

合金结构钢焊接热影响区的组织模拟



Weld HAZ Cycle Simulation By
Gleeble3500

YSU-DSI JIONT LAB
YanShan University

王玉辉

Outline



Gleeble的历史

为什么要进行物理模拟？

本次实验的目的

试验原理及方法

实验仪器及材料

实验步骤

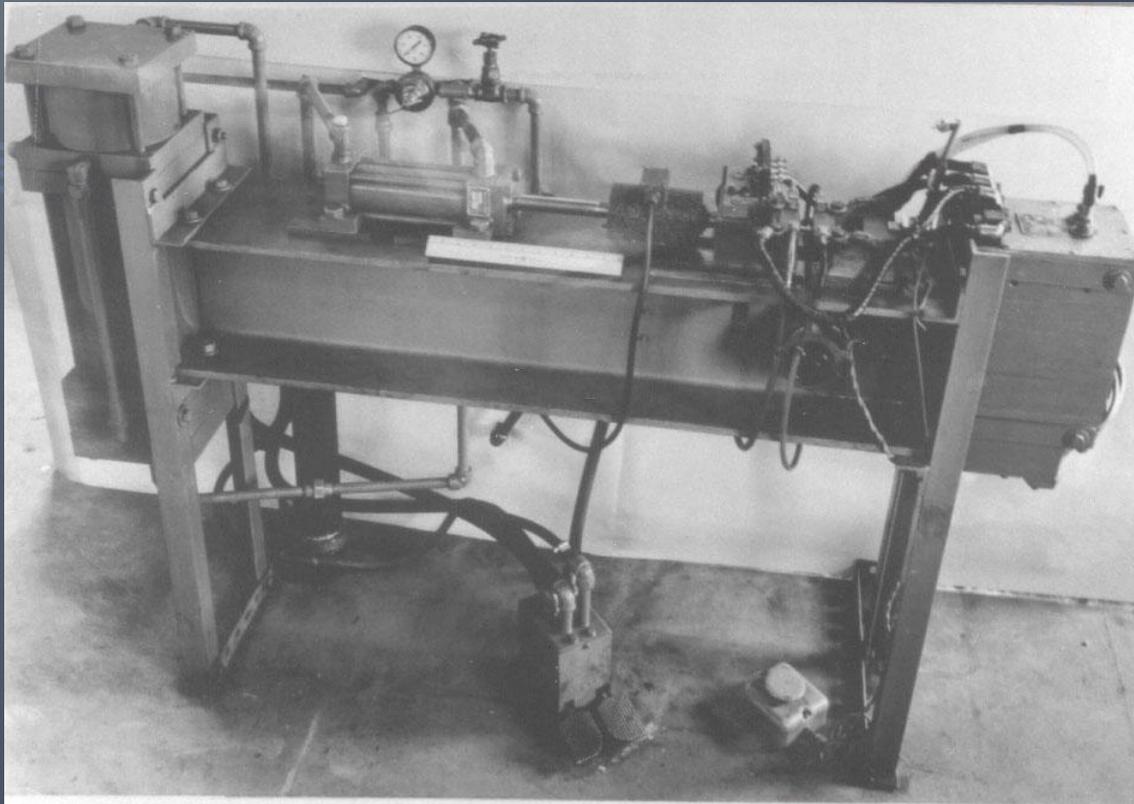


Fig. 5 Photograph of Hot Ductility Equipment

36

Early HAZ simulator

