

预硬型塑料模具钢 P20 和 718 等温转变曲线的测定与分析

宋冬利,顾剑锋,胡明娟

(上海交通大学 高温材料及高温测试教育部重点实验室,上海 200030)

摘要:针对厂方设计并生产的 P20 和 718 钢,利用膨胀法测定了它们的等温奥氏体转变曲线(TTT 曲线),并对曲线进行了分析和讨论,为制订合理的预硬化工艺建立了依据。

关键词:预硬型塑料模具钢;等温奥氏体转变曲线;膨胀法

中图分类号:TG142.45;TG111.5 文献标识码:A 文章编号:0254-6051(2003)12-0027-03

Measurement and Analysis of TTT Diagrams of Pre-hardened Plastic Die Steels P20 and 718

SONG Dong-li, GU Jian-feng, HU Ming-juan

(Key Laboratory of the Ministry of Education of High Temperature Materials and Testing, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The TTT diagrams of the pre-hardened plastic die steels P20 and 718 from a steel plant were measured by dilatometer method. The character of the measured TTT diagrams was analyzed and discussed, which is a necessary basis for designing a proper pre-hardening process of these steels.

Key words: pre-hardened plastic die steel; TTT diagram; dilatometer method

近年来,我国在引进国外塑料模具用钢的同时,自行研制和开发了一些新的塑料模具专用钢,如预硬型塑料模具钢、易切削预硬钢、非调质模具钢、时效硬化钢、耐蚀塑料模具钢等等^[1]。其中,预硬模具钢是在调质处理到一定硬度后供货的,然后在预硬态进行模具加工,不再进行热处理。这样可以避免模具的变形开裂,保证精度,降低成本,大大缩短制造周期,所以预硬型塑料模具钢的市场前景广阔。预硬型塑料模具钢的生产有两个关键因素,一是设计合适的化学成分,二是制定合理的预硬化工艺。据文献报道^[2~4],近年来国内许多厂家都在研制 P20 钢和 718 钢这两种性能优良的钢种及其它们的预硬化工艺。本文针对上海钢铁五厂自行设计并生产的 P20 钢和 718 钢,测定了它们的 TTT 曲线,为其制订合理的预硬化工艺作必要的准备。

1 试验过程

1.1 试样制备

试验用料取自该厂自行设计的 P20 和 718 钢,成分见表 1,其制备工艺流程为:电炉加真空精炼锻造退火。试样加工成 $\phi 3\text{mm} \times 10\text{mm}$ 的小圆柱,并在其一端的中心钻一尺寸为 $\phi 1.6\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的小孔以便插入热电偶测温。

作者简介:宋冬利(1976—),女,山西太谷人,博士生,主要从事热处理智能化研究。联系电话:021-62932563-8011

收稿日期:2003-04-24

表 1 试样的化学成分(质量分数,%)

Table 1 Chemical composition of the samples(wt %)

钢号	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
P20	0.33	0.78	0.42	0.009	0.010	1.67	0.35	0.03	0.06
718	0.35	0.75	0.40	0.012	0.007	1.75	0.40	1.14	0.11

1.2 试验原理及设备

TTT 曲线是描述钢的过冷奥氏体在不同给定温度下保持适当时间所发生的转变过程,即转变开始和转变结束的时间,因此是制订热处理工艺的依据。TTT 曲线的测量方法有金相法、硬度法、膨胀法、磁性法及电阻法等,本文采用膨胀法来测定。

