

Gleeble3800 热/力学模拟试验机整体设备特性研究

杨常春

[太原钢铁(集团)有限公司技术中心,山西太原 030003]

摘要:研究了 Gleeble3800 热/力学模拟试验机的整体特性,对其热系统、力学系统和液压楔系统等进行了试验分析,为充分开发、应用 Gleeble3800 提供依据和奠定基础。

关键词:热/力学模拟试验机;特性;零点漂移;预变形

中图分类号:TH871 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0777(2007)06-0020-04

Study on Whole Characteristic of Gleeble 3800 Thermal-mechanical Simulating Tester

YANG Chang-chun

[Technical Center, Taiyuan Iron and Steel (Group) Co Ltd, Taiyuan 030003, Shanxi, China]

Abstracts: The whole characteristic of Gleeble 3800 thermal-mechanical simulating tester is studied. Its thermal system, mechanical system, hydraulic wedge system, etc. are analyzed experimentally. The basis and foundation are provided for developing and using Gleeble 3800.

Key words: thermal-mechanical simulating tester; characteristic; zero excursion; pre-deformation

热/力学模拟试验机在多个领域都有着广泛的应用,如压力加工、焊接、铸造、热处理和新材料研制等领域。通过热模拟,新材料的开发和冶金过程工艺的改进可在实验室内进行,并将结果直接应用到现场生产中,大大降低了新材料和新工艺的开发成本,提高了效率,缩短了新产品和新技术开发的周期。

太钢技术中心从美国 DSI 公司引进 Gleeble3800 热模拟试验机,2005 年 7 月安装调试并投入使用。这台设备的投入使用也为太钢的新产品新工艺研制开发、工艺优化、产品质量攻关和提高太钢整体科研水平等方面提供了一个更为良好的研究平台。而热模拟试验机是融材料科学、传热学、力学、机械学、工程检测技术、电子模拟技术以及计算机领域的知识和技术为一体的设备,因此对其特性进行全面掌握,进而对其功能的充分开发和研究,为科研工作提供准确、可靠和全面的试验结果就成为一项重要的任务。

1 Gleeble3800 热模拟试验机的主要结构和特点

Gleeble3800 热模拟试验机在美国 DSI 公司生

产的 Gleeble3000 系列中功能最强大,配有通用单元和液压楔单元,两者共用一个主机,可以方便地进行转换。液压楔单元拥有一个与主液压源同步的液压楔(Hydrawedge),主要用来做压缩试验,尤其是高速的单/多道次、大变形的轧制过程模拟。除此而外的其它试验均可在通用单元上完成。

Gleeble-3800 热模拟试验机主要由液压闭环伺服、通用、液压楔、数控、数据采集与处理系统、加热与冷却和真空系统组成,它能对力、应力、应变、位移和温度等参数实时监测。

1.1 Gleeble3800 热模拟试验机主要技术参数

① 最大载荷:拉伸 98 kN,压缩 196 kN;②最大冲程速度:2000 mm/s;③最小冲程速度:0.01 mm/s;④最高加热温度:1700 °C(与所用热电偶丝类型有关);⑤最大加热速度:10000 °C/s($\phi 6$ mm \times 15 mm);⑥最大控制冷却速度: $\phi 6$ mm \times 15 mm, 1000 °C时为 140 °C/s,800~500 °C时为 78 °C/s;⑦强制冷却:采用高压空气和雾化水。

1.2 Gleeble3800 热模拟试验机特点

① 更适合于快速多道次的模拟;②采用电阻加热,升温速度快,热效率高;③控制方式采用全数字闭环控制,力和温度控制精度高;④压缩加载能力最大(20 t),可以使用更大尺寸的试样和

