

# DA 工艺 GH169 合金盘件组织性能的探讨

抚顺钢厂 张志伟 金瑾秀 张玉春 祁颖

本文研究了水压机锻造的 DAGH169 合金压气机盘加热温度及变形量对晶粒度、 $\delta$  相析出量及性能的影响。

## The Microstructure and Property of Directed Aged GH169 Alloy

Zhang Zhiwei Jin Jinxiu Zhang Yuchun Qi Ying  
(Fushun Steel Factory)

The influence of heating temperature and deformation rate on the grainsize, amount of  $\delta$ -phase separation and properties of DAGH169 alloy compressor disk, forged by hydraulic press, was investigated.

### 1 试验方法

力学性能试验结果见表 2。

#### 1.1 试验用料

试验用料采用真空感应炉熔炼加真空自耗重熔的  $\phi 406\text{mm}$  锭, 经  $1160^\circ\text{C}$  及  $1190^\circ\text{C}$  两阶段均匀化退火, 再锻造开坯成压气机盘坯料, 分别进行 DA 工艺墩并试验及 DA 工艺模段盘试验, 再按  $720^\circ\text{C} \times 8\text{h}$  炉冷  $50^\circ\text{C}/\text{h} + 620^\circ\text{C} \times 8\text{h}$  空冷时效处理后做性能试验。

#### 1.2 试验方案 (见表 1)。

表 1 试验方案

编号	试验用料	$T_{\text{加}} (^\circ\text{C})$	$\epsilon (\%)$
1	0H210001	970	45
2	0H210004	970	45
3	0H210001-1-3	1000	70
4	0H210001-1-2	1000	45

### 2 试验结果

表 2 力学性能试验结果

编号	20 $^\circ\text{C}$ 拉伸				500 $^\circ\text{C}$ 拉伸				650 $^\circ\text{C}$ 拉伸				$\tau$ , 650 $^\circ\text{C}$ , 690MPa			$\tau$ , 650 $^\circ\text{C}$ , 725MPa		
	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta$	$\psi$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta$	$\psi$	$\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta$	$\psi$	$\tau_{\text{光}}$	$\delta$	$\tau_{\text{缺}}$	$\tau_{\text{光}}$	$\delta$	$\tau_{\text{缺}}$
	(MPa)	(MPa)	%	%	(MPa)	(MPa)	%	%	(MPa)	(MPa)	%	%	(h)	%	(h)	(h)	%	(h)
1	1290	1490	20.0	36.0	1149	1361	18.0	35.7	1089	1207	33.2	45.2	18: 40	33.8	50: 00			
	1290	1500	21.2	42.0	1178	1350	18.0	32.5	1093	1207	32.0	56.4	21: 15	20.8	188: 50			
2	1370	1540	16.0	26.0	1190	1350	20.4	36.0	1090	1230	24.0	35.3	20: 45	23.4	77: 45			
	1370	1540	16.8	29.4	1215	1350	16.0	36.0	1145	1230	23.2	36.3	25: 16	27.0	105: 30			
3	1280	1500	24.0	39.0	1180	1370	20.0	36.0	1080	1230	19.0	26.0	163: 40	12.0	256: 00	96: 40	12	500
	1360	1540	16.0	33.0	1165	1350	22.0	37.0	1070	1230	19.0	27.0	>165		>384	156: 20		
4	1320	1530	23.0	42.0	1045	1240	26.0	42.0	1110	1250	20.0	26.0	128: 40	16.0	>384	38: 40	27.2	345: 30
	1310	1450	24.0	45.0	1120	1310	26.0	45.0	1060	1200	18.0	20.0	>165		>384	86: 40	25.6	

### 3 分析讨论

### 3.1 加热温度对晶粒度、 $\delta$ 相及性能的影响

#### (1) 加热温度对晶粒度的影响

从方案1与方案3和4的各部位晶粒度(参见图1、图3和图4)比较可以排列出,方案1的晶粒度最细,基本上为9~10级晶粒,方案3的晶粒度次之,方案4的晶粒度最大。这可以说明,变形量相同的情况下,加热温度高,晶粒度就比较大,即使是采用大变形量(70%)也抵消不掉温度的影响,也就是说影响DA盘晶粒度的