The Gleeble 1500



The Gleeble 2000



The Gleeble 3500



Gleeble 3500 Specifications



Max. speed: *1,000mm/s*

Loading capacity: *10 metric tons in tension and compression*

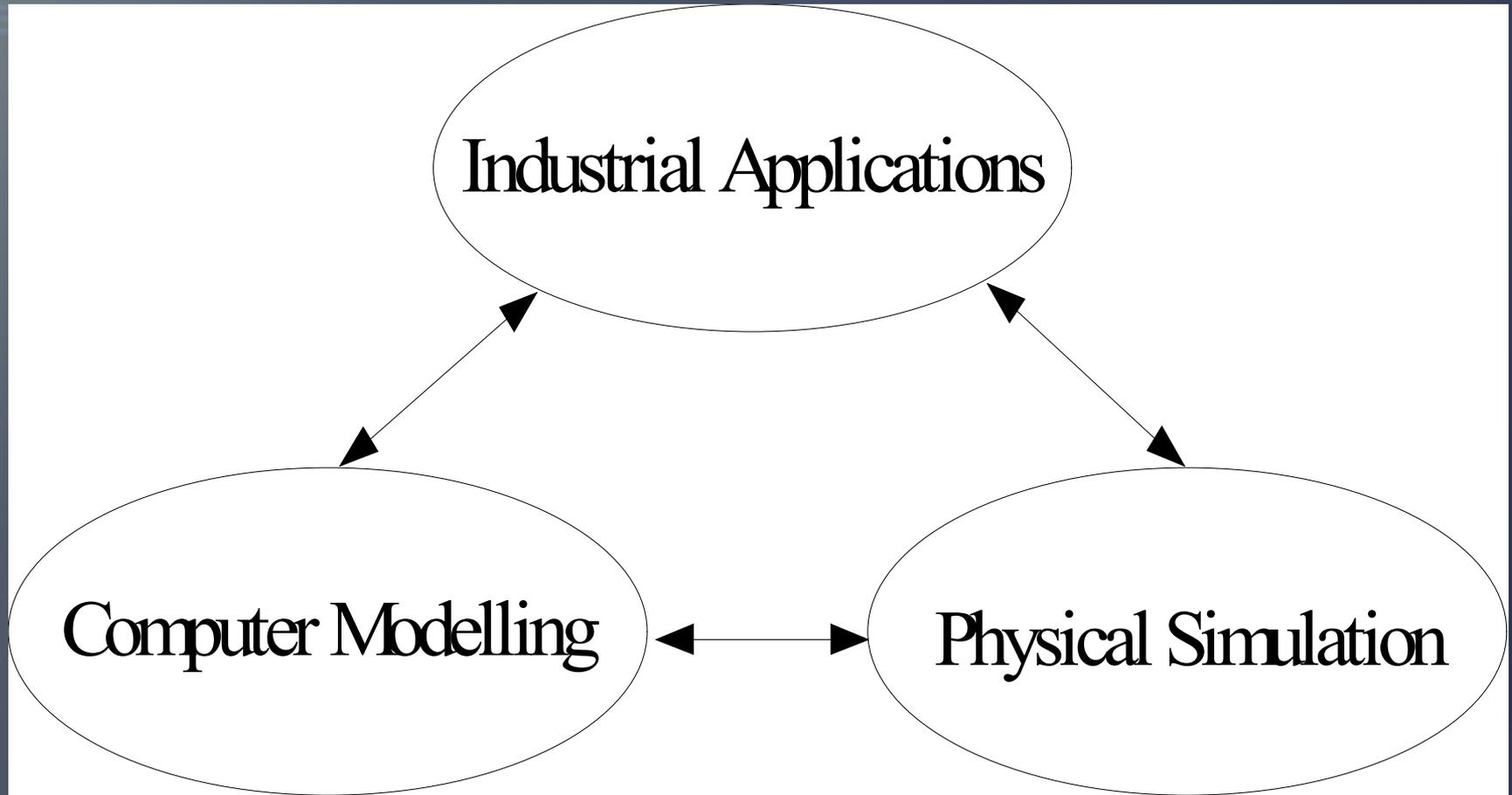
Max. heating rate: *10,000C/sec*

Why Physical Simulation ?



