

高温合金热处理

1 主题内容与适用范围

本标准规定了高温合金的热处理设备,工艺、工艺材料,工艺过程的控制及质量检验等。  
本标准适用于常用高温合金的热处理。专用技术文件或订货合同另有规定者除外。

2 引用标准

- GBn 175 高温合金牌号
- GB 228 金属拉伸试验法
- GB 230 金属洛氏硬度试验方法
- GB 231 金属布氏硬度试验方法
- GB 6395 金属高温拉伸持久试验方法
- GB 7232 金属热处理工艺术语
- GB 9452 热处理炉有效加热区测定方法
- GB 10066.1 电热设备的试验方法 通用部分
- GB 10067.1 电热设备基本技术条件 第一部分 通用部分
- GB 10067.4 电热设备基本技术条件 第四部分 间接电阻炉

3 常用高温合金及热处理规范

- 3.1 常用高温合金牌号及化学成分按 GBn 175 规定。
- 3.2 常用铁基变形高温合金热处理规范按表 1 规定。

表 1 常用铁基变形高温合金热处理规范

序号	合金牌号	工序名称	热 处 理 工 艺			备 注
			加热温度, C	保温时间	冷却方式	
1	GH1015	中间退火	1 080	板材 5~15min, 锻件约 1min/mm	空冷或水冷	板材厚度 ≤ 3mm 5~12min
		固溶处理	1 150		空冷或水冷	
2	GH1016	中间退火	1 080	板材 5~15min, 锻件 1.4min/mm	空冷或水冷	板材厚度 3~5mm 12~15min
		固溶处理	1 160		空冷或水冷	
3	GH1035	中间退火	1 060~1 100	板材 1.2~2min/mm, 棒材 1~1.5h	空冷	
		固溶处理	1 120~1 150			

续表 1

序号	合金牌号	工序名称	热 处 理 工 艺			备 注
			加热温度,℃	保温时间	冷却方式	
4	GH1040	固溶处理	1 200	1h	空冷	
		时效	700	16h	空冷	
5	GH1131	中间退火	1 000	同 GH1016	空冷	
		固溶处理	1 150			
6	GH1140	中间退火	1 050	板材 5~20min	空冷或水冷	综合性能好 热强性高
		固溶处理	1 080		空冷	
			1 150	锻件 1~2h	空冷	
7	GH2018	退火或固溶	1 120~1 150	8~12min	空冷	适用于板材零件
		时效	800	16h	空冷	
8	GH2036	固溶处理	1 140	80min	流动水冷	大型锻件保温 3h
		时效	660	16h	继续升温至	
			770~800	16h	空冷	
9	GH2038	固溶处理	1 140	2h	流动水冷	
		时效	780	16~25h	空冷	
10	GH2130	一次固溶	1 180	1.5h	空冷	
		二次固溶	1 050	4h	空冷	
		时效	800	16~20h	空冷	
11	GH2132	退火或固溶	980	板材 8min/mm, 棒材 1h/25mm, 锻件 1~2h	厚度<2.2mm 空冷,其余油冷	冷、热成形和 焊接后需固溶
		时效	720	16h	空冷	适用于各类锻件
		时效	600~650	16h	空冷	适用于冷作材料
12	GH2135	固溶处理	1 140	8h	空冷	适用于各类锻件
		一次时效	830	8h	空冷	
		二次时效	700	16h	空冷	
		固溶处理	1 080	8h	空冷	适用于棒材 制造的零件
		一次时效	830	8h	空冷	
		二次时效	700	16h	空冷	
13	GH2302	一次固溶	1 180	2h	空冷	适用于棒材 制造的零件
		二次固溶	1 050	4h	空冷	
		时效	800	16h	空冷	
		固溶处理	1 120	5~25min	空冷	适用于板材零件
		时效	800	16h	空冷	