关键因素是温度。

#### (2) 加热温度对 $\delta$ 相析出量的影响

从方案1和方案2采用了低温加热(970℃),其终锻温度相对比较低,晶内晶界都析出了大量的 $\delta$ 相(参见图2),而方案3和方案4采用了中温加热(1000℃),其终锻温度相对比较高,虽然晶内晶界都析出了一定量的 $\delta$ 相(参见图5),但相对要少很多。简言之,终锻温度高, $\delta$ 相析出量就少。

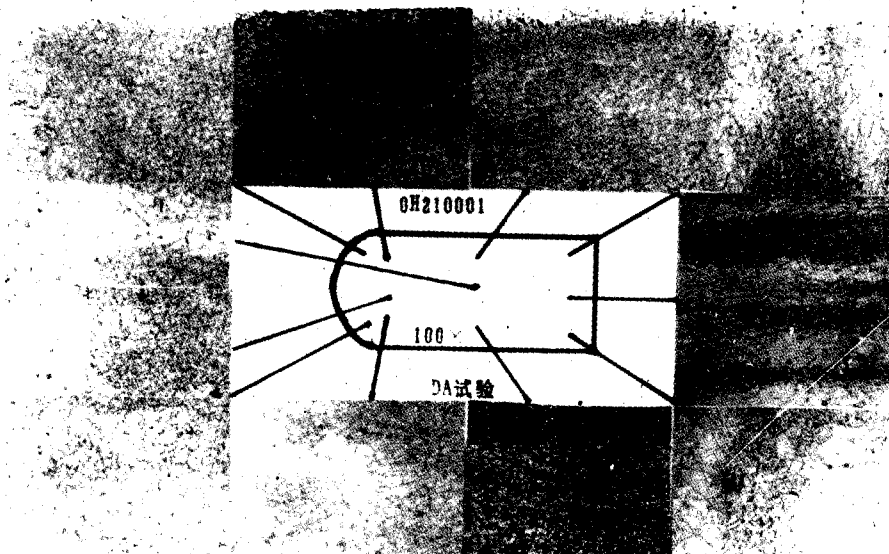


图1 方案1各部位的晶粒度

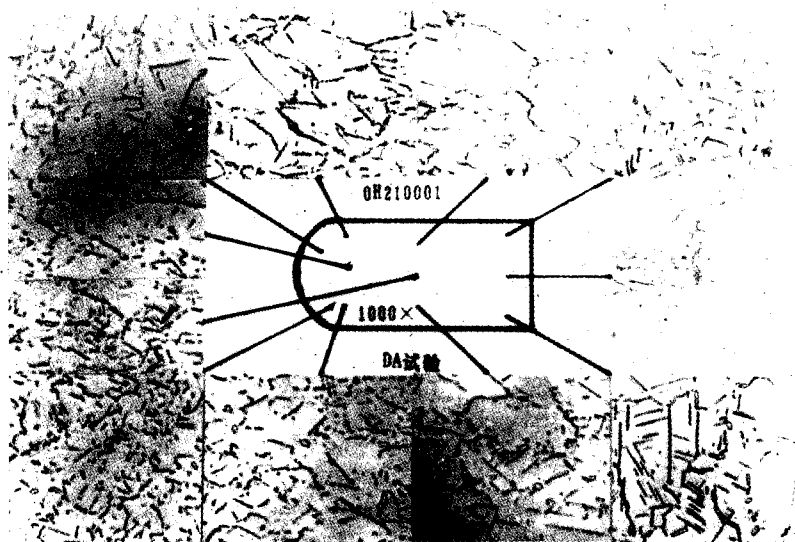


图2 方案1各部位的 $\delta$ 相

#### (3) 加热温度对性能的影响

#### 1) 对拉伸性能的影响

方案1和方案4的拉伸所有数据(见表2及图7),均达到DA盘标准要求,两者相比较可以看出,在相同的变形量( $\epsilon=45\%$ )条件下,1000℃加热与970℃加热相比较,1000℃的 $\sigma_{0.2}$ 和 $\sigma_b$ 在低温段(20℃至500℃)较低而 $\delta$ 、 $\psi$ 较高,这与所看到的晶粒度状况也是相符的,即1000℃的晶粒度较大因而强度低塑性高,而至650℃其强度和塑性数据已非常接近,表明此温度已接近等强温度,晶粒度对性能的影响变得不敏感。

