

7050铝合金锻造工艺塑性的研究

赵英涛

摘 要

本文对7050铝合金的锻造工艺塑性进行了研究。研究结果表明该合金的最佳均匀化制度是 $465 \pm 5^\circ\text{C}$, 24~30小时; 最佳锤锻温度为 $420 \sim 280^\circ\text{C}$ 。铸锭的过烧温度为 490°C 。

一、前 言

飞机的发展使传统的按静强度设计方法逐渐被损伤容限设计所代替。因此, 对材料增加了断裂韧性、裂纹扩展速率、应变疲劳等模拟性能要求。在这种情况下, 铝合金的有些牌号和状态被淘汰, 一些新的高强、高韧性、抗应力腐蚀的合金和状态相继产生。7050铝合金就是它们中间的佼佼者, 它是70年代初美国阿尔考公司应空海军要求研究出来的。由于它的突出优点, 很快地在各机种重要部位上得到了应用。

7050属Al-Zn-Cu-Mg系合金, 与传统的7075合金相比, 在成分和热处理上均有较大变动。表1为两种合金的名义成分。成分的调整并配合特殊的热处理, 使该合金的性能有了较大的改善。其强度、断裂韧性、抗应力腐蚀性以及抗裂纹扩展性等均优于7075合金。此外, 由于它淬透性好, 因而适用于制作大截面零件或用较高水温淬火, 减少了残余内应力及加工中的变形。

航空工业部根据新机用材要求及部内设备

特点, 下达了仿制7050铝合金锻件的任务。本试验目的就是测定7050铝合金铸态在不同温度下的机械性能以及铸锭在锤锻下的工艺塑性。

二、试验过程

1. 材料的准备: 半连续铸造。铸锭直径48 mm。其化学成分如表2所示。铸锭分三组, 分别经 $465 \pm 5^\circ\text{C}/24$ 小时、30小时、36小时均匀化处理, 以测定均匀化时间对性能的影响。

2. 均匀化后的铸锭, 一部分按图1切取拉伸试样, 另部分铸锭车成 $\phi 30 \times 70$ mm和 $\phi 30 \times 60$ mm的镦粗和楔形试样。

3. 拉伸试样分别经室温、200、250、300、350、370、400、450和 480°C 保温1小时后拉断, 测定其 σ_b 、 δ 、 ψ 。

4. 镦粗和楔形试样分别在280、300、340、380、400、420、440、460和 500°C 加热一段时间再降至 400°C 的各温度下试验, 在一吨模锻锤上用平板模和楔型模锻造。镦粗变形程度用垫板控制。

5. 铸锭过烧试样在硝盐槽中经400、470、480、485、490、500和 510°C 保温25分钟后, 水淬。用金相法确定过烧温度。

表 1 两种合金的名义成分, wt%

牌号	Zn	Mg	Cu	Zr	Cr	Ti	Fe	Si	其 他		Al
									单个	总和	
7075	5.1~6.1	2.2~2.9	1.2~2.0	—	0.18~0.4	0.2	0.5	0.4	0.05	0.15	余量
7050	5.7~6.7	1.9~2.6	2.0~2.6	0.08~0.15	0.04	0.06	0.15	0.12	0.04	0.10	余量

表 2 试验用料的分析成分, wt%

炉号	Zn	Mg	Cu	Zr	Fe	Si
1*	6.22	2.06	2.28	0.12	—	—
2*	6.13	2.14	2.22	0.11	—	—
3*	6.07	2.11	2.22	0.11	—	—
4*	6.12	2.10	2.23	0.11	<0.1	<0.05

