



中华人民共和国机械行业标准

JB/T 7951—2004

代替JB/T 7951—1999

测定工业淬火油冷却性能的镍合金探头实验方法

**Industrial quenching oil-Determination of cooling characteristics-Nickel-alloy
probe test method**

(ISO 9950: 1995, IDT)

2004-02-10 发布

2004-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 原理.....	1
4 标定淬火液.....	1
5 装置.....	1
6 采样.....	5
7 测试过程.....	6
8 结果表示.....	7
9 测试报告.....	7
表 1 标定淬火液的物理特性.....	2
表 2 标定淬火液的冷却性能.....	2
图 1 探头.....	3
图 2 含微分器的典型电路.....	5
图 3 在淬火油中冷却的实验探头典型曲线.....	7

前 言

本标准等同采用ISO 9950: 1995《测定工业淬火油冷却性能的镍合金探头试验方法》英文版。

本标准等同翻译ISO 9950: 1995。

本标准代替JB/T 7951—1999《淬火介质冷却性能试验方法》，因为被代替的标准虽应用范围广，但测试技术成熟性差，实际应用困难，不利于标准的推广应用。ISO 9950是特指工业淬火油，其测试技术是成熟的。

为了便于使用，本标准做了下列编辑性修改：

- a) ‘本国际标准’一词改为‘本标准’；
- b) 用小数点‘.’代替作为小数点的逗号
- c) 删除了国际标准的前言。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国热处理标准技术委员会归口。

本标准起草单位：北京机电研究所、天津热处理研究所、中国一汽集团技术中心。

本标准主要起草人：王耀、曾广益、汪玉喧。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB 9449—1988、JB/T7951—1995、JB/T7951—1999。

引 言

当硬化钢材时，淬火通常是硬化工艺最关键的工序。为了淬火，热处理工作者须在不同类型的淬火介质如油、水基聚合物和乳化液之间选择。另外，对每种类型介质，有许多不同的商品可供选用。在使用中，由于热降解、污染及带出等原因，每种淬火介质的冷却性能均可能发生变化。

一些方法可用来评价淬火介质。间接试验，如淬硬某种钢材试样，只能得到关于冷却性能的有限信息。直接试验最常用的方法被称为银球法，即将中心带有热电偶的银球加热，并淬入待测淬火介质中，记录银球中心温度与时间的函数关系，通常也记录银球中心冷却速度与温度（或时间）的函数关系。

主要由于存在银球加工及测试结果评估的难题，几种改进的探头被使用，但基本方法是一样的。探头由各种材料及不同尺寸制成，形状通常是圆柱体。

为了能够在不同的实验室得到的实验结果之间及不同供应商提供的淬火介质技术说明之间进行比较，有必要使用标准的实验方法。因此，国际热处理联合会（IFHT）材料技术委员会淬火科学和技术专业组评估了现有的不同方法。为了在推荐某种方法作为标准上取得一致，在一些国家安排了试验。ISO9950: 1995《测定工业淬火油冷却性能的镍合金探头实验方法》国际标准文本就是该委员会的工作成果。

为与国际接轨，我们将ISO9950: 1995等同转化为JB/T7951—2004机械行业标准。

测定工业淬火油冷却性能的镍合金探头实验方法

1 范围

本标准规定了使用镍合金探头测定工业淬火油冷却性能的实验室方法。测试在静态油中进行，这样就可以在标准条件下对不同油品的冷却性能进行分类。这种实验结果与具有不同程度搅拌作用的工业淬火设备淬火速度之间的相关性还没有建立。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

