 西安, 2005: 182.
- [6] 李泉华. 热处理技术 400 问解析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 19.
- [7] 金荣植. 汽车行星和半轴齿轮热处理工艺的改进[J]. 汽车工艺与材料, 2006(7): 23-25.
- [8] 褚东宁等. 重型车后桥主动齿轮喷丸强化工艺及设备[J]. 汽车工艺与材料, 2004(7): 60-66.
- [9] 内藤武志. 渗碳淬火实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985: 171.
- [10] 褚东宁等. 17CrNiMo6H 在重型驱动桥齿轮的应用[J]. 汽车工艺与材料, 2004(8): 24-26.
- [11] 马鸣图. 汽车用合金结构钢的现状和研究进展(二)[J]. 汽车工艺与材料, 2004(2): 8.
- [12] 成大先. 机械设计手册[M]. 第一卷. 北京: 化学工业出版社, 2002: 1-339.

系列措施, 通过正火+回火处理, 使机械性能达到了技术要求, 从而解决了调质容易变形的难题。

#### 参 考 文 献

- [1] 康大韬, 叶国斌等. 大型锻件材料及热处理. 龙门书局, 1998: 513-557.

## 2009 年中国热处理行业协会出国组团通知

为加强与国外热处理相关企业, 行业组织, 科研机构的交流与联系, 拓宽我国热处理设备的销售渠道, 学习国外热处理同行在热处理环保方面取得的成功经验, 中国热处理行业协会于 2009 年按下表时间顺序组团。您如有意参加, 请按联系方式和中国热处理行业协会取得联系, 索取各团组详细通知。

内容	时间	国家
第 19 届亚洲金属加工展览会	3 月	新加坡
热处理节能减排技术装备及管理方法	5 月	英国
第四届工业炉、热加工技术设备及材料展览会	7 月	日本
盐浴炉节能减排问题专题考察	10 月	意大利 西班牙

联系方式: 中国热处理行业协会

地 址: 北京朝阳区小营路 9 号亚运豪庭 C 座 9C  
(100101)

电 话: 010-64937312 转 202, 62914108

传 真: 010-62924532 62914108

联 系 人: 崔敬丽 葛京晶

E-mail: cjlchta@tom.com ht.event@126.com