钢的基本相的比容关系是:马氏体 > 铁素体 > 珠光体 > 奥氏体 > 碳化物。钢由低温相(相)转变成高温相(相)时,由相变引起的体积效应叠加在纯粹的热胀冷缩曲线上,这就会破坏膨胀量与温度间的线性关系。在 A_{c1} 点以下时,试样只是由于热膨胀而伸长,而在 A_{c1} 点因为发生相变形成体积减小的新相,与热膨胀伸长叠加的结果是试样长度反而缩短。直到相变终止点 A_{c3} 温度,此刻试样因相变结束而继续伸长,所以可以根据加热时试样的膨胀量与温度的关系曲线(图 1)确定钢的临界点(A_{c1} 与 A_{c3})。淬火冷却时奥氏体成线性收缩,当快速冷却发生马氏体相变时,体积开始膨胀,膨胀曲线开始偏离原来的线性直线,直到马氏体转变结束,膨胀曲线又恢复到随温度下降线性收缩的直线上。图 2 的膨胀曲线上,A 点是马氏体形成的开始温度,B 点为马

氏体形成的终了温度。

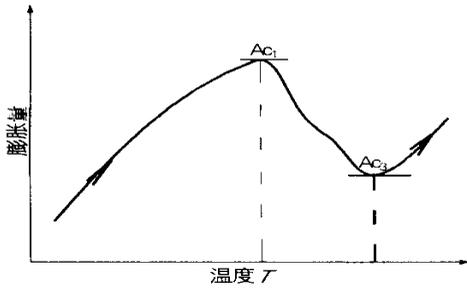


图 1 测定临界点的膨胀曲线示意图

Fig. 1 Sketch of dilative diagram testing critical points

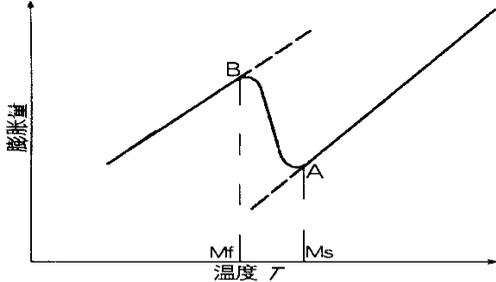


图 2 测定相变点的膨胀曲线示意图

Fig. 2 Sketch of dilative diagram testing transformation points

由于奥氏体的比容最小,过冷奥氏体发生等温转变时,也必然导致试样长度发生变化,从而可以绘出等温转变的“膨胀-时间”曲线,如图 3 所示。图中, bc 段表示试样从高温淬火到等温温度时过冷奥氏体的纯冷却收缩;cd 段为孕育期;df 段表示随着奥氏体的分解,试样长度(体积)随时间的变化;到 f 点后,曲线平稳,长度不再变化,表示转变结束。在某时刻(g 点),奥氏体的转变量 m 可由下式进行计算:

$$m = \frac{L}{L} \%$$

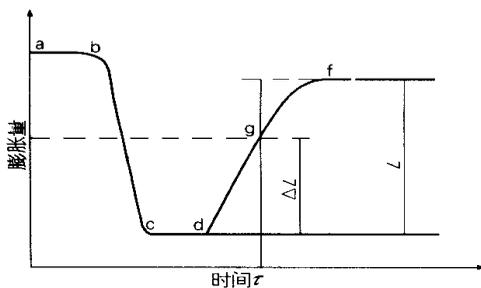


图 3 等温转变的“膨胀-时间”曲线示意图

Fig. 3 Sketch of dilatation-time diagram of isothermal transformation

式中, L 为某一时刻奥氏体等温转变所伴随的试样膨胀量(即伸长), L 为奥氏体完全转变(残留奥氏体忽略不计)时,试样的总膨胀量(即总伸长量)。

本文所采用的是电子记录控制膨胀信号的热膨胀仪。试样的膨胀信号由中心石英杆传递到差动变压器上,推动铁心移动。而差动变压器输出的信号和铁心位移即试样的伸长成正比,这样可由双笔记录的电子电位计来自动记录试样的膨胀量。