ISO 2719: 1988 石油产品和润滑剂 闪点的测定 宾斯基—马丁斯闭口标法

ISO 2909: 1981 石油产品 运动粘度的粘度指数的计算

ISO 3104: 1994 石油产品 透明和不透明液体 运动粘度的测定和动力粘度的计算

ISO 3405: 2000 石油产品 常压下馏份特性的测定

ISO 3675: 1998 原油和液体石油产品 密度实验室测定 密度计法

BS 1041, part 4: 1966, 热电偶

BS 4937, part 4: 1973, 镍铬-镍铝合金K型热电偶

3 原理

一个几何中心装有热电偶的圆柱形镍合金试样（简称“探头”）在炉中加热到设定温度，然后放入一定体积的待测淬火油中。记录探头头部温度变化与时间的函数关系。

冷却速度也可以同时记录，或以后确定。

从记录中得到的测量值可用于评价待测淬火油。

4 标定淬火液

4.1 概述

推荐一种标定液用于探头初期及定期的标定（参见5.2）。当标定液不使用时，应保存在密闭的容器中。标定液经200次淬火或保存期超过2年，必须更换。

4.2 物理特性

标定淬火液应是一种非调和直接提炼的、未加任何添加剂的高粘度指数石蜡基矿物油。它的物理特性如表1所示。

4.3 冷却特性

在标准淬火实验的条件下，标定淬火液冷却性能的平均值应在表2所列的范围内。

5 装置

5.1 容器

样品应装在清洁和干燥的高筒容器内，其为 $\phi 115\text{mm} \pm 5\text{mm}$ ，且由不易破碎的材料制成。

5.2 探头

表 1 标定淬火液的物理特性

物 理 特 性	ISO 测试方法	最 小 值	最 大 值
40℃运动粘度 cSt ^a	ISO 3104	19.0	23.0
100℃运动粘度 cSt ^a	ISO 3104	3.9	4.4
运动粘度指数	ISO 2909	95	105
15℃密度 kg/L	ISO 3675	0.855	0.870
闪点, Pensky-martens 闭口杯法 ℃	ISO 2719	190	210
5%蒸发量 ℃	ISO 3405	330	360
50%蒸发量 ℃	ISO 3405	400	420
灰分 %	—	2	8

^a 1cSt=10⁻⁶m²/s.

表 2 标定淬火液的冷却性能

冷 却 性 能	最 小 值	最 大 值
最大冷却速度 ℃/s	47.0	53.0
最大冷却速度所在温度 ℃	490	530
在 300℃时冷却速度 ℃/s	6.0	8.0
(探头) 从浸入温度到下列温度所用时间 s		
a) 600℃	12.0	14.0
b) 400℃	19.0	21.0
c) 200℃	50.0	55.0

5.2.1 概述

探头是由几何中心装有热电偶的镍合金圆柱体和安装在它上面的镍合金支撑管组成(参见图1)

5.2.2 探头尺寸

探头为φ12.5mm×60mm。热电偶的热接点位于其几何中心(参见图1b)。

5.2.3 探头材料

探头应由Inconel¹⁾600²⁾镍铬铁合金材料或其他具有相同物理和传热性能的材料制成。

5.2.4 热电偶

探头温度应由带有金属外壳的矿物质隔离的绝缘型结点的镍铬—镍铝热电偶测量。热电偶外径为1.5mm, 且外壳是Inconel600合金(热电偶符合BS 1041, BS4937标准要求)。

5.2.5 热电偶支撑管

热电偶支撑管应由外径12.5mm的Inconel600或同等材料的管子制成。同时, 探头加上支撑管应具有200mm的最小长度, 且典型长度是355mm。如果有必要, 可以使用加长的支撑管用于机械传动。如果有其他要求, 从探头末端160mm处, 支撑管可用外径10mm的不锈钢材料(参见图1a)。

5.2.6 装配

探头应根据图1a)要求装配。热电偶应紧密装入探头本体中, 并且为保证热电偶顶端正确装入加工孔底部, 在装配其他部件之前, 热电偶先装入。

1) Inconel 是因康(Inco)集团公司提供产品的商品名称, 给出这一信息是为了方便本标准的使用者, 并不表示对该产品的认可。如果其他等效产品具有相同效果, 则可使用这些等效产品。

2) 标准成分(质量分数, %): 镍和钴不小于72; 铬14~17; 铁6~10; 碳不大于0.15; 锰不大于1; 硫不大于0.015; 硅不大于0.5; 铜不大于0.5。

