

高速锤挤压铝合金叶片

高温持久强度研究

苏祖武 陈诗荪 刘侠夫

丁炳贤 林茂森

一、前言

航空发动机的LY2铝合金叶片企图用高速锤挤压工艺来代替原来的模锻工艺，这样，不但可以减少生产工序，提高生产率，精化毛坯，降低成本，而且挤压叶片的毛坯室温机械性能良好，能满足模压叶片技术条件的要求，抗腐蚀性能也比模压的叶片好。但是，在250~270℃挤压出的叶片，经正常热处理后的高温持久强度（技术条件要求：270℃，纵向8公斤/毫米²，不小于50小时）一般都在15~25小时，总是达不到规定的标准，因而，高温持久强度不合格成了高速锤挤压新工艺应用的障碍。作者对此进行了试验研究，找出了原因，阐明了改善其高温持久性能的途径。

二、试验研究内容与结果分析

为了弄清高速锤挤压叶片高温持久强度不合格的原因，曾对不同工艺生产的叶片显微组织作了对比（见图1）。

由图1可以看出，模压叶片显微组织的特点是 α 固溶体的晶粒粗大而均匀，高速锤挤压叶片的显微组织 α 固溶体晶粒比较细小，而且又很不均匀。其它两者并无显著差别。根据晶粒度对金属材料高温持久强度影响的理论看，高速锤挤压叶片的晶粒细小而且不均匀应当是造成其高温持久强度低的主要原因。因此，我

们做了高速锤上挤压温度、淬火温度下的保温时间、热校正以及将高速锤挤压改为高速锤模锻的方法等几方面对叶片晶粒度及其均匀程度影响的试验。

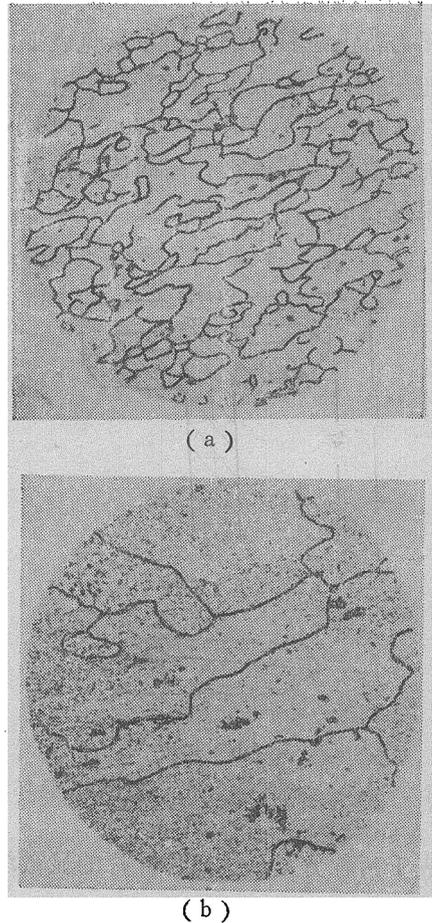
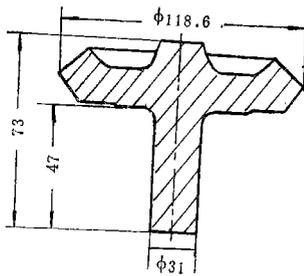


图1 高速锤挤压叶片(a)与压床上模压叶片(b)显微组织的比较

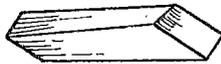
由于挤压温度与淬火温度下保温时间的试验共做了五种温度(20~380℃),四种保温时间(2~5小时),共38根试棒。试验结果是高温持久强度全部不合格,其显微组织仍然比较小,而且不均匀十分明显,因此,这两方面试验情况就不详细介绍了,这里将热校正以及高速挤压改为高速模锻的方法对叶片晶粒度及其均匀程度的影响分述如下:

1. 热校正的影响

为了研究变形程度和变形速度对LY2铝合金叶片晶粒度及高温持久强度的影响,选择了高速锤挤压后热校正的方法,我们选择了如图2(a)所示的高速锤挤压件,然后沿挤压件杆部直径分割成四块扇形条,加工成如图2(b)所示的坯块,然后加热到450~460℃,在300吨摩擦压力机上进行压缩,压下量见表1,热压后的坯块再经退火(380℃,2小时)、淬火(505℃,2小时)及时效(170℃,16小时),最后加工成标准试棒进行高温持久强度试验,其结果见表1。