## 2) 对持久性能的影响

比较方案1和方案4,变形量相同,方案4的光滑持久寿命比方案1高6倍,缺口持久也高出4倍。而方案1的光滑持久寿命没有达到标准要求,分析其原因,从图2和图5不难看出,970℃加热,终锻温度过低, $\delta$ 相析出量太多,致使光滑及缺口持久寿命低,这也表明, $\delta$ 相的析出量对持久寿命的影响是很大的。

## 3.2 变形量对晶粒度及性能的影响

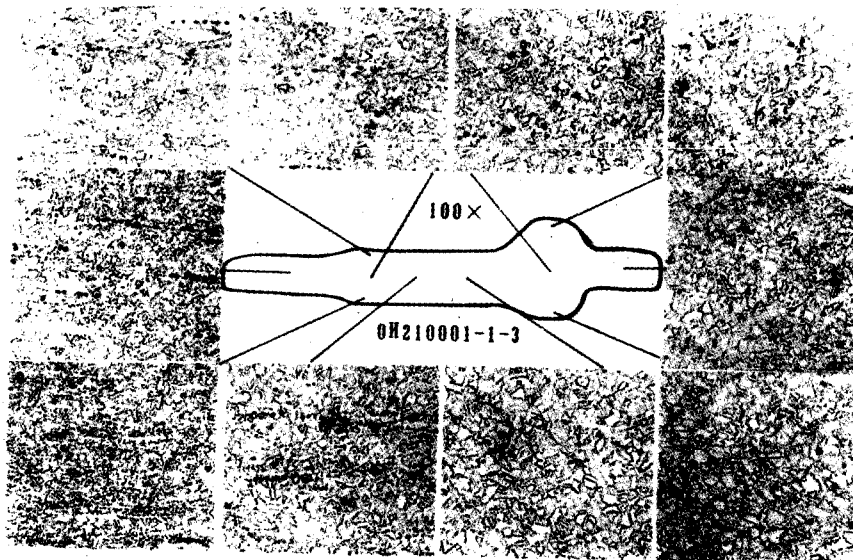


图3 方案3各部位的晶粒度

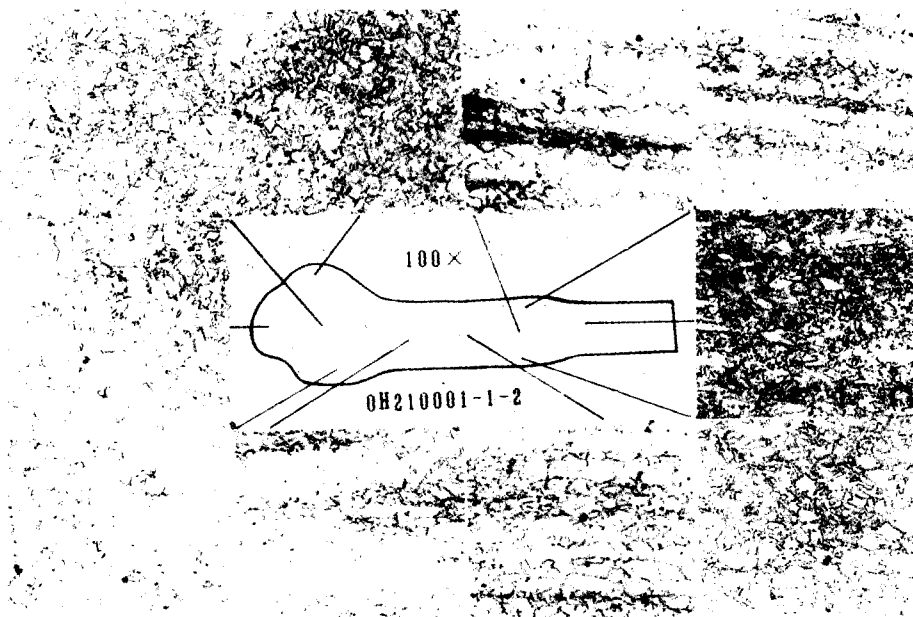


图4 方案4各部位的晶粒度

### (1) 变形量对晶粒度的影响

比较方案3和方案4,其加热温度都是1000℃,但

其晶粒度却不同(参见图3和图4),变形量由45%加大到70%,更有利于组织破碎、细化晶粒。

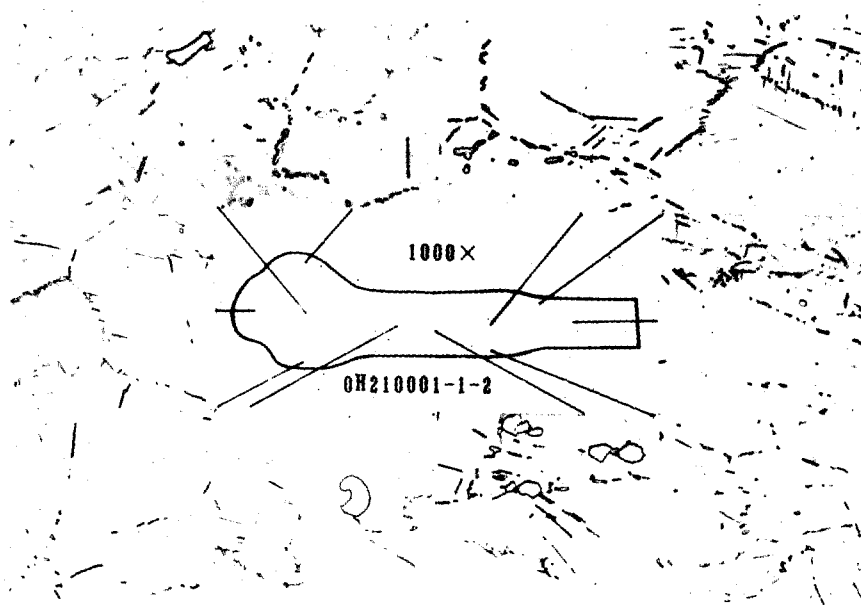


图5 方案4 各部位的 $\delta$ 相

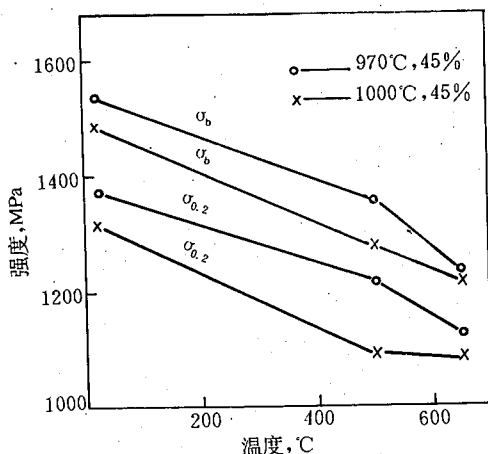


图6 不同变形量的拉伸强度

