

VKNQ 真空高压气淬炉工艺性能概述

盐城丰东热处理有限公司 (大丰 224100) 沈 理

VKNQ 系列真空高压气体淬火炉为德国 ALD 真空工业股份公司设计产品, 是一种非常成熟和完善的真空热处理设备, 其出色的性能和独特的设计提供了广泛的适用范围, 可用于高压气淬、真空回火、退火、高温钎焊和烧结处理, 适用于各种模具、工具、及其他精密零件的热处理。VKNQ 真空高压气淬炉是真空热处理领域内先进热处理加工设备的代表。

在 2002 年, ALD 公司授权盐城丰东热处理有限公司在国内进行 VKNQ 系列真空炉的组装, 下面就 VKNQ 真空炉的工艺性能做进一步的叙述。

1 热处理变形量

热处理过程中的变形是不可避免的, 但高性能的热处理设备可将形变量减小到最低程度。两种主要的热处理变形是热变形和组织转变变形(淬火变形)。采用真空高压气淬炉可最大限度地发挥工艺控制变形量的能力, 其最大的优点是可控升温 and 可控淬火, 而且采用气体介质冷却也是热处理工艺的一大变革。

图 1, 为一带有阶梯孔的工件, 材料为 H13。经

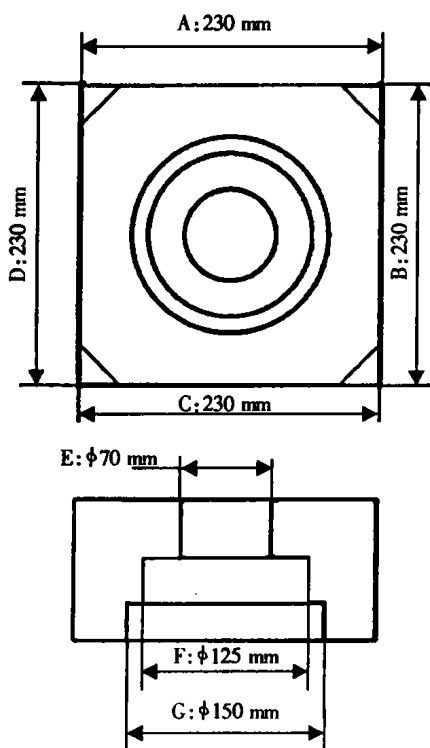


图 1 工件

盐浴及高压气淬处理后之形变量测量统计如下, 见图 2。

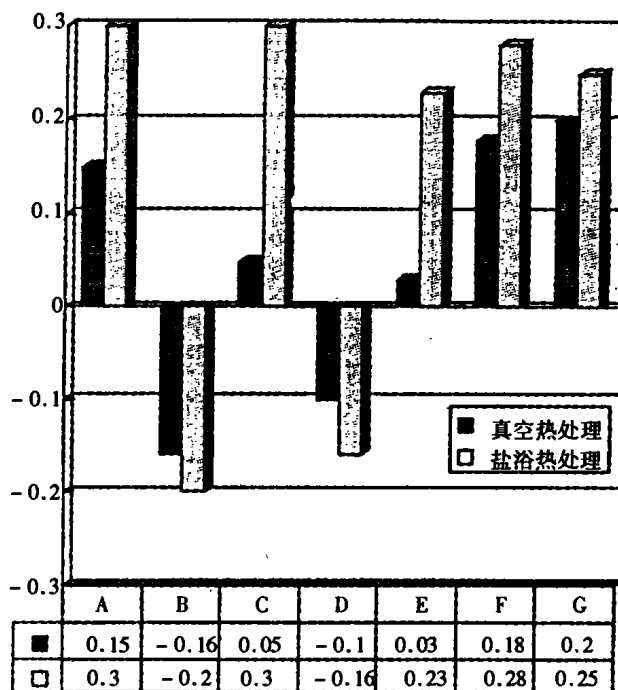


图 2 变形量测量统计

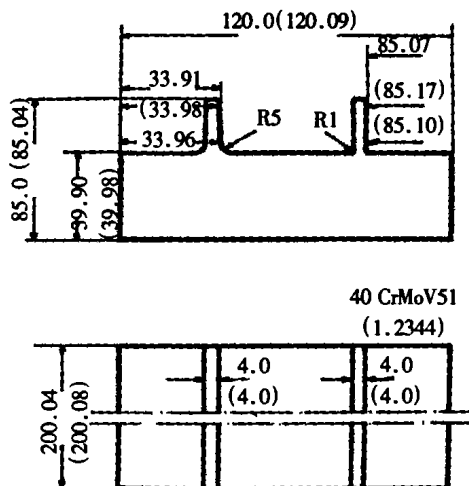


图 3 典型结构之测试模具, 括号内尺寸为气淬后尺寸(单位: mm)