变形更高强度的材料,如不锈钢等特殊钢和超合金以及变形能在更低的温度进行,研究高温高压下的轧制工艺。

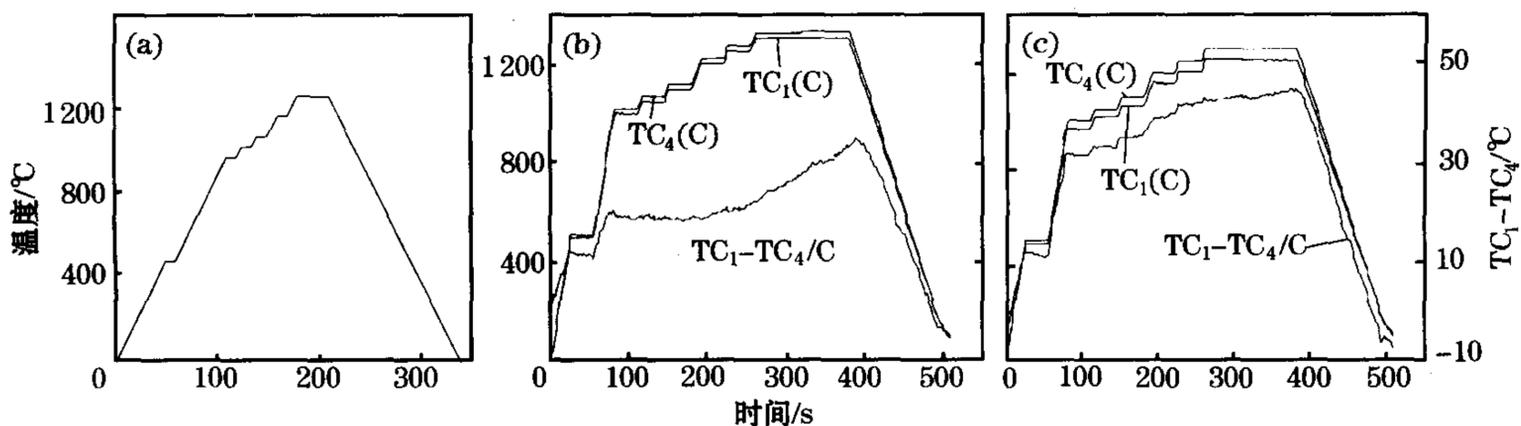
2 Gleeble 3800 热模拟试验机特性研究

2.1 热系统

Gleeble3800的热系统主要有75 kW的加热变压器、温度测量与控制系统及冷却系统组成。试验过程中温度是通过焊在试样中心的热电偶丝来测量和控制。该套系统可使用的热电偶测温通道共有4条,这也是最大的可使用温度通道。热模拟试验机要求所供给的电源线不能有短暂和较大的电压变化,另外象来自感应加热器、焊接设备、大的发动机、电弧熔化机等能产生电磁干扰和电波干扰的设备也会对Gleeble系统造成很大的影响。尤其是对热电偶在微伏阶段工作时影响显著。技术中心在引进热模拟试验机时没有配置稳压电源,引入实验室的电源与大生产设备共用一条线路,因生产设备功率大且临时接入其他产生电磁和电波干扰的设备,故热模拟机试验过程中经常出现电压波动较大,从而导致试样温度失控的情况。

TC₁、TC₂、TC₃、TC₄分别为4条测温通道的代号,每条通道可用的热电偶类型由该套设备的系统设置和每条测温通道上所用的电子元件的不同来决定。K型热电偶丝输出的是0.1 mV级的电压,S型和B型则是0.01 mV级或更低。考虑到电压波动的影响,TC₁、TC₂通道(K型热电偶通道)加了滤波电容,所以对K型热电偶丝来说是可以保证测温精度的。对S和B型热电偶丝所用测温通道(TC₃、TC₄)来说,其输出电压较弱且未加滤波元件,极易受到电压不稳这样的杂散信号干扰而造成测温不准确。

为摸索目前电压不稳对热电偶丝测温精度的影响及在高温段采用不同类型热电偶的差别,设计的下试验方案见图1(a)。TC₁测温通道对应K型,TC₄对应B型。无论K型还是S型作为控制热电偶丝,TC₄与TC₁的温差均随温度增加而不断增加,说明电压波动对S型有比较大的影响。500℃以下温差较小,1200℃以上温差达到最大值,最高温差40℃。高温段两者温差大与两者的测温范围有关。K型控制比S型控制总体温差要小,原因在于电压波动大情况下K型测温相对较准确,所以输入的电位也较合适,而S型控制时输入的电位偏大导致两者温差加大[图1(b)、(c)]。



(a) 试验方案;(b) K型控制;(c) S型控制

图1 试验方案及测温曲线

Fig. 1 Testing scheme and temperature curves

2.2 力学系统

Gleeble3800试验机的力学系统主要由高速伺服阀控制的液压驱动系统、力传递机械装置、力学参数测量与控制系统等组成,测量、采集试验过程中的力、位移和膨胀量等信号,它的准确与否关系到最终的试验结果的精确程度。

2.2.1 Stroke 零点漂移问题

在热模拟机使用过程中,发现Stroke零点漂移问题逐渐突出。零点漂移过大会造成清零时液压主

轴的前后动作,使得试样异常变形,尤其是在进行压缩试验时导致试样松动或者发生预变形,而导致试验异常结束。图2为此种情况下的应力-应变曲线,图中的尖峰即为试验初期Stroke零点漂移引起的。

