

轧制条件及轧后冷却对45钢相变温度的影响

李曼云

刘松泉

(北京钢铁学院) (成都无缝钢管厂)

【提要】控制轧制工艺很大程度上取决于轧制条件、轧后冷却。该文通过加热温度、轧制温度、变形量、轧后冷却对45钢相变温度 Ar_3 、 Ar_1 的影响试验,找到了对相变温度 Ar_3 、 Ar_1 影响的主要因素,为正确制定在定径机上进行控制轧制的工艺提供了数据。

在定径机上对石油套管进行控制轧制,以提高套管的性能。控制轧制工艺很大程度上取决于轧制条件、轧后冷却。为了制定正确的控轧工艺,我们对轧制条件及轧后冷却对45钢相应温度的影响进行了研究。

1. 试验方案

1.1 轧制工艺参数

轧制工艺中,对加热温度、轧制温度、变形量和轧后冷却速度采用如下参数:

1) 加热温度:采用950℃、900℃、850℃、800℃、750℃五个温度,当试样中心达到规定加热温度时,再保温10分钟后出炉。

2) 轧制温度:采用900℃、850℃、800℃、750℃、700℃五个温度。

3) 变形量:一道轧制压下率分别为0%、5%、15%、25%、35%,轧后空冷。

4) 冷却速度:当加热温度为900℃,轧制温度为850℃和800℃二组。压下率为0%、5%、25%时,轧后冷却采用表1方式及速度。

表1

冷却方式	空冷	风冷	喷水冷
轧后平均冷却速度 (°C/s)	1.5	7	30

1.2 试样尺寸及化学成分

试样取自工厂生产的 $\phi 177.8 \times 10$ mm的

无缝钢管,切成长100mm、宽30mm的矩形试样。其化学成份如表2所示。

表2

化学元素	C	Si	Mn	S	P
含量 (%)	0.46	0.24	0.69	0.021	0.011

为了使热轧后试样的冷却条件一致,在试验中,根据压下率要求,将轧前试样厚度作得不同,以便轧后得到同样厚度。根据计算,轧前试样厚度如表3所示。

表3

相对变形量 (%)	0	5	15	25	35
轧前厚度 (mm)	7.0	7.4	8.3	9.4	10.8

1.3 相变温度的测定方法

由于相变时产生热量使冷却速度改变,通过冷却曲线变化找其相变温度。我们采用热分析法测量轧后试样,但其精度取决于测量装置及其数据处理。

我们采用的装置原理是将热电偶焊在试样中心部位,其热电偶通过补偿线把试样中温度引起的电动势信号,输入数字电压表,显示试样温度。同时,通过打字机将温度数值连续纪录下来。将所得数据通过计算机处理打印出 $(\Delta mv/\Delta t - t)$ 曲线,根据曲线的

变化确定相变温度。

为了证实其可靠性,采用全相法进行验证。

2. 试验结果

2.1 加热温度对形变奥氏体转变温度的影响

如图1所示,随着加热温度降低, Ar_3 温度升高,对于变形量小(8%)的条件下尤为显著。不同轧制温度(图1, b)其规律基

本一致。在950℃降至900℃轧制比900℃降至850℃轧制 Ar_3 升高明显。我们分析其原因这是由于加热温度降低,原始奥氏体晶粒减小,致使 Ar_3 温度升高,而在变形量大的条件下,变形的影响更加显著。