图 3 是典型结构的工件采用 VKNQ 淬火处理后的变形量测试。

对于 VKNQ 真空炉在设计上从以下几个方面来保障最小的形变量

1.1 高的气冷均匀性

由于在设计上采用了定时换向冷却的特殊气冷方式(图4),故 VKNQ 具有非常好的冷却均匀性。

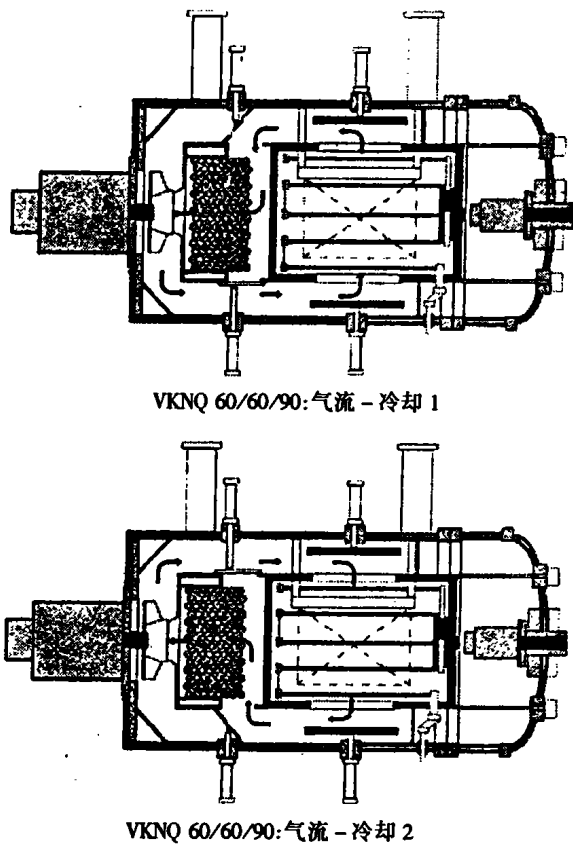


图4 VKNQ 真空炉定时换向冷却方式

定时换向冷却即在冷却时可实现周期性改变气体循环方向,一般气流换向周期设定为 30 s。当然也可对两种方向相反的气流循环周期设定不同的时间,这样就可能对不对称的模具及同炉中处理的不同尺寸模具实现均匀冷却。

图5为一不对称工件采用单向冷却和采用周期不同的定时换向冷却的温度变化过程示意图。

1.2 可实现等温淬火

等温淬火是一种特殊的淬火冷却方式,即淬火时先将模具冷却到马氏体转变温度(M_s)以上的某个温度段,均温后再冷却到 M_s 点以下。等温淬火对于大尺寸的模具是非常适用的,可以有效地降低淬火过程中的热应力和组织应力,从而为减小大模具热处理变形提供了一种非常好的工艺途径。