#### (2) 变形量对性能的影响

对拉伸性能来说, 变形量45%与变形量70%两个方案在强度上, 大变形量 $\sigma_{0.2}$ 和 $\sigma_b$ 在低温段(20°C~500°C)较高, 而塑性指标 $\delta$ 、 $\psi$ 较低, 而至650°C时其拉伸指标都非常接近(参见图6和表3)。说明变形量大有利于细化晶粒, 提高强度。

综合以上试验情况可以看出, 低温加热的强度虽然达到或接近美国DA盘水平, 但其光滑持久寿命很低; 1000°C加热70%变形量的所有性能指标都合格, 而且持久寿命及抗拉强度也很好, 相当于美国DA盘水平,

但屈服强度与美国DA盘比还显得低。因此还需要在组织上细化晶粒、减少 $\delta$ 相析出量, 在工艺上采用低温加热、大变形量、高温终锻。

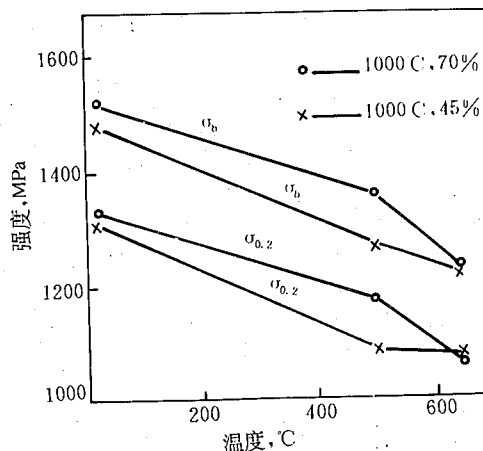


图7 不同加热温度的拉伸强度

#### 4 结论

(1) 低温加热、大变形量、高温终锻是获得理想的DA盘的技术关键。

(2) 采用1000°C加热, 70%的变形量可以获得综合性能较好的DA盘。

(3) 在我国现有条件下, 采用水压机模锻工艺能够获得组织性能良好的DA盘形锻件。