对于 Ar_1 , 加热温度对其影响不显著。

2.2 轧制温度对形变奥氏体转变的影响
轧制温度对 Ar_3 温度变化影响如图2所示。

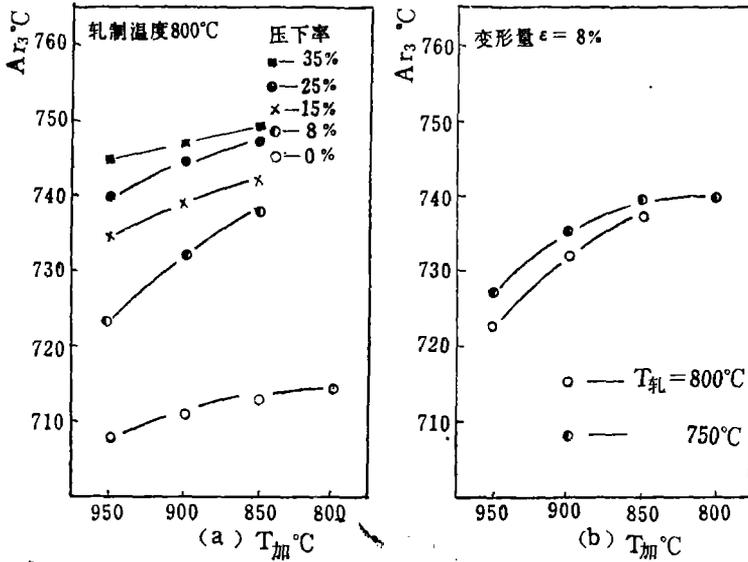


图1 加热温度对 Ar_3 的影响

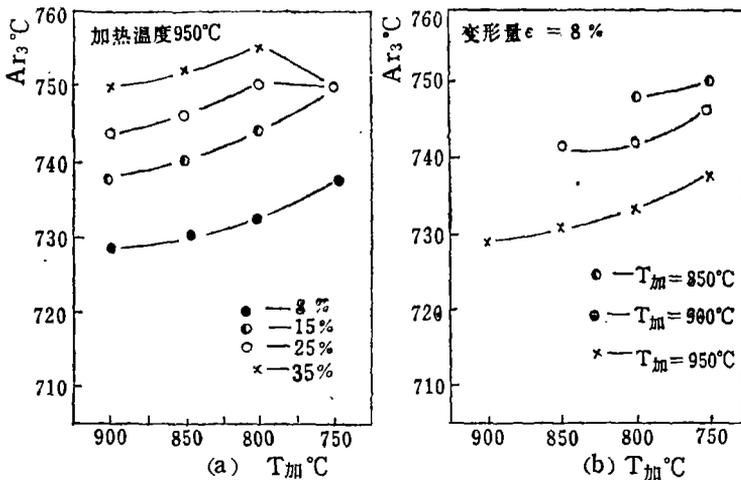


图2 轧制温度对 Ar_3 的影响

在本实验条件下,随着轧制温度降低, Ar_3 升高。在 $900^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ 范围内, $\epsilon = 15\%$, 950°C 加热条件下, Ar_3 温度从 737°C 提高到 750°C 。变形量大的情况下, 750°C 轧制时,由于轧制温度低,轧后立即相变。因此,相对于 800°C 轧制时,相变点 Ar_3 偏低,变形量大时,轧制温度影响更明显。

轧制温度对 Ar_1 的影响不明显,与不变形时相比提高 $3 \sim 6^{\circ}\text{C}$ 。

2.3 变形量对形变奥氏体相变温度的影响

图3表示 Ar_3 温度随形变量的变化规律。在 800°C 轧制时,随着形变量增加, Ar_3 温度明显上升。35%的变形量时, Ar_3 温度比

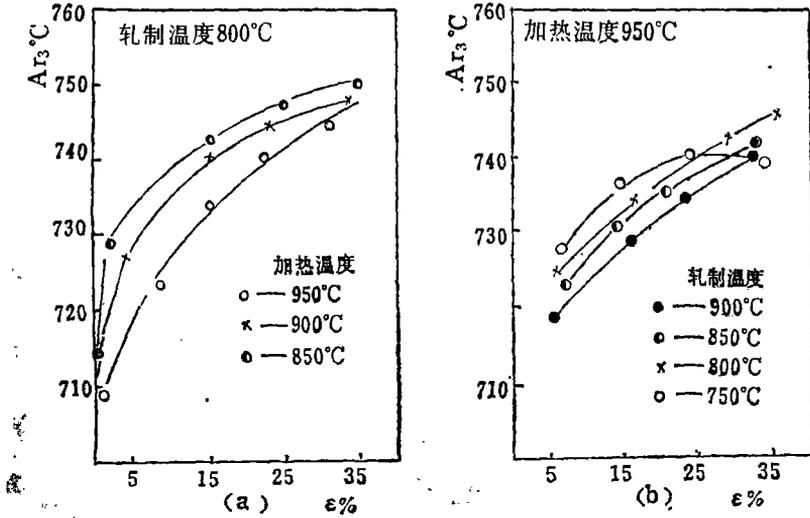


图3 形变量对 Ar_3 温度的影响

不变形试样提高 36°C 左右。但在形变量小时,随着形变量增加, Ar_3 明显提高。

Ar_1 随变形量的提高也相应的提高。从图4中可以看出,同一冷却速度,变形量增大, Ar_1 升高。但在冷却速度小时,则不明显,如在 $1.5^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 时,三种变形量条件下, Ar_1 很接近,但没有 Ar_3 那样明显。