注: 由于工艺相同只分析了一炉的Fe、Si含量。

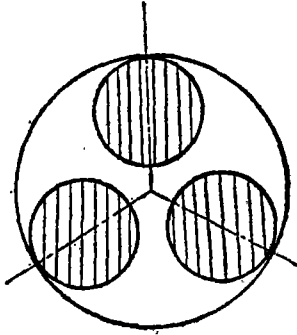


图 1 拉伸试样(阴影部分)取样位置

三、试验结果及讨论

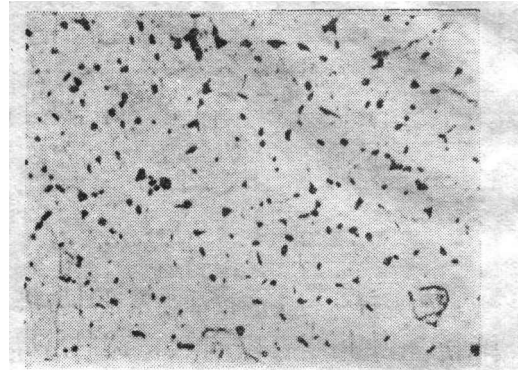
1. 最佳均匀化处理制度

经三种不同时间均匀化处理的铸锭低倍观察结果表明, 晶粒细小, 近似等轴, 三种处理后的低倍组织基本相同。从三种均匀化处理后铸锭中心部位切取试样所得到的金相组织见图2。由图2a可以看出, 24小时均匀化已基本消除了铸造枝晶网, 但初生的化合物仍然很多, 只是不连续。30小时均匀化(见图2b)后枝晶网和大块的初生相基本消除, 有利于以后的变形。因此, 7050铝合金铸锭最佳均匀化制度是465°C/24~30小时。

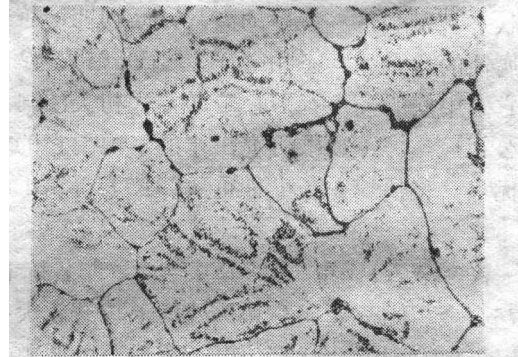
2. 拉伸试验

铸锭在不同温度下的拉伸性能如图3所示。由图可见, 随着温度升高, 合金的变形抗力逐渐下降, 延伸率和断面收缩率逐渐提高。从300°C起曲线趋于平缓, 350°C以后直至试验的最终温度断面收缩率几乎不变。

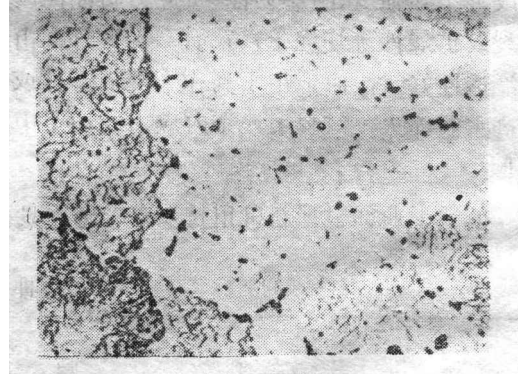
延伸率的变化至400°C以前与断面收缩率的变化基本一致。但是, 400°C以后延伸率急剧提高, 出现了“超塑性”。在本试验中, 估计是用细小的等轴晶粒以及高温下慢速拉伸综合作用的结果。