(a) 试件



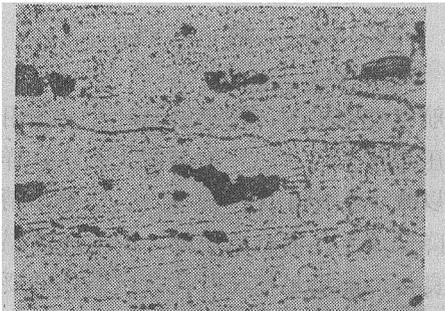
(b) 坯块

图2 25吨米高速锤上挤压试件和试验坯块

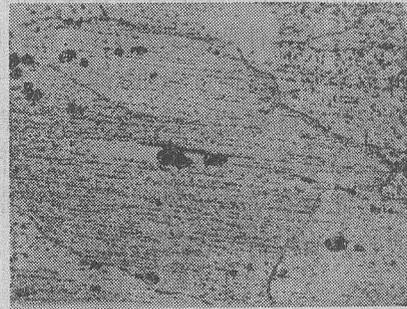
表1两种方案和模压件叶片的显微组织如图3所示。

表1 热压和退火对高速锤挤压件高温持久强度的影响

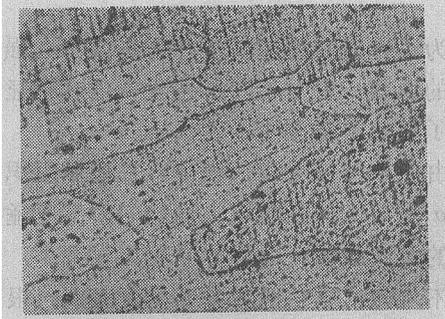
方案	挤压温度 °C	热压温度及 压下量	热压变 形程度 %	$\sigma_b^{270^\circ\text{C}} =$ 8公斤/毫米 ² 下 持续时间(小时)
I	410	450~460°C 从14压至13 (毫米)	~7.0	42小时42分
II	410	450~460°C 从16压至11.5 (毫米)	~28.0	68小时58分



(a) 方案 I 的显微组织



(b) 方案 II 的显微组织



(c) 模压叶片的显微组织

图3 方案 I、II和模压件叶片显微组织的比较
×320

由表1可见, LY2铝合金高速锤挤压件, 若经热压及退火后再进行正常的淬火和时效, 其高温持久强度已接近或超过模压技术条件要求的标准(50小时)。

比较图3中的(a)、(b)、(c)可知, 高速锤挤压LY2铝合金叶片, 若经压力机热校正后再经退火及正常热处理便可改善其显微组织, 从而使高温持久强度达到标准要求。

由此试验结果说明变形程度和变形速度是影响高速锤挤压叶片晶粒度的主要因素。而高速锤上挤压的LY2铝合金叶片, 由于棒头的尺寸已定, 欲通过改变挤压比来减小变形程度和变形速度受到限制。因此, 看来热校正对于改善高速锤挤压LY2铝合金叶片的高温持久强度性能是必要的工序。

表2 高速锤模锻和退火对高温持久强度的影响

方案	模锻温度 °C	变形程度 %	退火	$\sigma_b^{270^\circ\text{C}}=8\text{公斤/毫米}^2$ 持续时间, 小时
I	380	35	380°C, 1小时	143小时21分 76小时19分
II	380	35	—	69小时15分 42小时47分
III	380	40	380°C, 1小时	64小时12分 135小时23分
IV	380	40	—	47小时39分 39小时28分

由表2可见, 高速锤模锻的试样, 在淬火时效前, 凡经过380°C退火1小时的高温持久强度均达到技术条件要求, 而且有的长达143小时, 但未经退火的试样, 除个别外, 均未达到技术条件要求。

上述结果也说明因为用模锻工艺除了变形程度可以减小以外, 变形速度也相应减小, 因而可以使晶粒粗化并趋向均匀。特别是退火工序有助于加工再结晶充分进行, 因而在淬火加热时发生聚集再结晶, 其晶粒便会显著粗化而趋向均匀。

三、几点结论

1. 挤压温度和淬火温度下的保温时间不

2. 变形方式和退火对晶粒度的影响

作了高速锤上模锻成形代替挤压成形的试验, 试验用的是扁方毛坯, 如图4所示。

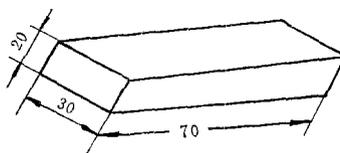


图4 模锻试验用的毛坯

试验在6.5吨米高速锤上进行, 做了二批试验。模锻加热温度为380°C。毛坯的长轴方向与作用力方向垂直。模锻后的毛坯经退火(380°C, 1小时)或不退火、淬火(505°C, 2小时), 时效(180°C, 16小时)后制成标准试样测定其高温持久强度, 其结果见表2。

是影响高速锤挤压LY2铝合金叶片晶粒度的主要因素, 因此, 对其高温持久强度的改善影响不大。

2. 变形程度和变形速度是影响高速锤挤压叶片晶粒度及其均匀程度的主要因素, 因此, 可以采用高速锤挤压后再经小变形量的热校正。挤压温度宜取380~410°C的较高温度, 也可将高速锤上挤压改为模锻的方式, 这对改善LY2铝合金叶片高温持久强度的收效则更大。

3. 退火对改善高速锤挤压或模锻的LY2铝合金叶片的组织和性能有突出的作用, 因此在正常热处理前必须退火, 退火温度可取380°C时间以2小时为宜。