图6为等温淬火过程中温度变化过程示意图。

1.3 可控升温过程

VKNQ 真空炉通过三根热电偶来控制升温过程。它们分别为工作区热电偶,工件表面热电偶,工件心部热电偶。在不同阶段可根据需要分别选用不同的热电偶作为控制热电偶。

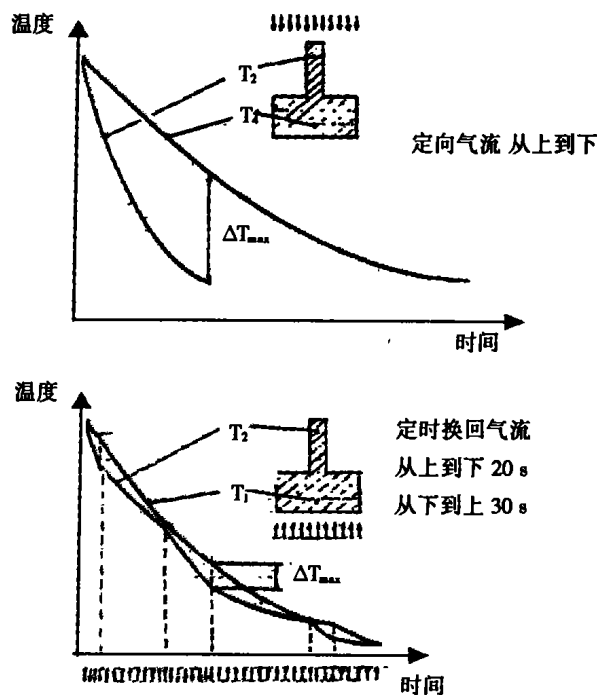
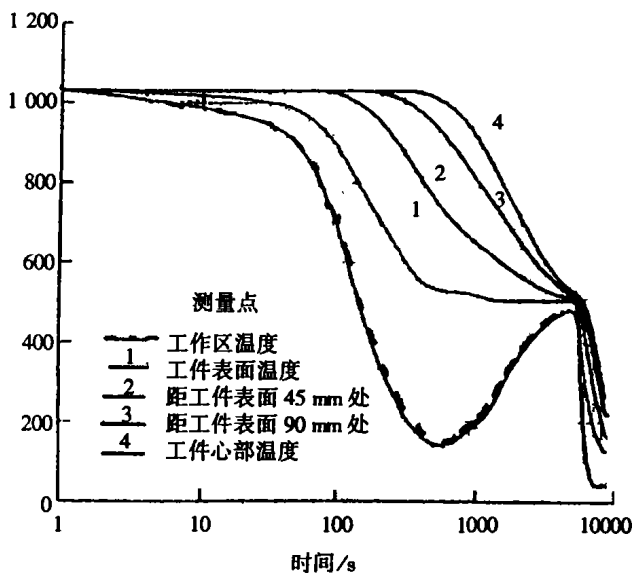


图5 工件采用不同冷却方式后温度变化过程



冷作模具钢(D2) 装载量 360 kg 工件尺寸 $\phi 360$ mm 高 400 mm
 淬火温度: 1 030 °C 淬火设定: 5.5 bar N_2 等温淬火温度: 500 °C

图6 VKNQ 真空炉等温淬火过程中温度变化

VKNQ 真空炉可以通过时间设定来控制升温过程,同时根据要求还可附加温差控制,即在升温时保证工件表面和心部的温差在设定值(一般为 8 °C)以内。

2 冷却性能

2.1 VKNQ 具有 1 ~ 10 bar 的淬火压力选择范围。宽的淬火压力范围保障了 VKNQ 不仅可以满足大多数高、中合金钢的处理,而且可以应用于部分低合金钢的薄壁件处理。

2.2 VKNQ 拥有优化的冷却循环结构设计,而且配

备了大功率的风扇马达(法国 JM 公司, 132 kW)以及具有特殊结构设计的热交换器(ALD 公司提供)。这样,使 VKNQ 具有在同等冷却压力条件下更为出色的冷却性能,为大尺寸及部分低淬透性工件的处理提供了保障。不同材料的气淬淬透性见表 1

表 1 部分常用工模具钢的高压气淬淬透性 mm

DIN - 钢号	材料		冷却气体			硬度/HRC
	材料序号	AISI	N ₂ 6 bar	N ₂ 10 bar	He 20 bar	
50NiCr13	2 721		80	100	120	59
X 45NiCrMo4	2 767		140	180	200	56
100MnCrW4	2 510	O1	40	60	100	64
60WCrV7	2 550	S1	40	60	100	60
90MnCrV8	2 842	O2	30	50	80	63
X 100CrMoV51	2 363	A2	160	>200	>200	63
X 210Cr12	2 080	D3	60	80	160	64
X 210CrW12	2 436		160	>200	>200	65
X 155CrVMo121	2 379	D2	160	>200	>200	63
55NiCrMoV6	2 713	L6	80	120	200	63
56NiCrMoV7	2 714		100	150	>200	57
X 38CrMoV51	2 343	H11	160	>200	>200	54
X 40CrMoV51	2 344	H13	160	>200	>200	54
X 32CrMoV33	2 365	H10	80	120	160	50
X 32CrMoCoV333	2 885	H10A	160	200	>200	54
X 42Cr13	2 083	420	60	100	120	56
X 36CrMo17	2 316		100	120	160	50
S 6-5-2	3 343	M2	100	140	200	65
S 2-10-1-8	3 247	M42	120	160	200	65
S 10-4-3-10	3 207		140	200	200	65
100 Cr 6	3 505	52 100	-	5	10	64
34 CrNiMo6	6 582	4 340	20	40	80	54
100CrMo73	3 536		-	10	30	65

