

试验研究

12Cr2Mo1R钢的变形抗力研究

夏茂森

(济钢集团有限公司 用户应用技术中心,山东 济南 250101)

摘要:通过热模拟试验,研究了变形温度、变形速率、变形程度对12Cr2Mo1R钢变形抗力的影响,结果表明,在较低的温度和较高的变形速率下,12Cr2Mo1R钢变形抗力增加显著;在同一变形程度下,随温度的升高,变形抗力降低。变形温度为800℃、变形速率为15 s⁻¹时,变形抗力最大值为290 MPa;变形温度为1 050℃、变形速率为1 s⁻¹,变形抗力最小值为110 MPa。

关键词:12Cr2Mo1R钢;变形抗力;变形温度;变形速率;变形程度

中图分类号: TG142.3; TG335.11

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2013)04-0037-02

1 前言

12Cr2Mo1R钢是临界、超临界和超超临界燃煤发电技术中广泛采用的耐热钢,具有合金含量高,性能要求高的特点。生产技术参数的设置直接影响钢板的性能和质量。变形抗力是设计轧机设备、确定电机负荷和制定合理轧制工艺规程的重要依据,影响变形抗力的因素较多,主要有两大因素:一是材料自身的固有特性,包括材料的化学成分、组织类型及结构、晶粒大小等;二是变形条件对材料变形抗力的影响,变形条件包括变形温度、变形速率、变形程度及轧件所受的应力状态。

2 试验材料与方法

试验材料采用济钢生产的12Cr2Mo1R钢,化学成分见表1(质量分数)。

表1 12Cr2Mo1R钢熔炼化学成分 %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.11	0.22	0.43	0.014	0.004	2.1	0.98

本试验采用Gleeble-1500热力模拟机,利用经验公式及实测数据解析等方法研究了12Cr2Mo1R钢的变形抗力。根据设备要求,采用圆柱压缩试样,试样尺寸为Φ8 mm × 15 mm。

试样先以10℃/s的速度加热到1 100℃,保温3 min,充分奥氏体化。然后以10℃/s速度冷却到变形温度,再保温60 s使温度均匀。试验变形温度分别为:1 050、1 000、950、900、875、850、820、800℃;变形速率:1、5、15 s⁻¹;变形程度: $\epsilon = \ln(H/h_0) < 80\%$ (其中H为变形后试样长度, h₀为变形前试样长度),即ε取值为0~ln2,工程应变为60%;变形后以20℃/s的速度冷却至室温。具体试验制度见表2。

收稿日期:2013-04-01

作者简介:夏茂森,男,1967年生,1989年毕业于华东冶金学院金属材料专业;2004年获得山东大学材料工程专业工程硕士。现为济钢用户应用技术中心部长,高级工程师,从事新产品研发及推广工作。

试验工艺路线见图1。

表2 12Cr2Mo1R钢变形抗力试验制度

变形速率/(s ⁻¹)	变形温度/℃							
	1 050	1 000	950	900	875	850	820	800
1	1	2	3	4	5	6	7	8
5	9	10	11	12	13	14	15	16
15	17	18	19	20	21	22	23	24

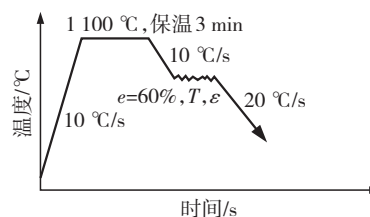


图1 热模拟试验工艺示意图

3 变形条件对δ-ε曲线的影响

3.1 变形温度对变形抗力的影响

变形速率分别为1 s⁻¹、5 s⁻¹、15 s⁻¹,不同温度下,试验测得的变形抗力见图2,即变形温度对变形抗力的影响。在相同的变形速率下,随着变形温度的升高,应力—应变曲线的峰值应力降低,峰值应变变小,动态再结晶越容易发生。因为随着变形温度的上升,空位原子扩散和位错进行攀移、交滑移的驱动力变大,容易发生奥氏体的动态回复和动态再结晶,即软化作用,可以消除或部分消除加工硬化的现象,从而导致材料热变形过程中的峰值应力降低。当变形量逐渐增大时,位错密度及位错消失的速度都有增大,加工硬化速度减弱;同时,随着温度升高,原子的热运动加剧,动能增大,原子间结合力减弱,临界切应力降低,则流变应力必然降低。变形温度较低时,加工硬化率较高,回复软化进行比较困难。