避免这种情况的出现需要采取以下措施:①试验准备及试验过程中注意观察和控制液压油温,35℃时状态最佳;②调整Stroke Module相应位置的阻值,调整时要循序渐进;③Stroke零点控制在±0.07左右。

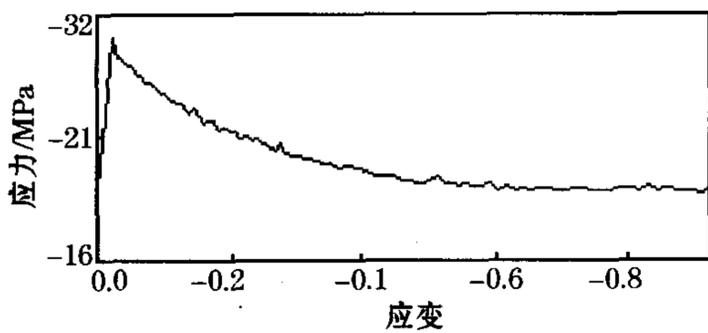


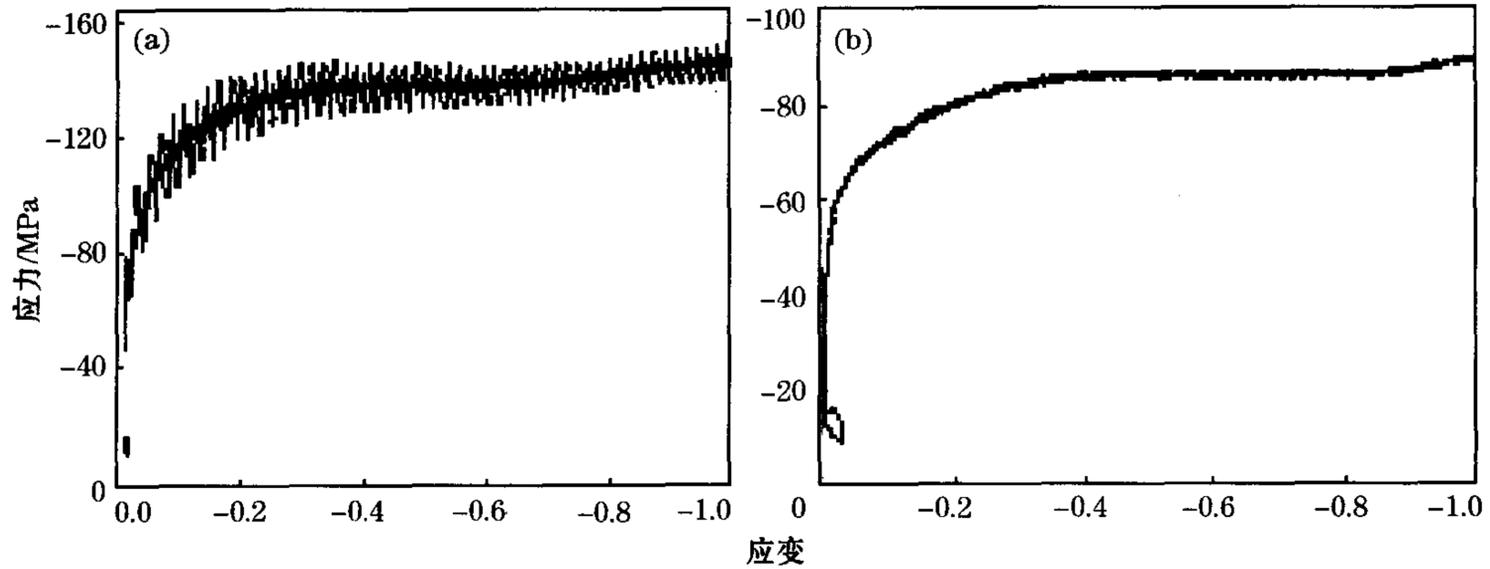
图 2 Stoke 零点漂移大时的应力-应变曲线
Fig. 2 Stress-strain curve in bad zero excursion

2.2.2 热系统电磁场对载荷单元信号的干扰问题

Gleeble 系统采用直接通电方式加热试样,因此试验过程中试样周围空间形成很强的电磁场,这种电磁场会对测试传感器信号造成干扰^[1]。试验过程中(尤其是高速变形试验时)采取关闭加热系统,可以大大改善采集数据质量(图 3)。

2.3 液压楔单元的试样预变形问题

液压楔单元专门用于进行快速单道次和多道次



(a) 有干扰;(b) 无干扰

图 3 载荷单元信号有无干扰时的应力-应变曲线

Fig. 3 Stress-strain curve of load cell under disturbing signal and without disturbing