(a) 24小时



(b) 30小时



(c) 36小时

图 2 465°C下不同保温时间均匀化后的金相组织 ×200

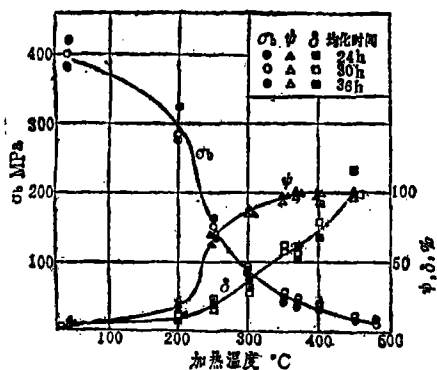


图3 高温拉伸试验结果

此外,从结果还能看出,三种均匀化处理后的铸锭,虽然在250℃以下的强度略有差别,但是250℃以后,其各项性能指标以及变化规律已完全一致。

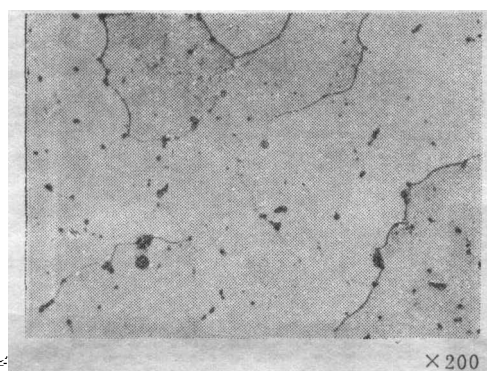
另外,过烧试验也证实了上述试验结果。图4是该合金铸态组织在各种温度下的金相组

织。从图清楚看出,480℃以前都是正常组织,490℃的金相组织中出现了共晶复熔球和晶界的局部复熔加粗。随着温度提高,过烧趋于严重,多处出现三角晶界。所以,在拉伸试验中,480℃的塑性指标没有下降,490℃之后由于过烧才会使塑性值急剧降下来。

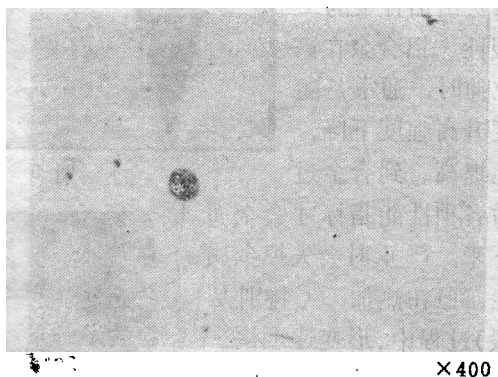
3 楔形和锻粗试验

楔形和锻粗试验结果如表3和表4所示。

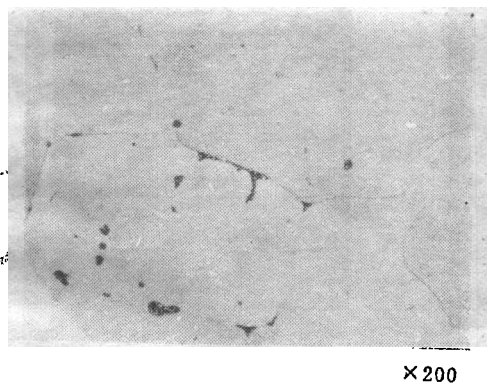
图5是一组楔形试样沿原纵向剖开,经热处理后制成的低倍。图6是变形量为60%和80%的锻粗试样外观。从试验结果不难看出,铸锭加热到420℃以后,其工艺塑性急剧变差,难以承受较大的形变。因此最佳的锻造温度区域是280~420℃,这比一般铝合金锻造的温度要低一些,在此温度范围内锤锻变形量小于80%时,一般不会产生裂纹。



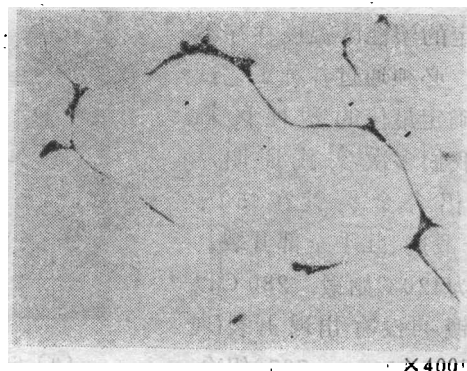
(a) 480℃



(b) 490℃, 复熔球



(c) 490℃, 晶界加粗



(d) 500℃, 三角晶界

图4 各温度下保温25分钟的金相组织

表 3 楔形锻造试验结果

温度·C 均匀化 制度	280	300	340	380	400	420	440	460	5.0 降至 400
465°C/24h	无	无	无	无	无	裂	裂	裂	裂
465°C/30h	无	无	无	无	无	裂	裂	裂	裂
465°C/36h	无	无	无	无	无	裂	裂	裂	裂