3.2 变形程度对变形抗力的影响

从图2真应力—真应变曲线还可以看出:在同一温度条件下,变形抗力曲线可分为两个阶段,在变形程度较低时(ε<0.25),随变形程度的增加,变

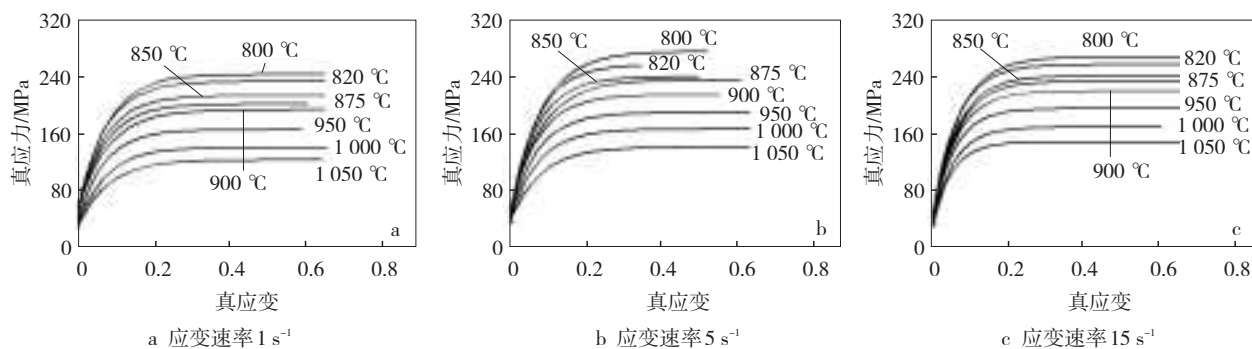


图2 变形温度对变形抗力的影响

形金属内部强化作用增加,变形抗力随着变形程度的增加而迅速增加;在当变形程度达到0.4~0.6时,变形抗力的变化较小,基本趋于稳定,并且有一些在一定的变形条件下,当变形程度达到一定程度时,变形抗力出现峰值(金属变形强化达到极限),变形抗力达到峰值以后,随着变形程度的增加,变形抗力反而有减小的趋势^[1]。

主要原因是,当真应变 <0.25 时,加工硬化占主导地位,此时很少有动态再结晶产生;而当真应变 >0.25 时,奥氏体由于位错应力场造成的畸变能达到一定程度,促使奥氏体发生动态再结晶,动态再结晶的发生与发展使更多的位错消失,材料的变形抗力下降很快。

动态再结晶大体在应力峰值处开始发生,随着变形的继续进行,动态再结晶继续发展,使奥氏体的应力继续下降,直到完成一轮再结晶,变形应力降低到最低值。动态再结晶在变形过程中发展,在动态再结晶形核长大的同时持续进行变形,这样由再结晶形成的新晶粒又发生了新的变形,产生了新的加工硬化,富集了新的位错,并且开始了新的软化过程。就整个奥氏体来说,动态再结晶并不能完全消除全部加工硬化,加工硬化与再结晶软化相当,所以变形抗力曲线表现为比较平滑的一段。