压缩变形,并能同时实现应变速度和应变量的精确控制,它比通用单元多一套液压系统,因此在系统和结构上与通用单元有很大的不同。由于试样在试验过程中受力复杂和控制上的难度,使得在高温加热和保温过程中的发生预变形,尤其是高温时屈服强度较低的材料,对试验结果产生很大影响。

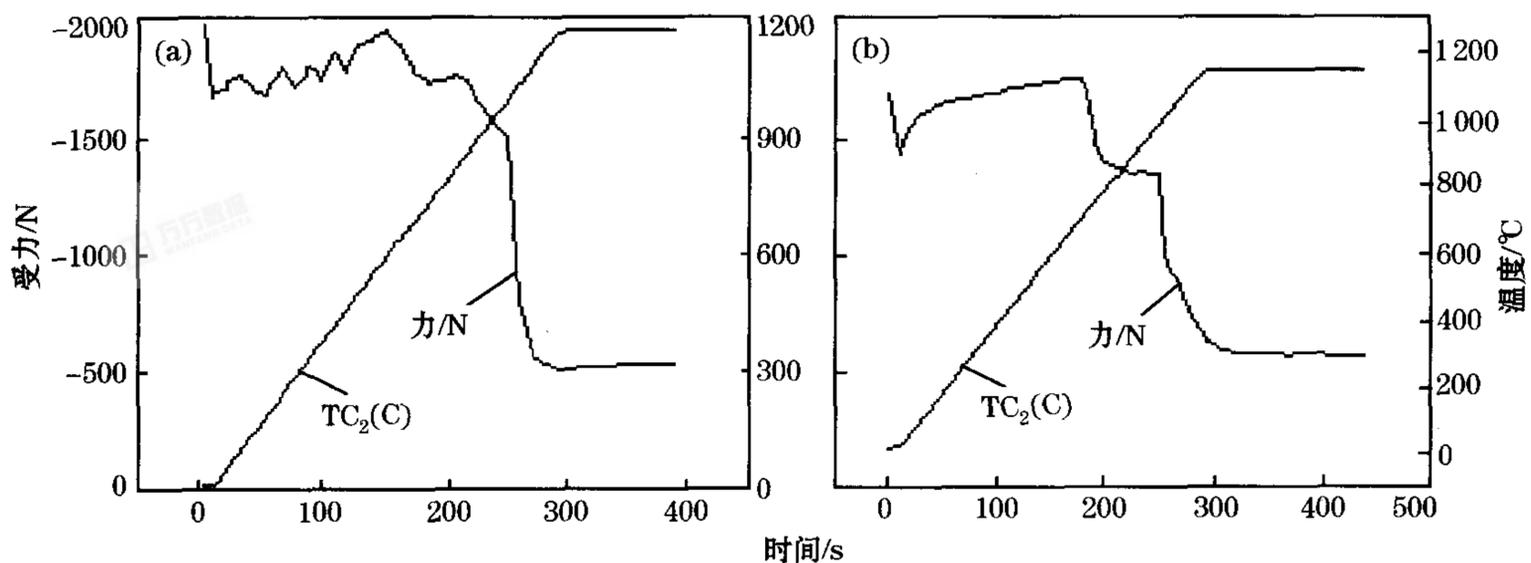
2.3.1 试样预变形分析

图 4(a)为某高温低屈服材料 TKJF-1的压缩试

验试样在升温及保温过程中受力情况,试样发生变形。采用同样方案进行 Q235 对比压缩试验[图 4 (b)],未发生变形。

2.3.2 试样受力分析

采用液压楔单元进行压缩试验过程中试样受力如图 5 所示。可见试样在试验过程中受到 4 方面的力,包括:主轴前后移动时的摩擦力 f 、抽真空后真空室内外气压 F_1 、试样受热膨胀冷却时的力 F_2 以及



(a) TKJF-1;(b) Q235

图 4 不同材料压缩试样预变形比较

Fig. 4 Comparising of pre-deformation between different materials compressed

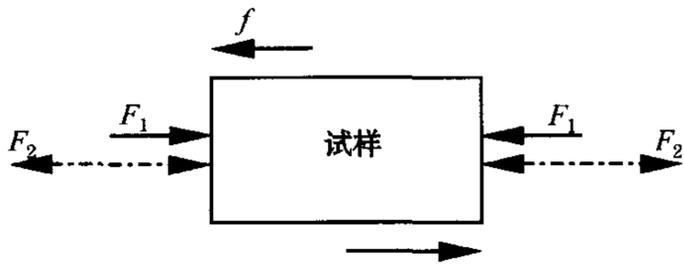


图 5 试样受力示意图

Fig. 5 Schematic diagram of sample forced

空气锤施加的拉或压力 F_3 。试验时 f 、 F_1 、 F_2 是不可控的,而膨胀冷却时的力 F_2 可由 HDS 程序给出的热膨胀系数缓冲,即热膨胀系数如果设定合适,则该力可基本抵消。一般情况下由于对试验材料的热膨胀系数不能进行精确测定而设定不准确, F_2 力依然存在。最有效的就是调整空气锤的力 F_3 。 F_3 的大小必须根据试验过程中的具体情况随时调整,使得试样既不因受压太大发生预变形,又不因受拉与砧子分离造成试验失败。