注：表中“无”表示变形后表面无裂纹。

表 4 锻粗试验结果

温度·C 变形 程度 %	280	300	340	380	400	420	440	460	500 降至 400
20	无	无	无	无	无	无	无	无	无
30	无	无	无	无	无	无	无	无	无
40	无	无	无	无	无	无	无	无	无
60	无	一	无	无	无	无	裂	裂	无
80	无	一	无	无	无	裂	裂	裂	一

注：表中“无”表示变形后表面无裂纹。

综合上述试验结果可以看出，单凭高温拉伸试验并不能完全反映出铝合金的工艺塑性。铝合金在高温拉伸时，通常是随温度升高强度下降，塑性提高。到合金过烧后各项性能指标才会全面降下来，严重时会失掉金属特性。但在热加工（特别是锤锻）过程中，形变速度快，远超过金属在此温度下的恢复能力。因此，由高温拉伸所确定的塑性区温度往往不适用。必须通过各种工艺试验来确定最佳的塑性区温度。我们多次实践证明，7050铝合金铸锭在450~470℃锻造，几乎全部开裂。后改为420℃始锻，280℃以前终锻再没有出现开裂现象。图7是 $\phi 350\text{mm}$ 7050铝合金铸锭锻成 $90\times 170\times 1700\text{mm}$ 自由锻坯的外观，表面完好。

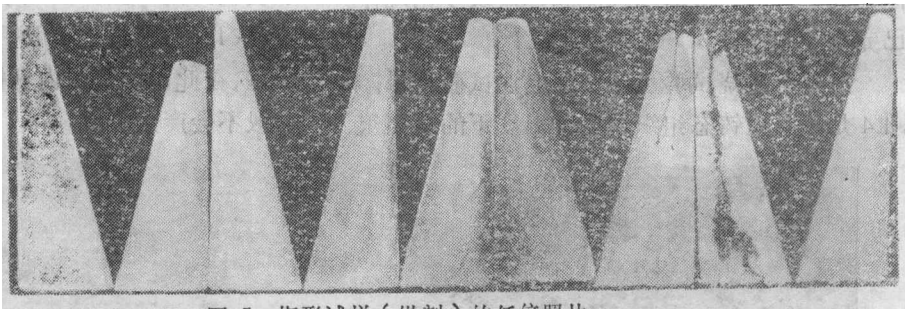
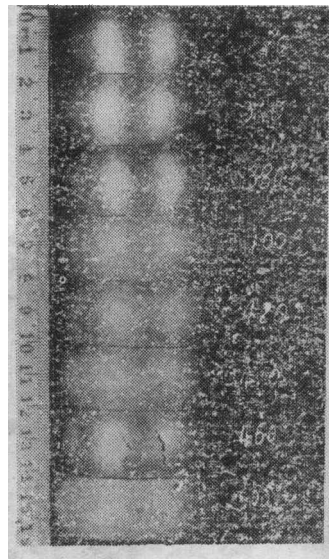
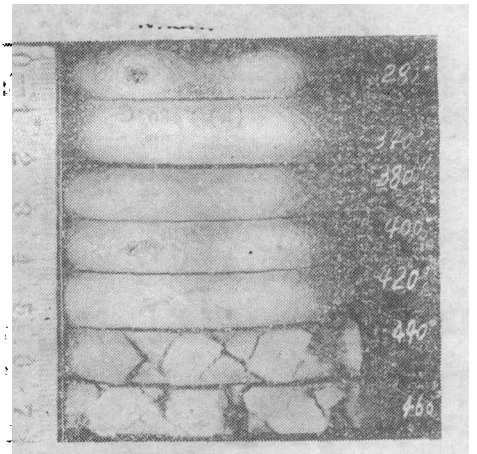