注:以下数据基于 VKNQ 真空炉型,实际结果可能会因材料成分以及工件几何形状的差异而有所不同

3 硬度均匀性

高度的加热均匀性及冷却均匀性保证了处理后工件表面具有很好的硬度均匀性(图 7)。

4 加热室温度均匀性

真空炉是辐射加热,加热室的温度均匀性是真空炉非常重要的性能指标之一。VKNQ 在设计上优化了加热功率的分布,同时采用了先进的具有特殊涂层的石墨隔热材料,保证了真空炉在辐射加热时具有很好的温度均匀性。此外,VKNQ 还采用了低温对流加热方式(800 °C 以下),在很大程度上提高了低温阶段的温度均匀性。

VKNQ 九点测温数据见附表 2。

5 高的热效率

为了节省工件处理时间,降低模具处理成本,VKNQ 采用了低温对流加热技术及特殊设计的均温控制可以显著的提高生产效率。

5.1 低温对流加热

由于真空加热时,低温阶段辐射加热的热效率很低,因此,VKNQ 在低温阶段采用对流方式加热以提高热效率。低温对流加热一般在 800 °C 以下,抽真空后充入 2 bar 氮气,并有搅拌风扇以提高温度均匀性。如图 8 所示,采用真空辐射加热及对流加热所需的加热时间对比,在 540 kg 的装炉量情况下,对流加热比真空加热可节省 2 h。