续表 1

序号	合金牌号	工序名称	热处理工艺			备注
			加热温度, °C	保温时间	冷却方式	
14	GH761	固溶处理	1 120	2h	水冷	适用于大型锻件
		一次时效	850	4h	空冷	
		二次时效	750	24h	空冷	
		固溶处理	1 090	2h	水冷	用于其他锻件
		一次时效	850	4h	空冷	
		二次时效	750	24h	空冷	
15	GH901	退火或固溶	1 090	2h	水或油冷	按硬度要求选择 二次时效温度
		一次时效	780	4h	空冷	
		二次时效	700~730	24h	空冷	
16	GH903	固溶处理	845	1h	空冷	
		一次时效	720	8h	以 55 C /h 炉冷 至 620 C	
		二次时效	620	8h	空冷	

## 3.3 常用镍基变形高温合金热处理规范按表 2 规定。

表 2 镍基变形高温合金热处理规范

序号	合金牌号	工序名称	热处理工艺			备注
			加热温度, °C	保温时间	冷却方式	
1	GH3030	退火或固溶	1 000	8~16min	空冷	综合性能好
		固溶处理	1 150	8~16min	空冷	热强性高
2	GH3039	中间退火	1 050	8~16min	空冷或水冷	综合性能好 热强性高
		固溶处理	1 080	8~16min	空冷	
			1 170	8~16min	空冷	
3	GH3044	中间退火	1 140	板材 8~16min	空冷	综合性能好 热强性高
		固溶处理	1 150		空冷	
			1 200	棒材 2.5h	空冷	
4	GH3128	中间退火	1 100	板材 8~16min	空冷	综合性能好 热强性高
		固溶处理	1 160		空冷	
			1 200	锻材 1.5h	空冷	
5	GH4032	固溶处理	1 080	8h	空冷	
		时效	700	16h	空冷	
6	GH4033	固溶处理	1 080	8h	空冷	适用于棒材 适用于锻件
		时效	700	16h	空冷	
			750	16h	空冷	

续表 2

序号	合金牌号	工序名称	热 处 理 工 艺			备 注
			加热温度, °C	保温时间	冷却方式	
7	GH4037	一次固溶	1 180	2h	分散空冷	
		二次固溶	1 050	4h	空冷或缓冷	
		时效	800	16h	空冷	
8	GH4043	一次固溶	1 170	5h	空冷	
		二次固溶	1 070	8h	空冷	
		时效	800	16h	空冷	
9	GH4049	一次固溶	1 200	2h	分散空冷	
		二次固溶	1 050	4h	分散空冷	
		时效	850	8h	空冷	
10	GH4133 GH4133B	固溶处理	1 080	8h	空冷	适用于 750°C 以下工作的各种锻件
		时效	750	16h	空冷	
11	GH4169	中间退火	1 010	20~45min	快速空冷	用于恢复塑性
		固溶处理	950~980	1h	油冷、空冷或水冷	
		一次时效	720	8h	40~55°C/h 炉冷至 620°C	
		二次时效	620	8h	空冷	
12	GH4099	中间退火	1 100	15~20min	空冷或水冷	大型板材结构件可在固溶处理后不经时效直接使用
		固溶处理	1 140	10~20min	空冷	
		时效	900	4h	空冷	
13	GH4698	一次固溶	1 120	8h	空冷	
		二次固溶	1 000	4h	空冷	
		时效	775	16h	空冷	

3.4 铸造高温合金热处理规范按表 3 规定。

表 3 铸造高温合金热处理规范

序号	合金牌号	工序名称	热 处 理 工 艺			备 注
			加热温度,℃	保温时间	冷却方式	
1	K211	时效	900	5h	空冷	
2	K214	固溶处理	1 100	5h	空冷	
3	K401	固溶处理	1 120	10h	空冷	
4	K403	固溶处理	1 210	4h	空冷	
5	K406	时效	980	5h	空冷	或铸态使用
6	K409	固溶处理	1 080	4h	空冷	或铸态使用
		时效	980	10h	空冷	
7	K412	固溶处理	1 150	7h	空冷	
8	K418	固溶处理	1 170	2h	空冷	
		时效	930	16h	空冷	

#### 4 设备与工艺材料

##### 4.1 加热设备

4.1.1 高温合金热处理加热应采用间接电阻炉,常用炉型有空气电炉、保护气氛炉、真空炉等。其技术条件应符合 GB 10067.1 和 GB 10067.4 规定。