外层热电偶支撑管采用TIG焊法（钨极惰性气体保护焊，下同）与探头本体焊接。TIG焊法也用于随后设计中连接支撑管的零件。

为了延长探头寿命，推荐热电偶接在所示的插拔型连接插头上。很重要的一点是热电偶应具有足够的长度，以补充热膨胀。

除非特别注明，所有公差为 ± 0.25
所有圆柱同心

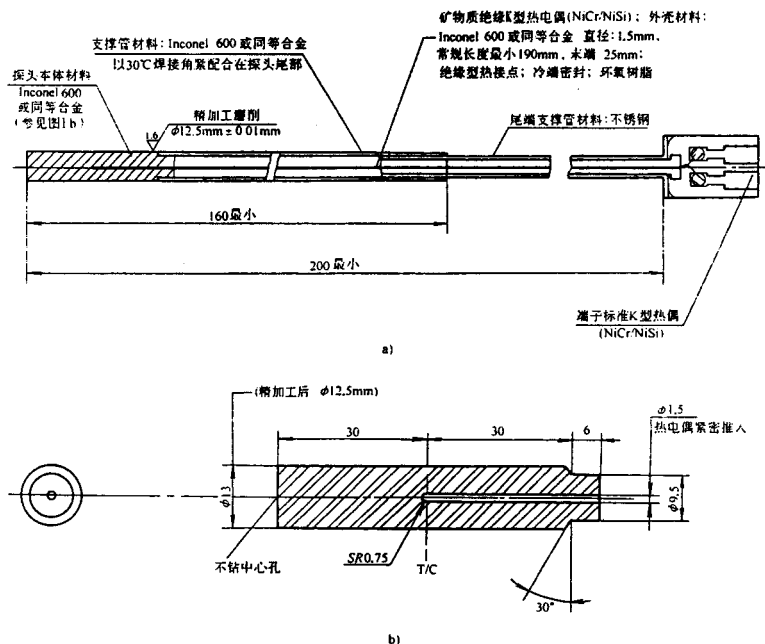


图1 探头

a) 总装配图 b) 探头详图

5.2.7 探头表面状态

5.2.7.1 新探头的初始化

为了得到稳定的结果，新探头在最初使用之前，应通过至少六次的模拟淬火。通常探头直接从850℃进入矿物油中，且在两次淬火之间探头应按5.2.7.2的要求清洗。

5.2.7.2 清洗

在完成每次淬火实验后，探头应从油中移出，并使它冷却到50℃以下。使用一种适当的氯化溶剂清洗探头表面，然后用干的不起毛的布擦干。

5.2.7.3 修复

当最大冷速值偏离初始化后得到稳定值的 $\pm 5\%$ 时，应进行探头的修复工作（参见5.2.7.1）。

使用600号砂纸清理掉探头表面的疏松层，然后多次（至少六次）直接从850℃淬入油中模仿淬火，最终在探头表面形成连续的氧化膜，并且得到在初始化后得到值范围内的可重复的结果。

5.3 加热设备

5.3.1 加热炉

加热炉应是电阻加热管型炉，且可以水平或垂直安装。加热炉应能够在不小于120mm的加热区内保持恒温。探头应放在加热区中心，这样在60mm长度范围内，探头的温度变化不超过 $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.3.2 温度控制器

使用的温度控制器应能够在保温期间保持炉子的加热区在 $850^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

5.3.3 样品加热器

淬火油样品应能够在容器内（参见5.1）加热，推荐采用内电阻加热器。

5.4 传动结构

探头（参见5.2）从炉内（参见5.3.1）移到容器（参见5.1）中的时间应不超过2s，最好采用自动机构。探头应放置在淬火油样容积的几何中心，并且应使用机械支撑以防止探头的振动和搅动。电子触发事件记录仪应放入系统中，以显示时间温度曲线中探头接触油的瞬间时刻。

5.5 测量系统

5.5.1 概述

测量系统应能够提供每个待测淬火油样的冷却特性的永久记录，即得到探头温度与时间及冷却速度与温度变化的记录（参见8.1）。

可以使用以下两种方法中的任何一种得到这种记录：

- 计算机技术
- 具备电子微分器的标准记录技术。

5.5.1.1 计算机技术

将探头热电偶的输出信号采集、数字化和存储到计算机内存中，采样频率不少于20次/s。

在实验期间或在实验后，使用绘图机绘制温度与时间的函数关系。

冷却速度可通过探头热电偶输出信号与相应时间的数值微分计算出来，绘制出冷却速度与探头温度的函数关系。

5.5.1.2 标准记录技术

温度与时间的函数关系可通过Y—t记录仪记录探头热电偶输出信号得到。

绘制冷却速度与探头温度的函数关系需要一个电子微分器，图2所示为含微分器的典型电路图，它产生一个正比于探头热电偶输出值随时间变化的速度信号，使用Y—Y记录仪，记录该速度信号与相对应探头温度的关系。