5.2 均温时提高工件表面温度设定方式

均温时,若提高工件表面的温度,则可增大热传

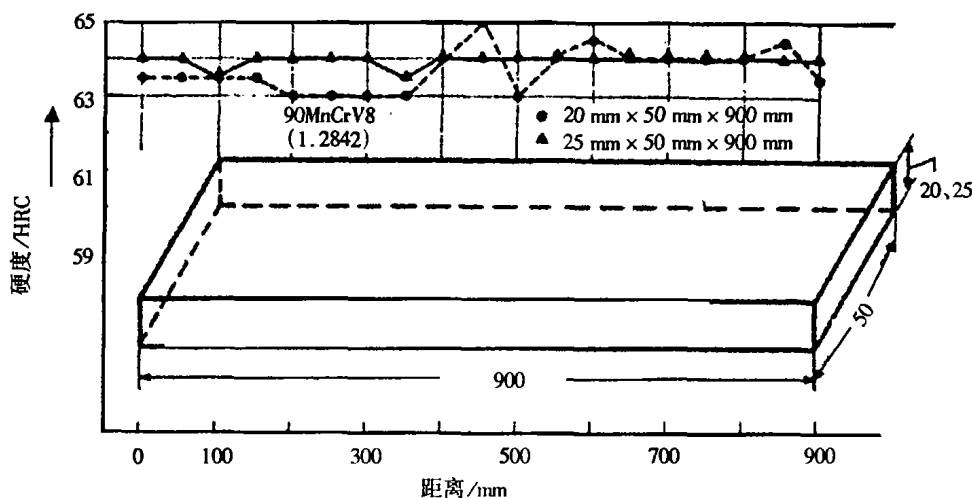


图 7 采用 VKNQ60/60/90 真空高压气淬炉淬火处理工件表面硬度

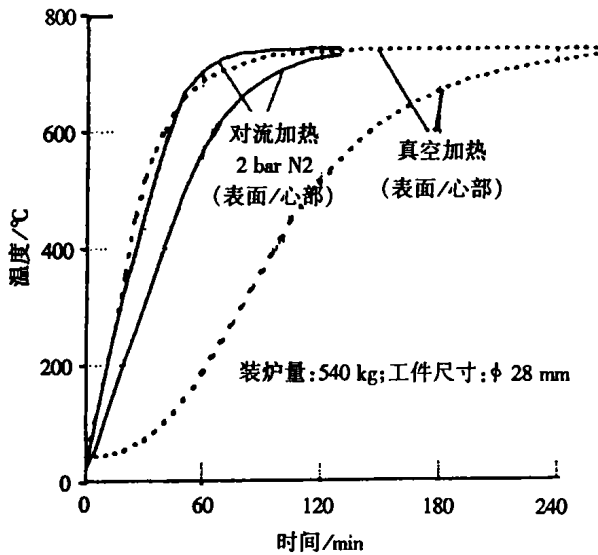


图8 真空及对流加热从室温到750 °C所需时间比较图

导速率,从而大大缩短工件心部的到温时间。VKNQ 采用了该项控制方式,在均温时使表面温度比设定温度提高 30 °C,而在心部温度快到温时,将表面温度降到设定温度。采用该控制方式,对于大尺寸的模具,可以明显缩短均温时间,对一些大模具一炉次甚至可缩短1 h。

表2 VKNQ 真空炉九点测温数据

设定温度/°C	1	2	3	4	5	6
2 bar 氮气对流						
150	149	149	149	150	149	150
350	349	348	349	349	349	350
550	551	549	550	550	550	551
750	751	750	749	750	749	751
850	852	851	848	850	849	851
真空辐射						
600	602	600	598	599	599	604
800	803	802	799	800	799	801
1 000	1 003	1 002	998	1 000	999	1 000
1 200	1 203	1 203	1 198	1 200	1 199	1 200
设定温度/°C	7	8	9	控制 T _c	温度均匀性	
2 bar 氮气对流						
150	149	150	148	147	+/- 1 k	
350	349	349	348	349	+/- 1 k	
550	549	548	547	550	+/- 2 k	
750	750	747	747	750	+/- 2.5 k	
850	849	847	846	851	+/- 3 k	
真空辐射						
600	602	600	599	600	+/- 2.5 k	
800	800	799	797	799	+/- 3 k	
1 000	1 000	998	996	1 000	+/- 3.5 k	
1 200	1 199	1 197	1 195	1 200	+/- 4 k	

(上接第11页)

时反应设备运行状态,而且实时监视设备运行,显示设备当前实时数据,例如:真空度,温度,压力,温度,等工艺曲线,操作画面直观形象、人机对话功能得以实现。

4)控制系统采用特殊的安全控制机制,使用密码权限保护功能,严格限制各类操作权限,使不具备操作资格的人员无法进行操作。当然,不同类别的操作由不同权限的人员负责,只有获得相应权限的人员,才能进行某些功能的操作,从而避免了现场操作的任意性,无序性,防止因误操作干扰系统的正常运行,造成不必要的损失。

5)采用欧陆 EUROTHERM 2704 控温仪表, PID 回路自动调节控温、参数自整定,可装入渗碳模拟工艺曲线。控温精度极高、近万分之一,可存储数条工艺曲线,数组 PID 参数。

6)可控硅加热调功器:采用低电压、大电流方式供电,采用可控硅调节,具有控制反应灵敏,控温精度高等优点。

7)系统控制柜配装专用空调,确保控制柜密封无尘、又处于恒温状态。

4 结语

易西姆工业炉(北京)有限公司在“新型卧式双室真空气冷油淬炉”系列产品的研发过程中,组织了中外相关的权威专家和用户对卧式双室真空气冷油淬炉这一新型产品的各项技术指标和性能进行了全面测试,测试结果优于表 1,目前已有此系列产品应用于中国航空工业领域。事实证明此系列产品技术先进、装炉量大,效率高,运行平稳,质量可靠、特点鲜明,尤其是对要处理的大型工件、及大装炉量而言可实现快速加热和快速冷却,长时间运行可靠性极高,它不仅缩短工件热处理生产周期,而且降低了成本,对零件热处理质量的提高产生了一个飞跃。我们相信:这一新型系列产品的出现,必将引起国内相关企业和学术界的关注,使这新型产品在中国工业制造业中发挥更大的作用。