

## 前 言

连铸保护渣物理试验方法由下列标准组成：

YB/T 185 连铸保护渣粘度试验方法；

YB/T 186 连铸保护渣熔化温度试验方法；

YB/T 187 连铸保护渣堆积密度试验方法；

YB/T 188 连铸保护渣粒度分布试验方法；

YB/T 189 连铸保护渣水分含量(110℃)测定试验方法。

本标准采用旋转法测试连铸保护渣熔渣在 1 300℃下的粘度值。

本标准由冶金工业信息标准研究院提出并归口。

本标准负责起草单位：重庆大学、天津钢管公司。

本标准参加起草单位：钢铁研究总院、宝山钢铁集团公司、武汉钢铁集团公司、包头钢铁公司、北京科技大学、上海盛桥冶金材料厂。

本标准主要起草人：王 谦、王 雨、迟景灏、付继成、曾朝晖。

## 连铸保护渣粘度试验方法

Method of the test for viscosity of continuous casting mold powder

### 1 范围

本标准规定了连铸保护渣粘度试验的方法提要、设备及材料、试样、粘度计校正、试验步骤、结果计算及试验偏差、试验报告。

本标准适用于连铸保护渣粘度的测试,测试范围:粘度值 $\geq 0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。

### 2 引用标准

下列标准包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 8170 1987 数值修约规则

YB/T 5218—1993 乐器用钢丝

### 3 方法提要

在高于连铸保护渣熔化温度的条件下,将石墨或金属钼圆柱体浸入石墨坩埚盛装的保护渣熔体中,通过测试圆柱体的转矩确定熔渣粘度。

当圆柱体和石墨坩埚的几何条件、吊丝尺寸和转速固定时,粘度只与吊丝扭角或扭矩即脉冲信号的时间差 $\Delta t$ 成正比,有

$$\eta = K \cdot \Delta t \quad \dots\dots\dots(1)$$

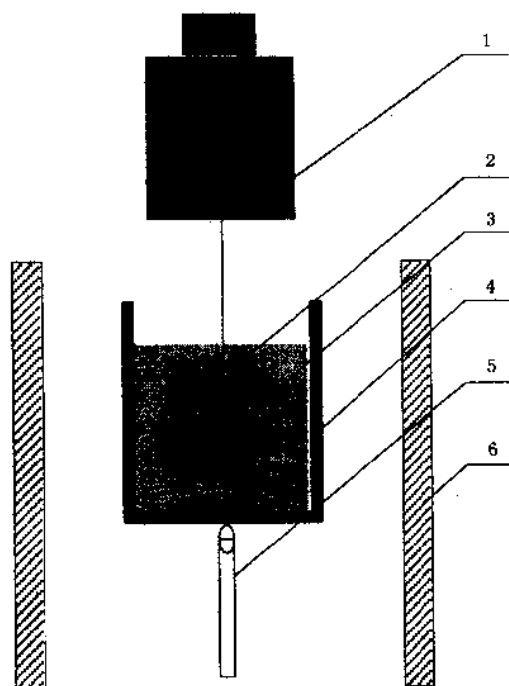
式中:  $K$ ——仪器常数。当测定系统(测杆、吊丝、转速)固定后,可由已知粘度的标准粘度液标定,通过测定 $\Delta t$ 来计算连铸保护渣的粘度 $\eta$ 。

### 4 设备及材料

旋转粘度计示意图(见图1),主要设备有:电加热炉、温度测量装置、石墨坩埚、测头及其驱动装置、扭矩或粘度检测装置。

4.1 电加热炉:电加热炉为立式管式炉,应具有温度调节和控制功能,炉管恒温带长度与熔体深度之差不小于20 mm,在1300℃时,恒温带内温度波动不大于3℃;加热炉使用温度不低于1400℃,炉管内为大气气氛或保护性气氛。

4.2 温度测量装置:温度测量装置由B型或S型热电偶与温度显示和记录仪表组成,热电偶符合工业Ⅰ级精度要求;带有保护管的热电偶与石墨坩埚底部中心接触,热电偶测试温度与熔渣中的温度相差绝对值 $\leq 10^\circ\text{C}$ ,并进行修正。