5.5.2 精度

测量系统总的精度不应低于已考虑热电偶校准影响的记录值的 $\pm 2.5\%$ 。

下面仪器指标表明最低要求。

5.5.2.1 微分器

电子微分器（见图2）应满足如下要求：

- 应能接收最小20mV/s的输入。
- 在输入20mV/s时，输出应不小于100mV，且时间常数的温度系数不大于每摄氏度 $\pm 10^{-4}$ 。
- 应装有时间常数不大于0.1s的高频滤波装置。
- 输出电压的漂移在15min的范围内不超过满刻度的1%。

5.5.2.2 记录仪器

5.5.2.2.1 概述

为了精确地分析记录数据，要求将所有实验结果绘制在标准比例刻度图上。因此，在5.5.2.2.2和5.5.2.2.3中，描述了确定这种刻度图技术规格的推荐系统。但是，为了便于灵活地选择仪器，在5.5.2.2.4中建议了可选用的Y—t记录仪。

5.5.2.2.2 冷却速度与温度的函数关系

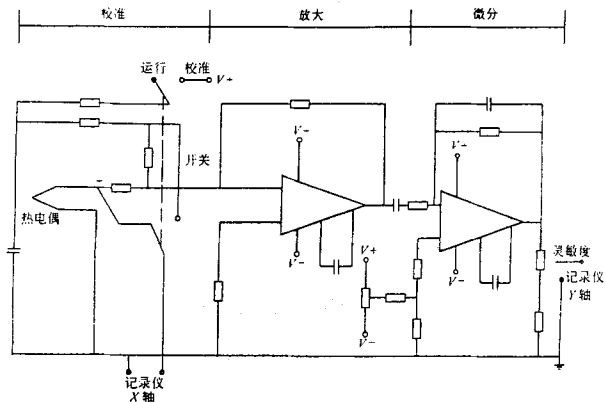
用于记录冷却速度与温度的函数关系的 $X-t$ 记录仪应满足下面的最低指标:

- a) 灵敏度
温度: 0.2mV/mm 。
速度: 5mV/s 或 10mV/s 或 20mV/s 应占 250mm 。
- b) 线性度: 等于或高于 0.1% 。
- c) 可重复性: 等于或高于 0.1% 。
- d) 记录速度: 最小 200mm/s 。

5.5.2.2.3 温度与时间的函数关系

记录温度与时间的函数关系的 $Y-t$ 记录仪应满足下面的最低指标:

- a) 灵敏度: 等于或高于 0.2mV/mm ;
- b) 线性度: 等于或高于 0.1% ;
- c) 精确度: 等于或高于 0.5% ;
- d) 记录速度: 最小 200mm/s ;
- e) 曲线速度精度: 1% ;
- f) 仪器应装有一个事件记录器,以便于记录探头接触淬火油的瞬间。



注: 所有寄存器和电容的温度系数为: $\pm 10^{-4}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

图2 含微分器的典型电路

5.5.2.2.4 替代系统: $Y-t$ 记录仪

一个两笔或两个一笔的 $Y-t$ 记录仪可以作为替代系统使用。记录仪应具备 5.5.2.2.3 中所规定的性能。

5.6 电位差计

用于检查记录仪及微分器 (参见 5.5) 温度和速度轴的标距。

5.7 秒表

用于检查记录仪及微分器 (参见 5.5) 记录纸的速度。

6 采样

需要用 2L 淬火油样品, 采集油样时需认真操作, 以保证其具有代表性。为避免污染, 盛油样的容器应是清洁和干燥的。

7 测试过程

7.1 测试次数

为了得到重现三次的结果，同一油样测试应重复两次。

7.2 测试温度

7.2.1 探头温度

标准的探头温度应为 850°C 。在空气中，探头被加热到 $850^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，且测试开始前，探头应在此温度下保持5min。

每次实验时，依据 $Y-t$ 记录仪的温度轴（参见 5.5.2.2.3），再考虑冷端补偿和探头热电偶校准显示的误差进行适当的修正（参见 7.3.1），以确定探头温度值。实验前，冷端及探头热电偶校准值应记录在表格上。