3.3 变形速率对变形抗力的影响

变形温度一定时,不同变形速率下的应力—应变曲线如图3所示。

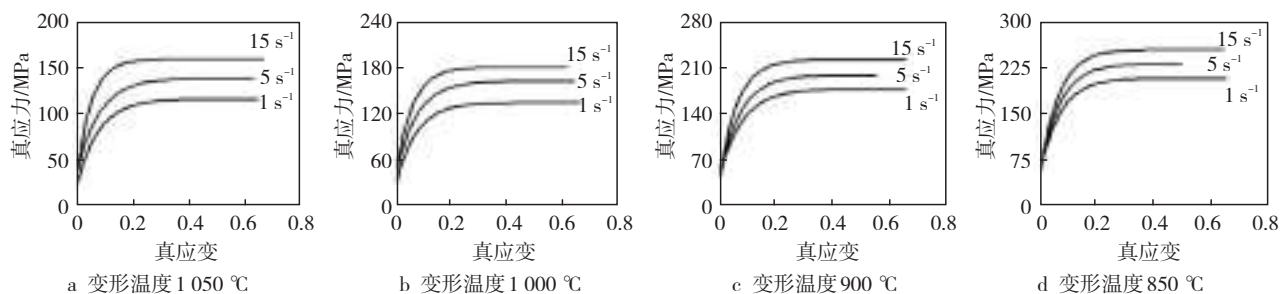


图3 变形速率对变形抗力的影响

在其余条件不变的情况下,随着变形速率的增加,应力—应变曲线上峰值应力和峰值应变都增大,动态再结晶难以发生。主要是由于变形速率的增加,位错移动速度加快,需要更大的切应力,流变应力也必然要提高,使变形抗力增大。另外,从塑性变形过程中硬化和软化这一对矛盾过程来说,变形速率增加,由于没有足够的时间来完成塑性变形,缩短了金属回复和再结晶软化的时间,使其进行得不充分,因而会加剧加工硬化,使金属的变形抗力增大。

考虑变形速率对变形抗力影响,还必须考虑热效应,塑性变形时物体所吸收的能量,将转化为弹性变形位能和塑性变形热能,这种塑性变形过程中变形能转化为热能的现象,即为热效应。当变形速率大时,有时由于温度效应显著,使金属温度升高,对变形抗力也有影响。变形速率还可能改变摩擦

系数,而对金属的变形抗力产生影响。这些因素的共同作用,使得变形抗力随着变形速率的增加而增大。但是变形抗力与变形程度的关系并非单调增加函数,在不同的变形温度和变形速度下,变形抗力随着变形程度的增加而增大,均存在金属的强化现象(也即加工硬化);变形抗力随着变形程度增加而增大的速度(工程上称为强化强度,也即图中曲线的斜率),随着变形程度的增加而降低;变形程度达到某一个值时,变形抗力随变形程度的增加并不明显,强化强度很小或接近于0。

由上述分析可得到如下结论:变形温度越低,变形抗力越大;变形速率越大,变形抗力越大。所以12Cr2Mo1R钢变形抗力在变形温度800 °C、变形速率15 s⁻¹条件下取得最大值,最大值约为290 MPa;在变形温度1050 °C、变形速率1 s⁻¹条件下取得最小值,最小值约为110 MPa。(下转第43页)

4)用EGTA滴定钙时加达旦黄,是为了使绿色荧光消失后呈现的紫红色滴定终点更为清晰^[4]。

5)用CyDTA滴定镁时,用浓氨水代替氨性缓冲溶液,能使重金属离子与铜试剂形成的络合物色泽减弱,并能使指示剂颜色到达终点时有明显的变化,同时还能使酒石酸钾钠、三乙醇胺对铁铝掩蔽效力增强^[3]。

6)在滴定钙时,加入氢氧化钾后必须按操作步骤立即进行滴定。实验证明,加入氢氧化钾后的试液在空气中放置时间越久,所测定的结果越低。原因是氢氧化钾吸收空气中二氧化碳,与试液中的钙离子形成部分碳酸钙沉淀析出,所以滴定接近终点时,要不断用力摇动锥形瓶,使可能形成的少量碳酸钙沉淀转化为络合物。此时溶液出现绿色荧光,要继续滴定至呈现稳定的紫红色为终点。

