

GH30高温镍基合金的锻造 “安装边”锻件最小余量的修正

王建民

季松茂

中国人民解放军7424工厂

上海吴淞锻造厂

安装边是援外设备 W₁—13 加力燃室上的一个重要零件, 如图 1 所示, 因生产数量很少, 考虑经济效益等各种因素, 在保证质量的前提下, 采用自由锻造工艺进行生产, 提供毛坯。

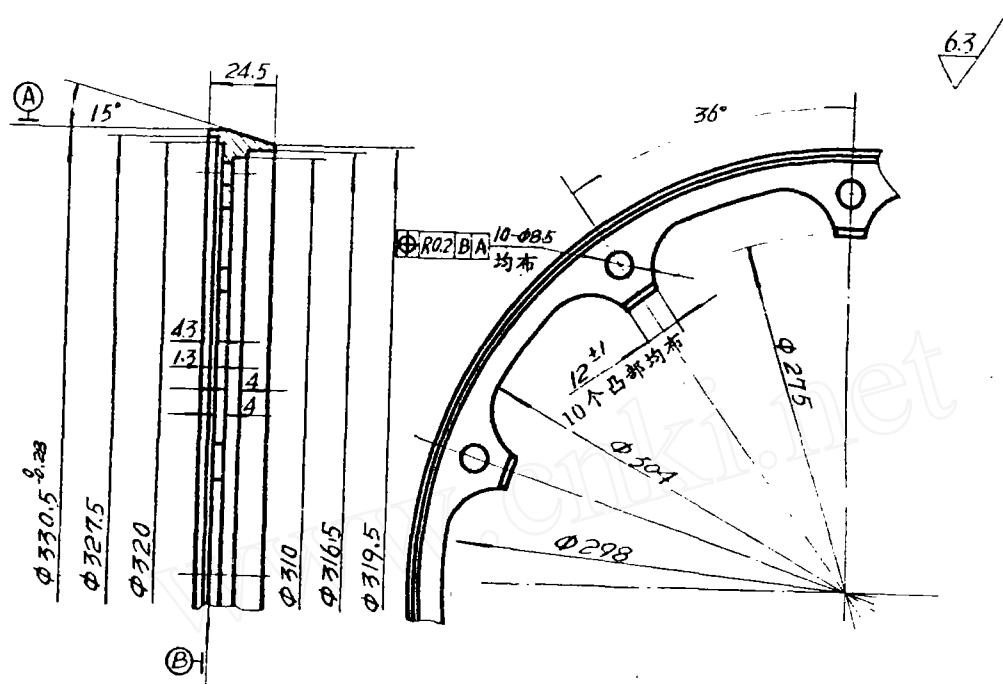


图1 安装边零件图

我们对该零件进行分析, 从材料成分、棒料质量到零件形状尺寸等诸多方面进行工艺上的研究, 试图探索出锻造 GH30 高温镍基合金的合理工艺, 并力求达到最小的锻造余量, 最大限度地节约镍基贵重金属。

一、GH 高温镍基合金化学成分及性能

1. 化学成分

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	Al	Fe	S	P	Pb	Cu
<0.12	<0.80	<0.70	19~22	>75	0.15~0.35	<0.15	<1.00	<0.01	<0.015	<0.001	<0.02

2. 性能特点

GH30 高温镍基合金是以镍元素为基体, 加入 Cr、Mn、Ti、Al 合金元素, 由 γ' 相沉淀硬化工艺获得的一种高温、高强度合金, 其密度为 8.35g/cm^3 。它具有很高的持久强度, 冷热疲劳强

度及良好的抗氧化耐蚀性能。导热系数小，对加热条件的变化比较敏感。变形抗力大，高温变形温度范围狭窄、再结晶温度高、再结晶速度缓慢。

二、锻件图的制定

根据试生产的经验，制定了图2所示的锻件图。

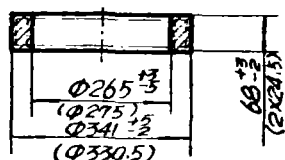


图2 锻件图

锻造特点是两件连锻，按“JZ13—59”标准和企业标准，对锻件的余量和公差进行了修正，降低料坯高度和直径之比。完全避免了在锻粗工步中的纵向弯曲，为后道工序的顺利进行创造了条件。余量与公差修正后的锻件重20.5公斤、落料重量22.6公斤。每只安装边零件的锻坯重量比原来规定减少2.7公斤，达到节约镍合金的目的。

三、锻造工艺的制定

1. 下料

用片砂轮切割，两端平整，除毛刺。棒尺寸为 $\phi 140 \times 176^{+0.1} \text{mm}$ 。

2. 加热

高温合金通常采用电阻炉加热。GH30材料成分比较复杂，加入铬、硅元素使合金导热能力更下降。尤其在 700°C 以下的导热更差而提高加热速度将会导致开裂。所以必须在中温电阻炉中进行充分预热，然后置于高温电阻炉中加热。