1.3 试验步骤

TTT 曲线的测定分两个步骤,首先是测定钢的临界点及相变点,然后测定各个不同的等温温度相变的开始时间和终了时间。

(1) 临界点 Ac_1 、 Ac_3 的测定。首先将试验端面加工光滑平整,并镀铬,保证试样与石英管和石英棒的紧密接触,并可防止表面脱碳。然后将试样置于膨胀仪中,在保护气氛(氩气)中加热,同时由电子电位计自动记录试样加热过程的膨胀曲线。最后通过分析膨胀曲线,得到 Ac_1 和 Ac_3 。

(2) 相变点 Ms 、 Mf 的测定。首先将加工好的试样放置于膨胀仪中,加热到奥氏体化温度(P20 钢: 850 ,718 钢:860),保温 10min,以获得均匀的奥氏体。然后迅速转入淬火槽中,由电子电位计来自动记录淬火过程中试样的膨胀曲线。最后分析膨胀曲线,得出 Ms 和 Mf 。

(3) 测定各个不同的等温温度下相变的开始时间和终了时间。首先将 Ac_1 至 Ms 区间分为若干个温度间隔(本文取 25)作为等温温度,为每一等温温度制备一组试样并选取合适的等温时间。将试样加热到奥氏体化温度(P20 钢 850 ,718 钢 860 ,均保温 10min),获得均匀的奥氏体,然后迅速冷却到临界温度以下的某一温度的热浴中,保持恒温一定时间使过冷奥氏体转变,而后取出试样,迅速放入盐浴中,由电子电位计自动记录等温过程中试样的膨胀曲线。根据不同温度的膨胀曲线,进行数据处理可以得到钢的 TTT 曲线。

2 试验结果及分析

表 2 所示为试验测得的 P20 钢及 718 钢的临界点和相变点,同时也示出了文献[4]中提供的两种钢的临界点和相变点。

表 2 两种钢的临界点和相变点

Table 2 The critical points and transformation points of the two steels

钢种	$Ac_1/$	$Ac_3/$	$Ms/$	$Mf/$
实测值	720	780	260	180
文献[4]值	730	795	280	
实测值	750	840	285	100
文献[4]值	725	810	285	

从表 2 可以看出,文献中所报道的这两种钢的临界点和相变点与本文中测定的有较大的差别,特别是 718 钢的临界点相差 25 ~ 30 。这种差别可能是由于钢的化学成分、晶粒尺寸或其他测试条件不同而引起的。因此对于特定材料,需要重新准确测定其临界点和相变点,以利于制订合理的热处理工艺。应用现有参考资料时应考虑到各种具体因素,而不可盲目应用。

图 4a, b 分别为试验测得的 P20 钢和 718 钢的 TTT 曲线。从图 4 可以看出, P20 钢和 718 钢的先共析相区域和珠光体区域重合,这是由于钢中合金元素 Mo 对非共析钢由奥氏体分解析出先共析产物(铁素体和碳化物)的速度有抑制作用^[5],从而使得先共析相的转变开始推迟,与珠光体转变开始线重合。此外无论 P20 钢还是 718 钢均出现珠光体区域和贝氏体区域分离,即出现两个“鼻子尖”的现象。这是因为钢中的合金元素 Mo 是抑制珠光体转变最强烈的元素,它显著增大了过冷奥氏体在珠光体转变区的稳定性,即延长珠光体相变的孕育期,而它对贝氏体相变的速度影响甚小。因此,珠光体转变部分显著右移,而贝氏体转变部分却影响很小。文献中报道^[6],当 Mo 含量在 0.3 % 以上时,钢的 TTT 曲线出现两个“鼻子尖”,即有两个最大转变速度值,而在 500 ~ 600 左右出现“海湾”,即奥氏体亚稳定区。另外,随 Cr 含量的增加,珠光体转变部分向高温移动,贝氏体转变部分向低温移动,结果也促使这两部分分开。