7.2.2 样品的温度

淬火油样品应在指定产品使用的温度范围内测试。

淬火油的温度可以选择，以满足个别要求。为便于比较，除非特别强调，推荐实验在油温 40°C 的条件下进行。

实验开始时，淬火油温度应在设定实验温度的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 之内。

为了减少热梯度，淬火油样在加热期间应适当搅拌，且实验开始前检查油样温度。实验应在静止的油样中进行。

7.3 校准

7.3.1 探头热电偶校准

7.3.1.1 概述

通过捆绑一个以前校正过的热电偶在探头的外表面，加热探头到测试温度，来校准探头热电偶（参见 5.2.4）。

当探头温度达到平衡时，使用电位差计比较两个热电偶的输出。在测定温度 $850^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内，如果探头热电偶的输出误差超过给定值的 $\pm 2\%$ ，则探头就要报废。7.3.1.3中说明了较小误差的校正方法。

7.3.1.2 重新校准的频率

对于新探头，在使用前，按7.3.1.1要求进行探头的校准过程；对于在用探头，在不超过25次系列实验开始之前；对于正常使用的探头，在每25次实验之后。

7.3.1.3 误差的补偿

实验开始前，记录校准时确定的误差，在确定探头温度值及记录结果数据时，予以酌情加（减）。

7.3.2 记录仪和微分器的校准

7.3.2.1 温度轴

每次实验开始前，检查零点的设置。

连续实验开始前，利用电位差计（参见 5.6）检查图形的刻度。例如，输入34mV给出170mm的移动。

7.3.2.2 速度轴

微分器应具备：

一个完整的校准装置或通过外部实验设备校准的能力。

每次连续实验开始前，检查微分器的校准。5mV/s、10mV/s、20mV/s的输入速率应能给出选定的250mm的图形刻度。

每次实验开始前，检查零点的设置。

7.3.2.3 时间轴

每次连续实验开始前，使用秒表（参见 5.7）检查记录纸的速度。

7.4 测试

将待测淬火油样（参见 6）放入容器（参见 5.1）中，如果有必要，将油样调整到要求的实验温度（参

见7.2.2)。加热期间,为减少热梯度,应搅拌淬火油样。

将已经初始化的、清洁的和校准的探头(参见5.2)放入加热炉中(参见5.3.1),加热到设定温度(参见7.2.1)。

在淬火前断开加热炉电源(为了避免可能对控制系统(见5.3.2)的干扰),放下记录笔,移动探头从炉中到淬火油样中,确保事件触发器记录探头(参见5.4)与油样接触的瞬间。

当探头温度降到200℃,或指定实验所要求的低温值时,关上记录仪和微分器(参见5.5),将探头从油中移出,按指定的过程(参见5.2.7)清洗。

8 结果表示

8.1 冷却曲线

温度—时间和温度—冷却速度的函数关系如图3所示。

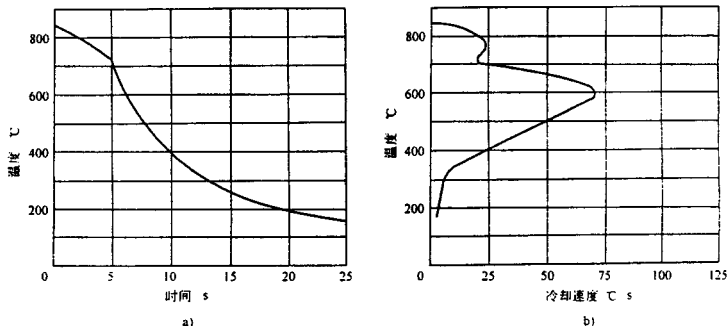


图3 在淬火油中冷却的实验探头典型曲线

a) 温度—时间 b) 温度—冷却速度

8.2 冷却时间

根据绘制的温度—时间的函数关系(参见8.1),按7.3.1.2所述,用冷端及热电偶校准因子修正,读出如下数据。

探头从浸入温度降到下列温度所用时间:

- a) 600℃(精确到0.5s);
- b) 400℃(精确到0.5s);
- c) 200℃(精确到1s)。

8.3 冷却速度

根据绘制的冷却速度与温度的函数关系(参见8.1),按照7.3.1.2所述,采用冷端和热电偶校准因子修正,读出如下数据:

- a) 最大冷却速度(精确到0.5℃/s);
- b) 发生最大冷却速度时所在温度(精确到0.5℃);
- c) 在300℃时的冷却速度(精确到0.5℃/s);

9 测试报告

测试报告应包括如下内容:

- a) 淬火油样的完整评定;
- b) 参考的标准,如JB/T 7951—2004;

- c) 结果及所用的表示方法（参见8）；
 - d) 在测试期间注意到的异常特性；
 - e) 根据合同和其他要求，与标准程序的差异。
-