- **Improve yields**
- **Reduce production costs**
- **Enhance material properties**
- **Develop new products and processes**
- **Refine existing products and processes**

Physical Simulation

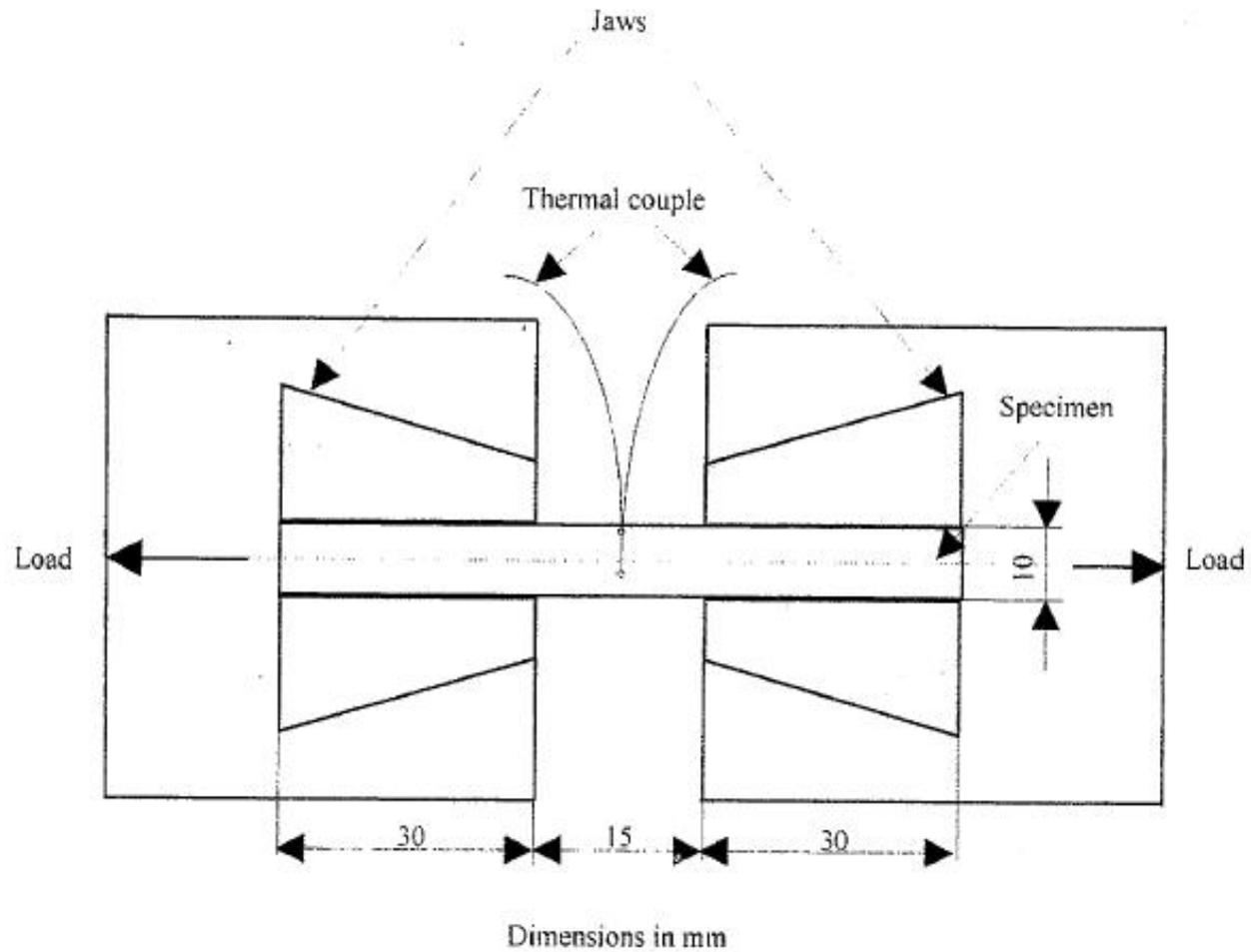


实验的目的



- 了解合金结构钢焊接热影响区的分布特征；
- 了解材料焊接热循环的主要参数及计算数学模型。

试验原理及方法





1. 利用Gleeble热力动态模拟试验进行焊接热影响区组织模拟的相似原理

焊接热影响区是指材料在焊接热源的作用下，焊缝两侧因经受热循环和应力循环的作用，从而发生组织和性能变化的区域。热循环是指焊接过程中随热源在焊件上的移动，焊件上某点经历的先加热后冷却的过程。相应地，热循环的主要特征参数包括加热速度 ω_H 、峰值温度 T_p 、高温停留时间 t_H 和冷却速度 ω_c 。其中冷却速度可以采用连续冷却转变发生时的温度范围 $800-500^\circ\text{C}$ 或 $800-300^\circ\text{C}$ （因被焊材料不同而异）内的冷却时间 $t_{8/5}$ 或 $t_{8/3}$ 来表征。应力循环是指因受热循环的作用，处于拘束状态的焊件上的某点先后经受压应力和拉应力作用的过程。在热循环作用下，因焊接热影响区不同部位所经受的峰值温度不同（取决于该点与热源或焊缝的距离），可以将其划分为依次排列的熔合区、粗晶区、完全重结晶区、不完全重结晶区和回火区，各个区域的组织具有不同的特征。应力循环的附加作用会使上述区域的组织在晶粒度和亚结构上发生一定程度的偏差。