我们采用贯通连续式煤气加热炉进行加热。城市煤气燃烧比较充分时，S与Ni所形成的微量硫化物不足于构成影响。由于平焰烧嘴所固有的优点，加热区温度场比较均匀，使GH30棒料加热时的温度差就比较小，加热规范见图3。

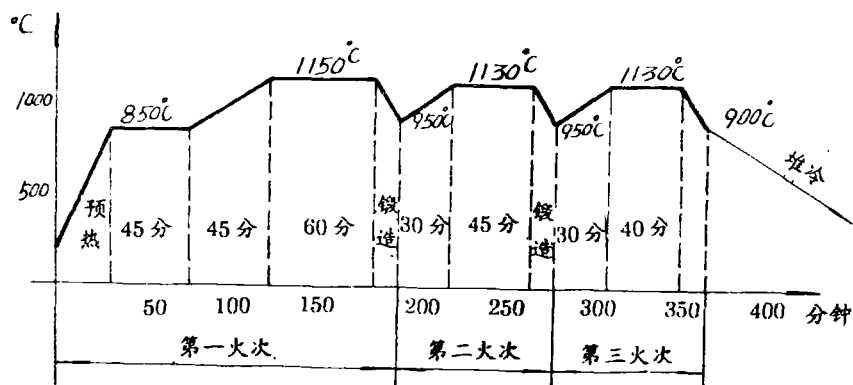


图3 加热规范

首先将 $\phi 140 \times 176^{+3}$ mm 的棒料置于贯通连续式加热炉的后端坯料进口处。利用外溢的热废气充分预热到 850°C 左右进行保温。然后推入加热区加热至始锻温度, 再进行保温。第二火次及以后诸火次均不预热, 直接放入加热区升温、保温, 其时间取第一火次相应时间的 $2/3$ 即可。其始锻温度比第一火次略低一些, 第一火次的终锻温度要比规定的终锻温度略高一些。

高温加热区炉温由热电高温计及光学高温计来监视。人工调节空气、煤气输入量, 使炉膛加热区始终保持在 1150°C 至 1180°C 的范围之内。

3. 锻造

GH30 高温镍基合金的锻造特点是由材料本身的特点及“安装边”零件高温使用要求所决定。该合金通常无同素异晶转变, 锻件晶粒度大小及均匀程度与变形温度、变形程度有很大的关系, 其临介变形程度范围比较宽 ($0.5\text{—}20\%$)。为使低倍组织均匀, 既要使变形均匀, 又要使每火次的变形量不低于临介变形程度。过大的变形量必然会产生过大的变形抗力, 同时容易引起开裂。过窄的锻造温度、过高的再结晶温度, 缓慢的再结晶速度要求我们对每个工步的锻造温度、变形程度都要严格控制, 并拟定严格的操作规则。

(1) 锻造工步

锻粗——冲孔——冲头扩孔——马杠扩孔——马杠扩孔。

第一火次如图 4 所示。

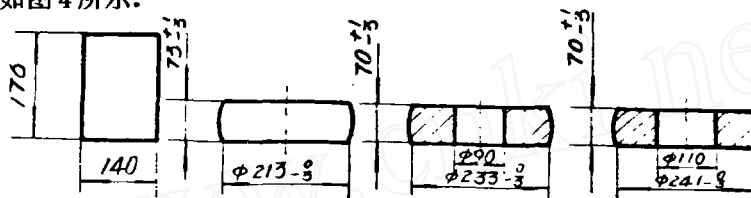


图 4 锻粗——冲孔——冲头扩孔

第二火次如图 5 所示。第三火次如图 6 所示。

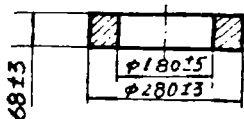


图 5 马杠扩孔 I

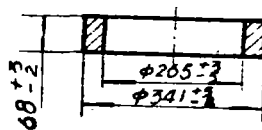


图 6 马杠扩孔 II

(2) 操作规则

- ① 严格控制始锻温度, 防止加热不当而造成废品。每工步的终锻温度均不得低于 900°C 。
- ② 经常翻动加热区的棒料, 使内外温度均匀, 防止出现裂纹。
- ③ 预热所使用工具温度应在 $150\text{—}250^{\circ}\text{C}$ 的范围内。
- ④ 上下砖面应光滑平整, 边缘采用大于 15mm 的圆角。
- ⑤ 为使低倍组织均匀, 每火次的变形量在 25% 以上。
- ⑥ 马杠扩孔时的送进量要均匀, 防止内圆面不均匀凹凸起伏太大。
- ⑦ 必须消除锻造中出现的缺陷后再进行锻造或再次加热。