2.3.3 试验材料分析

TKJF-1、00Cr18Mo2 铁素体不锈钢热模拟高温拉伸最大力值与其它不锈钢比较见图 6。由图可见,1000 °C 以下时变形力在 8 kN 以上,不致造成试样的预变形,铁素体不锈钢强度尤其是 TKJF-1 在

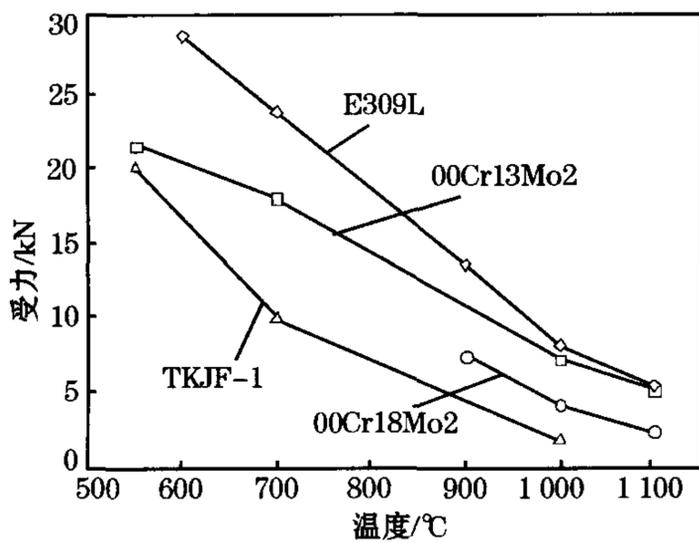


图 6 不同材料高温拉伸最大力值比较

Fig. 6 Comparison of maximum force between different materials

1000 °C 时强度是最低的,为 1.74 kN,而 E309L 为 8.13 kN,因此在此温度以上加热到或保温极易引起预变形。这与此时的组织为铁素体有关。

2.3.4 改进后效果

经反复试验,空气锤力值在 0.6 ~ 0.7 kN 左右时各方面均比较稳定,不会出现试样与砧子分离而打弧的现象,试样上受的力也很小(图 7)。

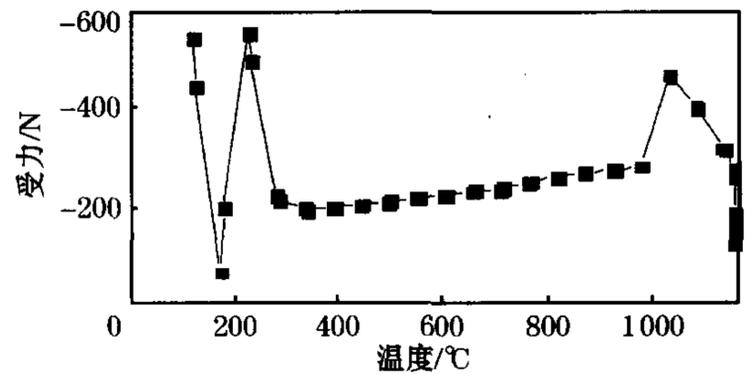


图 7 空气锤适当使用试样后受力

Fig. 7 Force on sample suffered from air ram properly

因此,对高温强度较低的材料,必须灵活运用空气锤,将其设定到一个合适的力值上,并随时根据情况进行调整。

3 结语

基于整个 Gleeble 3800 系统的复杂性,如要正确和准确地实现试验者的思想,必须对整个系统的特性有很清楚的认识和理解,才能编制出与试验者思想相符合的试验程序,才能正确分析和准确排除试验过程中出现异常情况。通过对 Gleeble3800 试验机的整体特性包括:热系统、力学系统和液压楔单元等方面的试验分析研究,为 Gleeble3800 热/力学模拟试验机的充分开发和应用提供了科学的技术依据。

参考文献:

[1] 牛济泰. 材料和热加工领域的物理模拟技术[M]. 北京:国防工业出版社,1999.