Gleeble-3500热力动态模拟试验机同时具备电阻加热系统、液压加载系统和高精度伺服反馈控制与信号动态采集系统。采用该试验装置在一定尺寸的小试样上再现与实际焊接热影响区某点几乎完全相似的热循环和应力循环，从而获得与实际焊接热影响区相近似的组织状态。这就是焊接热模拟试验的基本原理。



- 在进行焊接热模拟试验前，需了解所要模拟的部件的热循环和应力循环曲线。焊接热循环曲线可以采用实验测定和传热学计算的方法得到。在Gleeble3500系统的HAZ软件包上已经配备了相应的计算焊接热循环曲线的F(s,d)Table实验数学模型及Hannerz、Rosenthal、Rykalin-2D和Rykalin-3D等焊接传热学经典公式，上述焊接热循环的主要参数都包含在计算结果中。利用HAZ软件包可以方便地编制焊接热模拟试验程序。应力循环曲线也可以采用实验测定和弹塑性有限元计算的方法得到，但考虑到与热循环相比，应力循环对焊接影响区组织的影响相对较小，因而在模拟试验中，往往不考虑应力循环的作用。
- 在焊接热模拟试验过程中，Gleeble3500系统按预先设置的焊接热循环曲线将试样进行加热和冷却，并动态实时记录在热电偶附近端的温度变化过程。由于试样是采用电阻热进行加热，并通过试样两端的夹具的热传导来进行散热，因而在试样上的温度分布情况是：沿试样的径向，试样表面与心部的温度差别很小，可以近似地视为“等温面”；沿试样的轴向，试样中心点的温度最高，向两端部温度逐渐降低，在中心处的温度梯度较小，存在一定长度的“均温区”（均温区的大小与采用的夹具和夹具之间的间距有关）。上述温度分布特点使得试样中部一定范围内的组织均匀。与实际焊接热影响区中相应区域分布狭窄的特点相比，模拟试验扩大了热影响区中相应区域的范围，便于进行组织分析和性能试验。