7)EGTA和CyDTA标准溶液的浓度最好用钙标准溶液和镁标准溶液标定,也可用含钙含镁量相近的镁石标样按同样分析方法操作标定之,这样可消除试剂空白的影

4 结 语

用碱熔酸化的分析方法处理碳镁球团试样,用同一母液对MgO、CaO、SiO₂等组分进行测定,减少了试样单独处理的过程,大大缩短了分析周期,降低了化验成本,取得了令人满意的分析结果。本实验测定方法可用于炼钢企业精炼剂、进厂炼钢辅料检验及异议仲裁测定。

参考文献:

- [1] 国家机械工业委员会.工业分析(高级工业化学分析工培训教材)[M].北京:机械工业出版社,1990:205-206.
- [2] R·浦希比.实用络合滴定法[M].李焕然,译.广州:中山大学出版社,1987:420-421.
- [3] 王际祥,马淑华,李玉梅. EGTA、CyDTA络合滴定法测定白云石、石灰石中氧化钙和氧化镁的试验报告[J].山东冶金,1993(1):42-43.
- [4] 王际祥.用半胱氨酸作测定钙的掩蔽剂[J].山东冶金,1985(2):41-42.
- [5] 鞍钢钢研所.实用冶金分析[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1990:556-557.

Determination of CaO, MgO and SiO₂ in Carbon-magnesia Pellet Composite Deoxidizing and Desulfurizing Agent

CAO Yuhong, GAO Zhuocheng, WANG Huiqing, LIU Chunyang

(Laiwu Breach Company, Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

Abstract: The sample is melt by alkaline flux, then leached and acidized by diluted hydrochloric acid and constant volume. A part of testing solution is taken, and the acidity of each element is controlled by regulation during analysis. By the logarithm difference of 5.8 between calcium/magnesium and EGTA complex constant, in the presence of Mg, the content of Ca may be titrated by EGTA to shelter Ca at the same time, then CyDTA is used to titrate Mg, then the content of SiO₂ is determined by silicon molybdenum blues photometry, realizing the fast analysis of MgO, CaO and SiO₂ by the same mother solution. By this method, the determination of MgO, CaO and SiO₂ in carbon-magnesia pellet is carried out, and the result is satisfactory and the RSDs are less than 0.24% (MgO), 2.82% (CaO) and 2.93% (SiO₂) respectively.

Key words: carbon-magnesia pellet; compleximetry; photometry; CaO; MgO; SiO₂

(上接第38页)

4 结 论

12Cr2Mo1R钢变形抗力在较低的温度和较高的变形速率下,变形抗力增加显著;在同一下变形程度下,随温度的升高,变形抗力降低。变形温度在

800~1050℃、变形速率在1~15s⁻¹时,12Cr2Mo1R钢变形抗力最大值为290MPa,此时,变形温度为800℃,变形速率为15s⁻¹;变形抗力最小值为110MPa,此时,变形温度为1050℃,变形速率为1s⁻¹。

参考文献:

- [1] 崔忠圻.金属学与热处理[M].北京:机械工业出版社,1999.

Study on the Deformation Resistance of 12Cr2Mo1R Steel

XIA Maosen

(The Customer Application Technology Center of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101 China)

Abstract: Based on the thermal simulation test, the influence of deformation temperature, deformation rate and deformation degree on the deformation resistance of 12Cr2Mo1R steel was studied. The results showed that under lower temperature and higher deformation rate, the deformation resistance of 12Cr2Mo1R steel increased significantly; under the same deformation degree, with the increasing of temperature, the deformation resistance decreased. The deformation temperature is 800℃ and the deformation rate is 15s⁻¹, the maximum value of deformation resistance is 290MPa; the deformation temperature is 1050℃ and the deformation rate is 1s⁻¹, the minimum value of deformation resistance is 110MPa.

Key words: 12Cr2Mo1R steel; deformation resistance; deformation temperature; deformation rate; deformation degree