

淬火油的淬火烈度分级

大连开发区圣洁热处理高新技术研究所(大连 116630) 田绍洁 丁得刚 编译

摘 要 钢的淬火是最常见的热处理工艺之一。淬火的目的是为了获得马氏体组织,该组织具有高的硬度和优良的强度。最常见的淬火介质有水、聚合物溶液和矿物油。在整个淬火介质市场中,估计矿物油占了 80% 的份额。本文试图对现有的淬火油进行测试并对其淬火烈度进行分级。

关键词 热处理 淬火 淬火介质 淬火烈度

0 引言

钢作为结构材料最重要特性之一,就是能通过热处理的方法获得高的综合力学性能。淬火并随之回火,由于获得回火马氏体组织而提高了钢的强韧性。

奥氏体经充分快速冷却使珠光体和贝氏体的形成减至最少,而获得最多的马氏体组织。淬火时,冷却阶段的类型和持续时间决定了冷却特性^[1~4]。

虽然冷却是热处理的一个重要参数,但材料的几何形状和淬火性能之间也有很强的关联性^[5~6]。

淬火油的冷却特性取决于下列一些因素:使用的基础油、精炼工艺、使用的提高冷却能力、抗氧化性和润湿性的添加剂。

淬火油可以按它们的传热性能分级。淬火烈度可采用经多年研究开发的不同方法进行定量化,这些方法包括:

1)Jominy 端淬试验;2)通用汽车淬火仪(镍球试验);3)热丝法;4)格罗斯曼 H 淬火烈度因子;5)冷却曲线分析

在上述这些方法中,冷却曲线分析被认为是最重要的。用于界定淬火过程的最常用的冷却曲线特

述参数。这些参数可用于一些重要的淬火烈度的计算。

1 讨论

1.1 计算方法

有两个指数被用来对巴西产的淬火油的烈度进行分级。它们是:卡斯吐尔(Casfrol)指数和 IVF(瑞典生产工程研究学会)淬硬能力指数(HP)。

1.1.1 卡斯吐尔指数

卡斯吐尔提出了用来对淬火油和其它冷却介质的淬火烈度进行分级的卡斯吐尔指数。这些分级不用特别的装置即可完成^[7]。

卡斯吐尔指数定义为:

$$C_i = \frac{K' \cdot CR_{\max}}{T_{\max} \cdot T_b} \quad (1)$$

式中: C_i 为卡斯吐尔指数; K' 为设备常数;使用标准淬火介质的 CR_{\max} 、 T_{\max} 和 T_b ; CR_{\max} 为最大冷却速度; T_{\max} 为出现最大冷却速度时的温度; T_b 为淬火介质温度

设备常数 K' 由下式确定:

$$K' = \frac{12 \cdot T_{\max} \cdot T_b}{CR_{\max}} \quad (2)$$

塔姆拉 V 值(Tamura's V-value)

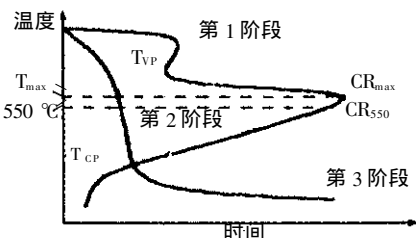
为了表征淬火油使钢硬化之能力的特性,提出了 V 值。与格罗斯曼 H 因子相关的 V 值的优点是 V 值包括了钢的转变特性^[8]。

由冷却曲线和连续冷却转变图(CCT)用下式计算 V 值:

$$V = \frac{T_c - T_d}{T_s - T_f} \quad (3)$$

式中: T_c 为第二冷却阶段开始的温度; T_d 为第三冷却阶段开始的温度; T_s 为马氏体转变开始温度; T_f 为马氏体转变终了温度

采用 V 值对淬火介质进行分级,最初是用于在 T_c



T_{VP} 为由蒸汽膜阶段向核沸腾阶段过渡的温度/ $^{\circ}\text{C}$;
 T_{CP} 为由成核沸腾阶段向对流冷却阶段过渡的温度/ $^{\circ}\text{C}$;
 CR_{550} 为在 550°C 时的冷却速度(CCT 曲线上的临界区温度)
 CR_{\max} 为最大冷却速度及其相应的温度(T_{\max})