图 5 楔形试样（纵剖）的低倍照片



(a) 60%变形



(b) 80%变形

图 6 锻粗试样外观

改造普通压机以适应恒应变率等温锻可行性的探讨

黄小宝 陈 斌 刘建宇

摘 要

本文从理论上探讨了将苏制630吨压机的液压系统进行改造并采用微处理机控制供油方式使之适于恒应变率等温锻造的途径。

以前,我们曾经使用苏制630吨压机对一种合金粉末在900℃进行过等温锻,但终因工件模锻开裂而失败。经过反复论证,要想圆满地解决工件开裂问题,最好的方法是采用先进的压制工艺——恒应变率等温锻。但是目前国内的压机都不具备恒应变率变形的液压系统,为此我们决定对现有的苏制630吨压机的液压系统进行改造并采用微处理机控制。迄今尚未见到国内有关这方面的报道,无法借鉴他人的成功经验。本文仅就恒应变率等温锻的工件变形模式及实现这种变形的供油方式进行了理论方面的探讨。

要使工件在等温锻时作恒应变率变形,主要的任务是从理论上建立起工作油缸活塞的运动模式和外界供油方式,以满足恒应变率变形的要求。

1. 等温锻恒应变率表达式

由材料力学或金属学一般概念可知,材料的线应变是由工件(或试件)的长度方向变形量与原始长度(或试件标距)之比来确定的,

$$\text{即 } \varepsilon = \pm \frac{\Delta l}{l_0} \quad (1)$$

(负号表示压缩状态),而应变率是描述工件单位时间内的应变量,

$$\text{它等于 } -\frac{\varepsilon}{t} \quad (2)$$

在我们的等温锻中,压机是对加热至900℃的合金粉末进行等温压制,因此压机的四根立柱及其直径为630mm的活塞刚度远远大于高温下的工件刚度。为此,我们把活塞在压制过程中的下降量看作工件压缩变形量是符合实际情况的,也就是说当工件作恒应变率变形时,活塞也作同样的恒应变率式的下降运动。假定工件在等温锻时的高度变化由 h_0 变到 h_1, h_2, \dots, h_n (h_n 为变形终了的高度),那么相应的压缩量即为 $h_1 - h_0, h_2 - h_1, \dots, h_n - h_{n-1}$, 设 $h_1 - h_0 = \Delta h_1, h_2 - h_1 = \Delta h_2, h_n - h_{n-1} = \Delta h_n$, 同时设相应的变形时间间隔为 $\Delta T_1, \Delta T_2, \dots, \Delta T_n$ 。当然工件的压缩过程是一个连续的变形过程,为了推导方便起见,我们对此过程进行了上述的离散化处理。这样等温锻的恒应变率表达式即可写成(k 为常数):

$$\frac{\Delta h_1}{h_0 \Delta T_1} = \frac{\Delta h_2}{h_1 \Delta T_2} = \dots = \frac{\Delta h_n}{h_{n-1} \Delta T_n} = k \quad (3)$$

当 ΔT_i 趋于零时, Δh_i 也趋于零。于是可以把上式改写成微分形式

1. 7050铝合金铸锭最佳均匀化制度是465±5℃,保温24~30小时。

2 7050铝合金铸锭的最佳锤锻温度为420℃至280℃。

3 7050铝合金铸锭的过烧温度为490℃。

本试验由六二一所与三〇〇七厂共同完成,在此特向三〇〇七厂的同志表示感谢。

(参考文献略)

四、结 论

通过这阶段工作,我们认为:



图 7 7050合金自由锻件