4.1.2 热处理炉的有效加热区的炉温均匀性应不超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ,有效加热区的测定和管理应该符合 GB 9452 的规定。

4.1.3 加热炉的每个加热区都应配备自动控制、记录和报警的温度仪表。温度仪表的精度等级应高于 0.5 级。

4.1.4 真空炉的真空度在高于 0.13Pa 的状态下,压升率应小于 0.67Pa/h,测定方法按 GB 10066.1 中 7.1.11.3 条规定进行。

4.1.5 高温合金热处理保护气氛主要用氩气。加热温度不超过 1 000 $^{\circ}\text{C}$ 时,也可以用放热式气氛或氮基气氛,还可以采用涂料保护。禁止使用还原性气氛。

##### 4.2 冷却设备

###### 4.2.1 淬火槽

4.2.1.1 淬火槽应有足够的容积和循环搅拌系统,必要时配备冷却或加热装置。不用压缩空气搅拌。

4.2.1.2 淬火槽应安装测温装置,测温仪表的分辨力应不大于 5 $^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.1.3 淬火槽与加热炉的相对位置,应满足有关工艺文件对淬火转移时间的要求。

###### 4.2.2 冷却介质

4.2.2.1 常用冷却介质有空气、氩气、油、水、有机聚合物水溶液等。

4.2.2.2 淬火油使用温度一般为 20~100 $^{\circ}\text{C}$ ,淬火用水使用温度为 10~40 $^{\circ}\text{C}$ 。

4.2.2.3 对于要求在空气中快冷的工件,应配备风冷设施;对于要求在空气中缓冷的工件,应准备专用缓冷装置。

#### 5 工艺过程控制

##### 5.1 装炉

5.1.1 工件入炉前,表面应进行清洗除油、除污;对于加工余量小于 0.3mm 或无加工余量的工件,表面应保持干燥洁净,入炉前应无指纹、标志液、水及其他污染。

- 5.1.2 热处理夹具接触工件的部分应具有与热处理工件相同的清洁程度。
- 5.1.3 工件的摆放应能使炉气在其内外表面流动畅通、加热均匀。
- 5.1.4 装炉量要适当,使工件能在工艺规程规定的时间内回复到工艺规定的温度。
- 5.1.5 工件应定位或放在专用夹具上,避免或减少工件在热处理过程中变形。
- 5.1.6 盛放工件的料盘、料筐或夹具在炉内放置位置要合适,使全部工件都处于炉子有效加热区内。
- 5.2 加热
  - 5.2.1 对于尺寸较大、形状复杂的工件,固溶处理加热时应采用预热或分段加热。预热加热温度一般为800~850℃;固溶处理温度在1 000℃以上,一般采用两段或两段以上的分段加热。
  - 5.2.2 对于有预热或分段加热的热处理,工件应在预热温度以下入炉;无预热或无分段加热时,工件应在炉子到达工艺温度后入炉。
  - 5.2.3 工件装炉后,按规定的热处理规范加热,控温精度为+10℃。
- 5.3 保温时间
  - 5.3.1 当炉内所有热电偶指示温度都达到热处理工艺规定的温度下限时,开始计算保温时间。
  - 5.3.2 保温时间应根据工件最大有效厚度选择。热处理过程的保温时间参照表1~表3。
- 5.4 冷却
  - 5.4.1 根据合金性能要求、工件形状和尺寸,可选择空冷、油冷、水冷、炉冷等。
  - 5.4.2 对需焊接或冷成形的材料,应快速冷却。
- 5.5 清理
  - 5.5.1 热处理后,工件可用碱洗、酸洗、喷砂、喷丸或机加工等方法除去氧化皮。
  - 5.5.2 在进行多次加热时,可在最后一次加热后清除氧化皮。
- 6 检验
  - 6.1 根据图样、工艺规程及有关技术文件要求,检验工件的热处理质量。
  - 6.2 硬度检验按GB 230、GB 231规定进行。
  - 6.3 力学性能检验按GB 228、GB 6395规定进行。

**附加说明:**

本标准由全国热处理标准化技术委员会提出并归口。

本标准由北京航空材料研究所负责起草。

本标准主要起草人臧兰英。