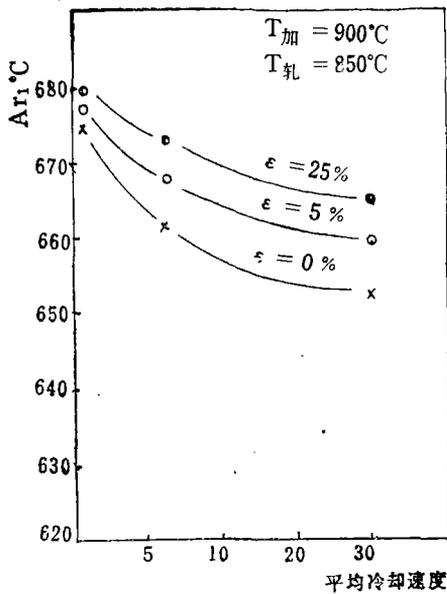
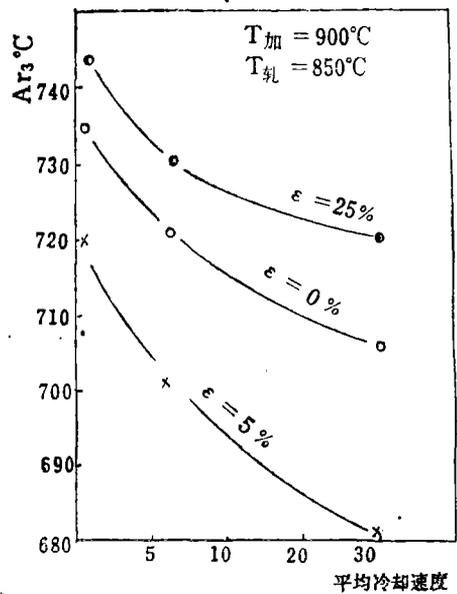
在 700°C 轧制时,即双相区轧制,变形量对 Ar_3 无影响。由于先相变后变形, Ar_1 随变形量增大有所上升。如在 950°C 加热,变形量由 5% 增至 32% 时, Ar_1 温度上升 5°C , Ar_1 开始从 680°C 升至 685°C 。 Ar_1 完成也相应提高(在 $660 \sim 670^{\circ}\text{C}$ 范围内)。

2.4 冷却速度对形变奥氏体转变温度的影响

图4、5表示了冷却速度对 Ar_3 及 Ar_1 的影响规律。

从图中可见,随着冷却速度增加, Ar_3 、 Ar_1 温度下降, Ar_3 温度下降较明显,不变形试样更明显。在同一冷却速度,变形使 Ar_3 、 Ar_1 升高,它们随变形量增加而增加,如图5所示。以 $7^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的速度冷却时,当变形量为 25% 时,其 Ar_3 值比不变形时的 Ar_3 值提高 30°C 左右,而在 $30^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 冷速下,其值提高 40°C 左右。同样,对 Ar_1 的影响规律相似,但其值大大减小。

从以上结果看出,轧制工艺参数中,影响最明显的因素是变形量,而冷却速度对相变温度的影响极其明显。这是由于变形使畸变能增加或使再结晶过程进行,使晶粒变

图4 冷却速度对 Ar_3 的影响图5 冷却速度对 Ar_1 的影响

小，晶界增加等因而造成相变点提高。而变形后冷却速度增加，使相变时的过冷度增加，因而降低相变温度。

3. 结论

3.1 模拟定径工艺参数：当冷却速度为 $1.5^\circ\text{C}/\text{s}$ 时，在实验室测得45钢的相变温度 Ar_3 为 720°C 左右。由于变形，使其温度升至 757°C 。 Ar_1 在未变形时为 $679\sim 655^\circ\text{C}$ ，变形后，最高升到 685°C 。

3.2 轧制工艺参数：轧制温度、加热温度、变形量对相变温度(Ar_3 、 Ar_1)影响以变形量最明显，它们随变形量加大而升高，其中对 Ar_3 影响更为显著。轧制温度降低使 Ar_3 升高，但对 Ar_1 影响不明显。在 700°C 轧制时（即 Ar_3 以下）， Ar_1 升高较明显。

3.3 增加轧后冷却速度： Ar_3 和 Ar_1 都降低，但 Ar_3 下降明显。

参 考 文 献

- [1] 王有铭等，直接测定热轧金属相变温度的方法，钢铁，1982，№6
- [2] Miczo Alloying, 75, 1977
- [3] 控制轧制技术基础及其应用，日本钢铁基础共同研究会高温变形分会编写（1980），鞍钢情报所译，1983