图 1 用于表征淬火油特征之参数的图解

征示于图 1。

本文的目的是测定巴西国内应用的各种淬火油的上

和 T_d 温度具有相似冷却速度的那些油。合成淬火介质对于这两个温度具有明显不同的冷却速度。所以，上述方法不能用于表征聚合物淬火介质的特性。

1.1.2 IVF 淬火试验和淬硬能力(HP)

IVF 淬火试验装置是由瑞典生产工程研究学会开发的,它利用一只按 ISO 9950 标准化的 12.5 mm × 60 mm INCONEL600 探头。这一标准乃基于由华孚生热处理工程集团开发的程序。该探头通常被称为“华孚生探头”。

用于本试验的华孚生 INCONEL600 探头由一支 INCONEL600 棒和一支直径 1.5 mm 的 K 型热电偶(镍铬-镍铝)做成。该热电偶固定在探头的几何中心位置。

虽然使用了不同的冷却曲线数据采集装置,但这种装置与 IVF 淬火试验仪是相似的。

淬硬能力(HP 指数)根据由华孚生探头获得的数据进行计算^[3,10]。

HP 用下述方程计算：

$$HP = K_1 + K_2 \cdot T_{VP} + K_3 \cdot CR_{550} + K_4 \cdot T_{CP} \quad (4)$$

式中 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 为常数

上述方法是国际热处理和表面工程协会 (IFHTSE) 推荐的,而用于钢淬火剂分级的公式为：

$$HP = 91.5 + 1.34T_{VP} + 10.88CR_{550} - 3.85T_{CP} \quad (5)$$

1.2 材料和方法

本文试验所用的油产品列于表 1

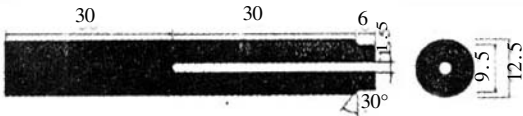


图 2 华孚生探头

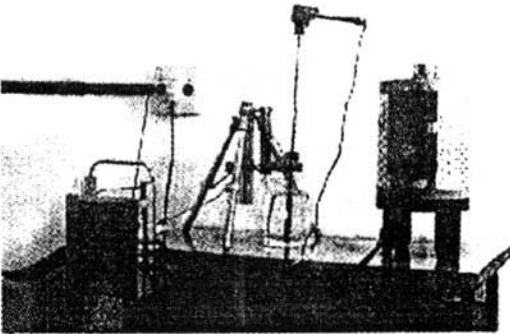


图 3 试验装置

表 1 试验用油(供油商提供的性能数据)

油 名	制造商	加速或不加速	40℃之粘度/cSt	推荐使用温度/℃	闪点/℃
BG - 784	IPIRANGA	不加速	21.5	60 ~ 80
Ipitep 70	IPIRANGA	加速	17.19	60 ~ 80	164
Iloquench 32	CASTROL	加速	60 ~ 80
Iloquench 1	CASTROL	不加速	60 ~ 80
Houghto Quench 130	HOUGHTON	不加速	27 ~ 34	60 ~ 80	160
Houghto Quench K	HOUGHTON	加速	18 ~ 22	60 ~ 80	170
Houghto Quench KB	HOUGHTON	加速	11 ~ 15	60 ~ 80	170
Neon 14	QUAKER	加速	13 ~ 16	60 ~ 80	188
Neon 32	QUAKER	不加速	26 ~ 31	60 ~ 80	224
Microtemp 151	MICROQUMICA	加速	115	60 ~ 80	208
Microtemp 152	MICROQUMICA	不加速	10	60 ~ 80	150
Microtemp 153	MICROQUMICA	加速	15	60 ~ 80	170
Microtemp 157	MICROQUMICA	不加速	29	60 ~ 80	180
Microtemp 160	MICROQUMICA	加速	24	60 ~ 80	170
Óleo Têmpera	TERMAX	不加速	100	60 ~ 80	180
Óleo Têmpera 25	TERMAX	不加速	46	60 ~ 80	180
1037/22	TERMAX	加速	22	60 ~ 80	180
1037/22L	TERMAX	加速	22	60 ~ 80	180
1037/32	TERMAX	加速	32	60 ~ 80	180
1037/46	TERMAX	加速	46	60 ~ 80	180
Quenchtex C	TEXACO	加速	25.39	60 ~ 80	192
Quenchtex WW	TEXACO	不加速	20.8	60 ~ 80	204
Tirroil Quenching 727A	TERRENO	加速	102	60 ~ 80	210
Tirroil Quenching LTT 003 BS	TIRRENO	不加速	20	60 ~ 80	200
Voluta C	SHELL	不加速	30.8	60 ~ 80	215
万应数据	SHELL	加速	23.6	60 ~ 80	180

1.3 试验方法和装置介绍

用于测定冷却速度的装置是一个计算机数据采集系统,它可以记录图 2 所示的被加热然后将其淬入所研究之淬火油中的华孚生探头的温度变化。这一装置已被成功地用于若干研究项目^[11~15]。试验