4. 冷却

锻后冷却是获得合格锻件的关键。

为避免急冷造成裂纹或白点等缺陷,故应缓冷。GH30再结晶速度比较缓慢,还需借助锻件自身的热量来完成再结晶,通常采用灰冷或坑冷。在具体实施中采用桶冷。将要堆放锻件的桶预先装入其他热锻件,再放入锻造完毕的安装边锻件。锻完一批在上面复盖一层其他热锻件,自然冷却,约至200°C左右取出空冷。

5. 热处理

锻件采用固溶处理,以得到过饱和固溶体,控制一定的晶粒度。固溶处理的温度选用 $1000^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。经固溶处理后为单相马氏体组织。有时也会出现 $\text{Ti}(\text{CN})$; Cr_7C_3 相。热处理曲线见图7。

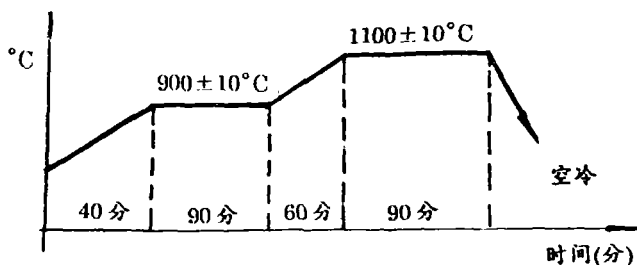


图7

6. 锻件检验结果

- (1)外观检验全部合格,诸尺寸均符合锻件图要求。
- (2)化学成分验证为:

C	P	S	Mn	Cr	Ti	Al	Fe	Cu
0.054	<0.01	<0.002	0.17	20.54	0.31	0.085	0.56	0.02

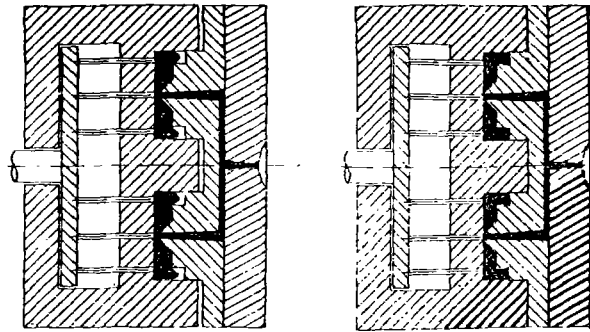
- (3)超声波探伤未发现内部缺陷。
- (4)低倍组织合格,晶粒度为2—3级且分布较均匀。

四、结论

1. GH30高温镍基合金不发生相变,不可能象结构钢那样通过同素异构转变发生重结晶而获得适当的晶粒度。该合金的晶粒度取决于变形程度、变形温度。每火次的锻粗为60%左右,拔长为20—30%。相对应的变形温度为950—1100°C。

2. 增加变形程度,变形抗力显著增加,减小变形速度,变形抗力有所下降,塑性有所提高。因此采用速度慢的设备锻造GH30高温镍基合金较有利。

(下转第30页)



注射阶段 模具闭合

图8 两型腔三板式注射压缩模

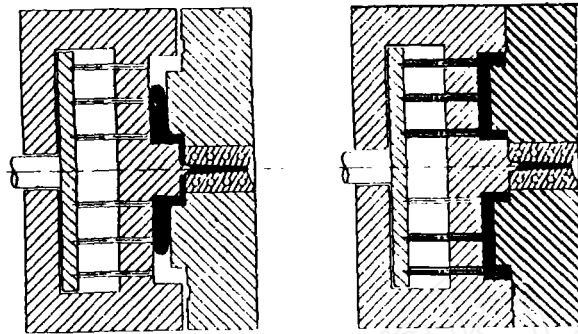


图9 普通填充型两腔注射压缩模

今后将有更多的多腔模具装置冷浇道系统,其经济效益将有明显的改善。

施 进 摘译自《Kunststoffe》1988.10.

王 旭 校

(上接第23页)

3. GH30 高温镍基合金的始锻温度为 1130—1150°C;终锻温度为 900—950°C.

4. 可采用煤气加热炉加热 GH30 高温镍基合金。

5. 预热阶段的预热时间取 0.5—0.7min/mm,保温时间取 0.7—0.85min/mm.

加热阶段的加热时间取 0.4—0.5min/mm,保温时间取 0.3—0.4min/mm.

6. 达到减少余量的目的,单边余量取 5mm 能满足工艺要求,且没出现表面缺陷。

7. 达到节约贵重金属的目的,350 只安装边锻坯共节约 900kg 材料,价值达 10.5 万元。