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，首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，

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

（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，

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

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……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……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ΔT_1、ΔT_2……ΔT_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）：

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

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

∽　∽　∽

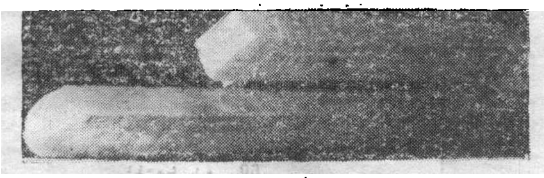

图 7　7050合金自由锻件

四、结　　论

通过这阶段工作，我们认为：

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）

$$\dot{\varepsilon}=\frac{dh}{hdt}=k \quad (4)$$

考虑到压缩过程增量dh是负的，因此（4）应写成

$$\dot{\varepsilon}=-\frac{dh}{hdt}=k \quad (5)$$

这就是等温锻恒应变率公式。

2 恒应变率变形方式下的运动方程

上面已经推导性地解释了恒应变率的概念及微分方程表达式。现在我们来求解工作高度h值随时间的变化关系。对（5）式 $-\frac{dh}{dht}=k$ 进行积分

$$\int\frac{dh}{h}=-\int kdt$$

$$\ln h=-kttc$$

$h=e^{-kttc}$ 或改写成 $h=k_{\circ}^{\ \ kt}$　　(6)

根据初始条件来确定k值，我们知道，当 $t=0^{+}$，工件未被压缩，此时工件高度为 h_0，即原始高度，将t＝0代入(6)式，得

$h_0=k$，则(6)式变成

$$h\ \ h_0e^{\ kt} \quad (7)$$

这就是我们所要求的恒应变率变形的运动方程。可以看到，工件作恒应变率压缩变形时，工件高度随时间作指数衰减。若取k从 $10^{-2}\sim10^{\ 5}$秒 $^{\ 1}$，假定终了变形高度为原始高度的一半，则整个变形时间即

$$\frac{h_0}{2}=\ h_0e^{-kt},\quad e^{-kt}=\frac{1}{2}$$

$$-kt\ =\ln\frac{1}{2},\ t=\frac{1}{k}$$

$$\ln2=(10^2\sim10^5)\times0.69$$

$$t\approx70\sim70000(\text{秒})$$

反之，若取变形时间为30～60分钟为宜，可求得应变率常数k为 $(2\sim4)\times10^{-4}$秒 $^{-1}$。

3 液压油流量Q随时间t变化的关系

前面已经假设过把活塞的下降量作为工件的压缩量，并且认为这种假定是接近实际情况的。在第2节中已经得出恒应变率变形方式下的运动方程，即工件高度随时间变化的方程式，现在我们来探讨流量Q以什么样的供油方式才能满足上述的运动方程。

不难理解输入油缸的液压油流量Q等于活塞的下降速度乘以活塞的工作面积，即

$$Q=A\times V \quad (8)$$

式中A为活塞工作面积（cm^2），V为活塞下降速度。已知工件的变形运动方程 $h=h_0e^{-kt}$，只要对上式求导一次即可得到速度随时间变化的关系，即

$$h'=(h_0e^{-kt})'$$

$$h'=-kh_0e^{-kt}=V \quad (9)$$

式中负号表示流量减少，速度单位是cm/s，这样便可得到流量随时间变化的关系式

$$Q=Akh_0e^{-kt} \quad (10)$$

$$\text{或}\ Q=\frac{60}{1000}Akh_0e^{-kt} \quad (11)$$

流量单位是l/min。

由(11)式可以看到输入油缸的流量是随时间作指数衰减。只要能从液压系统和电气控制方式中找到满足上式供油关系即可实现恒应变率变形方式。为了直观起见，下面用图表示工件高度h随时间t变化的曲线（图1）和流量Q随时间t变化的曲线（图2）。

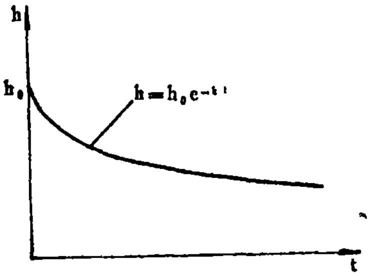

图 1　高度h随时间t变化曲线

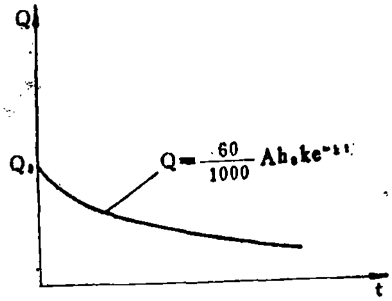

图 2　流量Q随时间t变化曲线