时用 2 升 60 ℃ 的淬火油样。探头的初始温度为 850 ℃。该装置示于图 3。

为获得可靠的结果,每试验 10 次要校准一次探头。校准采用温度为 60 ℃ 的纯矿物油。这种油的最大冷却速度为 60 ℃/s。

表 2 试验用油的性能

油 名	Tvp/℃	Tcp/℃	CP ₅₅₀ /℃·s ⁻¹	CR _{max} /℃·s ⁻¹	卡斯吐尔指数	V 值	HP
BG-784	571	328	60	65	13.1	0.60	246
Ipitep 70	552	276	47	70	15.1	0.71	280
Iloquench 32	597	267	72	81	17.5	0.82	647
Iloquench 1	615	383	60	60	11.9	0.58	082
Houghto Quench 130	621	360	68.2	68	13.6	0.65	279
Houghto Quench K	637	243	79.1	79	15.1	0.85	677
Houghto Quench KB	710	327	86.5	104	18.0	0.95	731
Neon 14	594	243	77	79	16.7	0.88	789
Neon 32	600	370	57	60	11.9	0.56	091
Microtemp 151	675	310	71	78	14.3	0.91	575
Microtemp 152	570	329	47	60	13.1	0.60	100
Microtemp 153	686	356	71	96	17.5	0.81	564
Microtemp 157	585	360	50	52	10.6	0.56	033
Microtemp 160	668	347	73	84	15.5	0.80	445
Óleo T êmpera	657	391	57	65	11.6	0.68	108
Óleo T êmpera 25	643	360	63	65	12.3	0.70	253
Óleo T êmpera 1037/22	639	351	65	68	13.4	0.71	304
Óleo T êmpera 1037/22L	621	324	67	71	14.7	0.74	405
Óleo T êmpera 1037/32	648	355	65.5	68	13.0	0.71	306
Óleo T êmpera 1037/46	639	360	63	68	13.2	0.69	247
Quenchtex C	721	356	81.2	93	16.2	0.91	570
Quenchtex WW	570	347	49.2	60	13.1	0.55	055
Tirroil Quenching 727A	687	285	86.5	90	16.9	1.00	856
Tirroil Quenching LIT 003 BS	623	361	67	72	14.9	0.65	266
Voluta C	619	387	53	57	12.1	0.53	008
Voluta F	615	236	74	80	17.3	0.94	812

2 结果

所得的数据综合于表 2 及图 4~6。必须指出,淬火油性能将受污染和变质(老化)的影响。本文只研究无搅拌状态的新油,而不涉及污染和老化的影响。

需要着重指出,一般说来,对 V 值所求得的价值指的是用 1040 钢而 HP 值指的是非合金钢。

仅仅用最大冷却速度来评价淬火油的冷却性能以表征淬火油的特征是不够的。有必要对冷却曲线进行更详细的分析。所选用的数学方法表明,冷却速度不应被用作决定性的分级手段。

由于还考虑到了淬火油的温度即油浴的温度,因此,与简单的观察最大冷却速度相比,卡斯吐尔指数可进行更详细的评价。油浴温度变化对淬火油的

淬火烈度影响甚微。

另一方面,V 值不用于最大冷却速度,但对于与低碳钢转变有关的成核沸腾阶段,V 值显示了更大的重要性。Tamura 的评价指出,成核沸腾阶段愈激烈,钢冷却得愈快。因此,采用了两个阶段之间的转移温度的温度值。当成核沸腾向对流冷却之间转移的温度下降时,即可获得更大的 V 值。这表明高的 V 值对于低 Ms 温度的钢种是适合的。如果钢的 Ms 温度高于成核沸腾向对流冷却转移的温度,则马氏体转变就要求更快的冷却速度因而变形和开裂的危险将增大。应该注意到,变形和开裂的可能性是钢的碳含量的函数。这就是为什么体积膨胀随含碳量的增加而呈线性增大的原因^[17]。