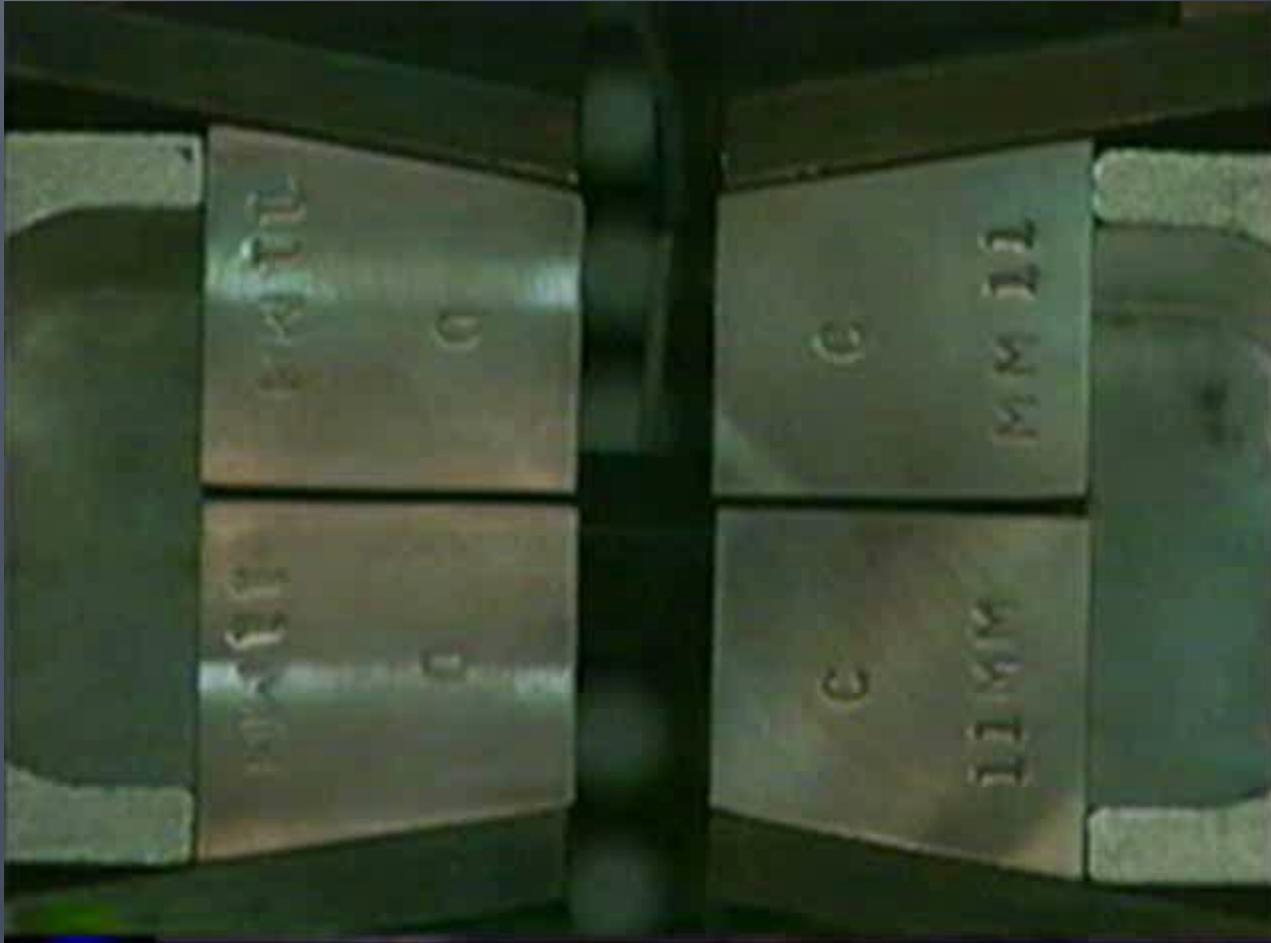
- 2. 焊接热模拟试验数据和试样的处理方法
- 在焊接热模拟试验过程中，Gleeble3500系统采集的数据是试样上的实际温度随时间变化的曲线。在试验结束后，该曲线可以通过Origin软件加以处理，从曲线上可以直接读取加热峰值温度 T_p ，加热速度 ω_H 、高温停留时间 t_H 和冷却速度 ω_c 等热循环的其它主要特征参数可以先通过在曲线上读取相应的坐标值，然后加以简单的计算获取。
- 经焊接热循环模拟后，可以将试样进一步加工成标准试样，进行相关的性能试验，也可以将试样沿热电偶所在的横截面切开，按常规金相检验的方法对模拟焊接热影响区的组织进行观察。

实验仪器及材料



- 1. 10mm × 10mm 铜夹具：1对；
- 2. TYPE-K 型热电偶：1对；
- 3. 试样：10 × 10 × 75mm；
- 4. 无水乙醇：少许；
- 5. 工具：若干。

实验步骤演示





谢谢各位！