进一步比较图 4a 和 b 可知,718 钢的 TTT 曲线较 P20 钢的 TTT 曲线在珠光体区域更加向右移,因而 718 钢在珠光体转变的“鼻子尖”处的孕育期较 P20 钢在该处的孕育期长,即 718 钢的淬透性优于 P20 钢。这是源于两种钢的化学成分的差异,718 钢比 P20 钢含有更多的合金元素 Cr、Mo、Ni,而这些合金元素正是提高钢的淬透性的关键因素。

3 结论

通过膨胀法测定了两种预硬性塑料模具钢 P20 钢和 718 钢的 TTT 曲线,由于钢中合金元素的影响,使得两种钢的先共析相区域和珠光体区域重合、

珠光体区域和贝氏体区域分离,出现两个“鼻子尖”。另外,比较这两种钢的 TTT 曲线,可知 718 钢的淬透性优于 P20 钢。本文测定的 TTT 曲线,为下一步进行计算机数值模拟以制订合理的预硬化工艺提供了必要的数据库。

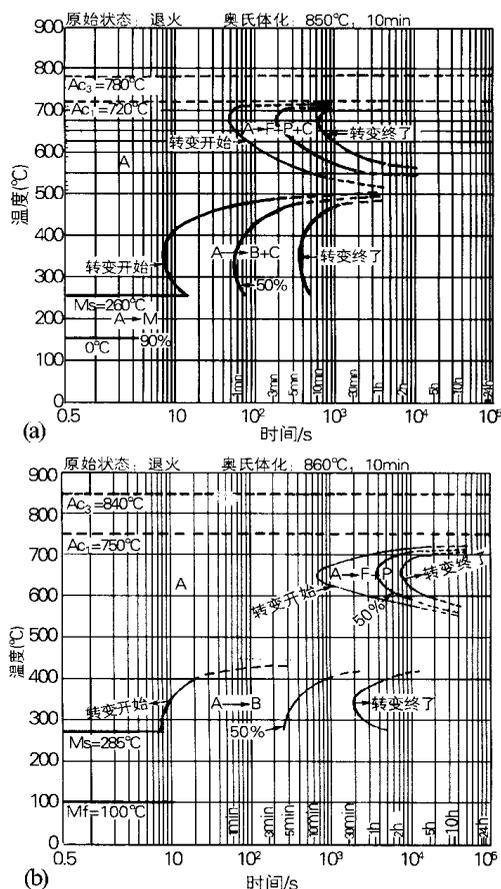


图 4 P20 钢(a)和 718 钢(b)的 TTT 曲线

Fig. 4 The TTT diagram of P20 steel (a) and 718 steel (b)

参考文献:

- [1] 崔 崑. 中国模具钢现状及发展() [J]. 机械工程材料, 2001, 25(2): 1-4.
- [2] 刘大恩. ASSAB718 镜面塑料模具钢开发研制 [J]. 特钢技术, 1997, (10): 69-73.
- [3] 四川川投长特集团公司第三钢厂模具钢组. 预硬化 718 塑料模具钢试制 [J]. 特钢技术, 1999, (4): 1-6.
- [4] 冯颖璋, 潘振鹏. 大型塑料模具钢材的热处理 [J]. 国外金属热处理, 2000, 21(3): 18-21.
- [5] 孙珍宝. 合金钢手册 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984: 73.
- [6] 林慧国, 傅代直. 钢的奥氏体转变曲线 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1988: 107.

会讯 2004 年 4 月 6~9 日将在江苏省扬州市召开“国防科技工业铸、锻、焊、热处理工艺创新与发展技术交流会”, 请有关科技机构及技术人员根据实际情况认真总结并撰写交流论文, 于 2004 年 3 月 15 日前连同会议回执寄到会务组。会务组电话: 010-68963218, 13601359780 传真: 010-68963663 联系人: 吕德隆 地址: 北京市海淀区车道沟 10 号科技楼 708 号 会务费: 800 元/人会议期间食宿统一安排, 费用自理 会议地址: 扬州市培训中心 E-mail: N T N P @ 263. net