1—旋转粘度计；2—连铸保护渣熔渣；3—测头；4—石墨坩埚；5—热电偶；6—加热炉炉壳

图 1 旋转粘度计示意图

4.3 石墨坩埚及吊丝和测头：使用电极石墨或高纯石墨制作坩埚，用高纯石墨或金属钨制作测头，测头为直径不小于 10 mm 的圆柱体，测头与金属钨杆相联，金属钨杆通过吊丝及连接装置与电机联结，吊丝应符合 YB/T 5218 的规定，吊丝材质为 T8MnA，直径为 0.10 mm~0.20 mm。测头转速  $\leq 20$  r/min，测头上沿距熔渣表面的距离为 10 mm~12 mm，测头下沿距坩埚底部的距离应  $\geq 10$  mm，测头柱面距坩埚壁面的距离应  $\geq 10$  mm。

4.4 扭角或粘度检测装置：采用光电脉冲测量系统测量吊丝扭角时间差  $\Delta t$ （或用其他系统测量扭矩），由已知仪器常数  $K$  根据式(1)确定粘度  $\eta$ 。检测装置支撑机构或支架系统升降、旋转平稳。

4.5 标准粘度液：本测试方法使用国家质量技术监督局批准的标准粘度液校正仪器常数  $K$ 。本标准推荐标准物质编号：GBW13605、GBW13606、GBW13607、GBW13608、GBW13609。

## 5 制样

取渣样在加热炉的大气气氛中，于 500℃~900℃下进行烧炭处理，处理后，试样中炭含量应小于 0.5%。

## 6 仪器常数测定

使用尺寸与测试所用石墨坩埚内腔尺寸相当的烧杯分别盛装已知粘度的标准粘度液，将烧杯置于恒温水浴中，测头在烧杯内标准粘度液中的位置与其在坩埚内熔渣中的位置一致，测头转速与 4.3 中的相同，分别测试不同粘度  $\eta$  的标准粘度液中吊丝扭角时间差  $\Delta t$ ，按最小二乘法原理根据式(1)回归处理测试数据得出仪器常数  $K$ 。使用标定温度下粘度为 0.1 Pa·s~1.0 Pa·s 的标准粘度液牌号应不少于三种。

## 7 测试步骤

7.1 测头初始位置的确定：使用尺寸与测试所用石墨坩埚内腔尺寸相当的烧杯盛装蒸馏水，将测头插入蒸馏水中，转动测头，测头转速与 4.3 中的相同，当测头转动稳定后，记录吊丝扭角时间差，作为测头

初始位置对应的时间  $\Delta t_0$ 。

7.2 将电加热炉炉温升到  $1\ 200\text{℃}\sim 1\ 400\text{℃}$ ，将按第 5 章制备的试样加入石墨坩埚，将石墨坩埚置入炉内，待试样熔化后，补加试样，直到坩埚中熔渣深度达到 4.3 的要求（一般为  $40\text{ mm}\sim 60\text{ mm}$ ）。

7.3 将炉温稳定在  $1\ 300\text{℃}\pm 2\text{℃}$ ，测头插入炉内并于坩埚上方约  $100\text{ mm}$  处预热  $2\text{ min}$  后，将测头按 4.3 的要求插入熔渣中并旋转，温度稳定  $20\text{ min}$  后，连续记录读数不少于 43 个。对测试数据按第 8 章计算结果与误差，在满足相应误差要求的条件下，读数平均值对应的粘度作为该温度（ $1\ 300\text{℃}$ ）下试样的粘度。

7.4 若需测量其他温度下试样的粘度，可将炉温稳定在相应的温度下，参照 7.3，测得试样相应的粘度。

7.5 测试完毕后，提升测头，取出坩埚。

## 8 结果计算及偏差

### 8.1 结果计算

对同一试样在同一温度下连续测试记录粘度数据不少于 43 个，按式(2)和式(3)计算其平均值和偏差  $S$ 。

$$\bar{\eta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\eta_i - \bar{\eta})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中： $i$ ——连续测试记录粘度的次数， $i=1, 2, 3, \dots, n; n \geq 43$ ；

$\eta_i$ ——第  $i$  次测试的粘度值；

$n$ ——连续测试记录粘度的总次数；

$\bar{\eta}$ ——连续测试  $n$  次粘度的平均值；

$S$ ——连续测试  $n$  次粘度的偏差。

### 8.2 试验偏差

计算结果保留小数点后三位数字，数值修约规则按 GB/T 8170 的规定进行。偏差  $S$  不大于  $0.010\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 。

## 9 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a) 委托单位；
- b) 试样名称；
- c) 送样日期；
- d) 测试日期；
- e) 测试单位；
- f) 粘度测试采用的仪器常数；
- g) 测试温度及粘度平均值；
- h) 测试人员；
- i) 审核人员。