从图 4 和 5 可见,油的分级的位置有所变化。

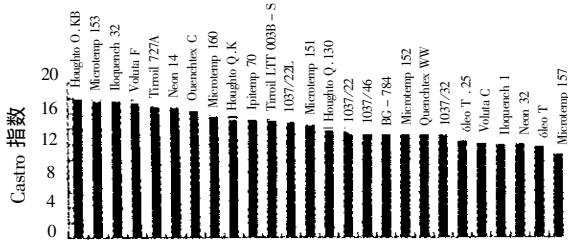


图 4 按 Castro 指数分类

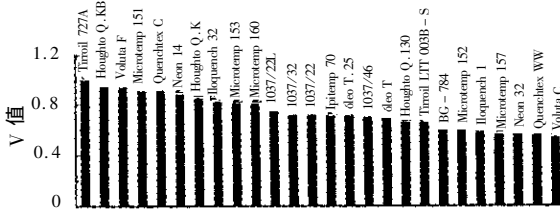


图 5 按 V 值分类

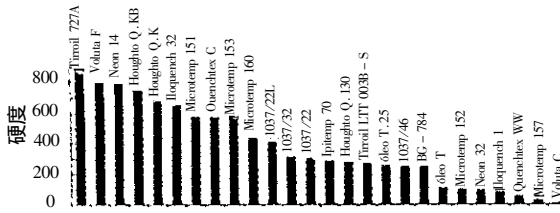


图 6 按淬硬能力分类

出现这种情况是因为计算方法使用了不同的因子所致。

成核沸腾阶段的行为被用于 HP 计算和 V 值的计算。但在 HP 计算中与低碳钢的转变没有关系,因为它使用的是 550 °C 时的冷却速度^[9]。

与 V 值的情况一样,HP 计算对于对流冷却阶段的开始温度没有显示出重要意义。这些方法对那些具有长的第二冷却阶段和较低的第三阶段开始温度的油是有利的。某些油具有短的第一阶段、长的第二阶段、但具有高的第三阶段开始温度。上述油的代表产品是 HOUGHTO QUENCH KB。与此相反,NEON14 淬火油具有长的第一阶段适当短的第二阶段和短的第三阶段、且其开始温度很低。这样,该油就被分级为比 HOUGHTO QUENCH KB 更激烈的淬火油。

值得注意的是,我们观察到,与其它油比较,通常冷却较快的油都具有长的第二冷却阶段,且此阶段具有高的开始温度,以及低的第三冷却阶段开始温度。在常规的油中,这种情况被颠倒过来,因为在这些油中,没有添加物来缩短膜沸腾的持续时间,因而成核沸腾被“推迟”。中间位置的油呈现出这些行

为的混合状态。

描绘热处理用油的特征而不考虑各冷却阶段之间的转移温度是不可能的,也没有用来确定一个被用作模型的精确表示冷却能力的简单指标的计算方法。

必须指出,本文的冷却曲线是在实验室操作中获得的,没有搅拌。这些数据不能用于采用大型淬火槽和有搅拌系统的工业应用中。

目前,已经能够用标准化的程序进行搅拌状态下的冷却曲线分析^[18]。这些程序采用了 TENSIF 方法。虽然这一标准是为聚合物淬火剂而开发的,但也适用于淬火油。

观察图中油的位置表明,当图形是最大冷却速度分级和 Castrol 分级的情况时,过高估计冷却速度的指数趋向于或多或少按相似的“顺序”排列这些油的位置。

考虑到冷却曲线上的其它一些点,HP 和 V 值也具有类似的分级,尽管在它们的位置上有些变动。

以每一种变化的方法获得分级,但每一种被分析的淬火油的独特特性处于由供油商提供的产品的范围内。

通常,巴西产的淬火油能满足广泛的应用。虽然供油商规定了这些淬火油用途,但是热处理工作者往往不遵循这些推荐。

大多数淬火油公司生产特种淬火油以辅助满足客户的需求,不过它们没有包括在本文的研究范围中。另外,由于新的配方设计不断发展,分级实际上已变得不可能了。

从本文给出的分级图上为给定的用途选择最好的淬火油并非显而易见,为达到所要求的力学性能,用户必须结合适当的 CCT 曲线图详细地分析冷却曲线以选择适当的淬火油。

有一些计算机程序乃是钢材淬火的有效工具,利用它们可以预测淬火后的诸如硬度、强度等重要性能^[19]。

参 考 文 献

- [1] BERGEN, R. T. VON. The effect of quenchant measured section and control on the distortion of engineered steel parts. Materials Science Forum, 1994 (163 - 165): 139 - 150.
- [2] LASDAY, S. B. Metal quenching with oils and synthetic media. Industrial Heating, 1976 8 - 19.
- [3] SEGERBERG, S. O. and BONIN, J. Investigation of Quench-

- ing Conditions and Heat Transfer in the Laboratory and in Industry. Quenching and Carburising. Proceedings of the Third International Seminar of the International Federation goes Heat Treatment and Surface Engineering. 1991 :177 – 188.
- [4] TOTIEN ,G. E. , DAKINS ,M. E ., and HEINS ,R. W. Cooling curves analysis of synthetic quenchants. Journal of Heat Treating ,1988 ,2 (2) 87 – 95.
- [5] KRAUSS ,C. Principles of Heat Treatment of Steel. Cap. 6 – hardness and Hardenability ASM – American Society for Metals ,1980 :127 – 160.
- [6] TOTIEN ,G. E ,YOU BEAT ,C. E ., and CLINTON ,N. A. Handbook of Quenchants and Quenching Technology. Cap : Quenching Oils ASM International. 1993 :129 – 169.
- [7] CASTROL FRANCE S. A. "Traitement thermique "Le Pecq , Castrol France. 1994 :1.
- [8] I. ,SHIMIZU. N. and OKADA. T. A method to judge the quench – hardening of steel from cooling curve of quenching oils. Journal of Heat Treating Dec. 1984 ,2 (4) 335 – 343.
- [9] BODIN ,J. ,and SEGERBERG ,S. Measurement and evaluation of the power of quenching measured for hardening. Heat treatment of Metals ,1993 ,20 (1) 15 – 23.
- [10] SEGERBERG ,S. O. Classification of Quenching Oils :a method of comparison. Journal of Heat Treating. 1988 ,20 (12) 30 – 33.
- [11] CURI ,N. S. of M. ,Sistema informatizado para caracteriza-cao dos meios de resfriamento. In 50° Congresso Anual da ABM ,Sao Pedro ,SP. De 01 a 04 de agosto de 1995.
- [12] MASCHIETTO ,C. Estudo da influencia da aditivacao de oleos de tempera. Dissertacao – Mestrado – Escola de Engenharia de Sao Carlos – USP. 1998 :110.
- [13] RUGGIERI ,J. E. Classificacao dos Oleos de Tempera Nacionais. Dissertacao – Mestrado. Escola de Engenharia de Sao Carlos – USP. 1998 :120.
- [14] CANALE ,L. of C. F. ,CRNKOVIC ,O. R. ,CANALE ,A. C. ,and GROESSLER J. B. Caracteristical de resfriamento de solucoes de polimeros para tempera In '50° Congresso Anual da ABM ,Sao Pedro ,SP ,01 a 04 de agosto de 1995. Anais. 1995 ,2 :517 – 529.
- [15] CANALE ,L. of C. F. ,CRNKOVIC ,O. R. ,GROESSLER J. B. and CURI ,N. S. M. Curvas e Taxas de Resfriamento no Controle do Tratamento Termico de Tempera. III CONGRESSO IBEROAMERICANO OF INGENIERIA MECANICA ,Havana , Cuba ,Septiembre 1997.
- [16] TAMURA ,I. ,FUKUHARA ,K. ,and ASADA ,S. Comparative study of cooling curve with JIS silver specimens and alloy 600 specimens in relation to additive effectiveness. Journal of Materials Engineering and Performance. 1994 ,3 :367 – 370.
- [17] BLACKWOOD ,R. R. and JARVIS ,L. M. ,Industrial Heat-ting ,1991 :28 – 31

《2005 年全国热处理行业厂长经理会议》通知

《2005 年全国热处理行业厂长经理会议暨第六次质量工作会议》拟于 2005 年 9 月在无锡召开 ,会议主题为“加快工艺装备更新换代 ,用先进手段把热处理质量提高到新水平”。为能充分反映和总结我国热处理行业近年推进信息化工作 ,发展高新技术 ,加速生产现代化 ,开拓国内外市场的经验及成就 ,丰富大会内容。中国热协现已征集《2005 年全国热处理行业厂长经理会议暨第六次质量工作会议论文》,编印论文集 ,现将有关事项通知如下 :

一、论文的内容 :

有关信息化、高新技术、工艺装备更新换代、质量管理、企业经营管理、市场开拓、国际交流工作及先进技术转化方面的文章 ,企业的专项技术报告 ,国内外企业要求在厂长经理会议上发布信息的资料。会议组织专家评选优秀论文 ,并予奖励和颁发证书。

二、论文稿件要求 :

作者可提供文字稿、软盘或光盘 ,也可发电子邮件。来稿截止日期为 2005 年 6 月底。欢迎热处理界人士踊跃投稿 ,及早寄来企业的专项技术报告和准备在会议上发布信息的资料。

三、联系方式 :

通讯地址 北京海淀区学清路 18 号中国热处理行业协会 邮编 :100083

联系电话 010 – 62913079 62914108 传真 010 – 62924108 62914108

E – mail :ht.event@126.com 联系人 葛京晶 刘西鹰

万方数据