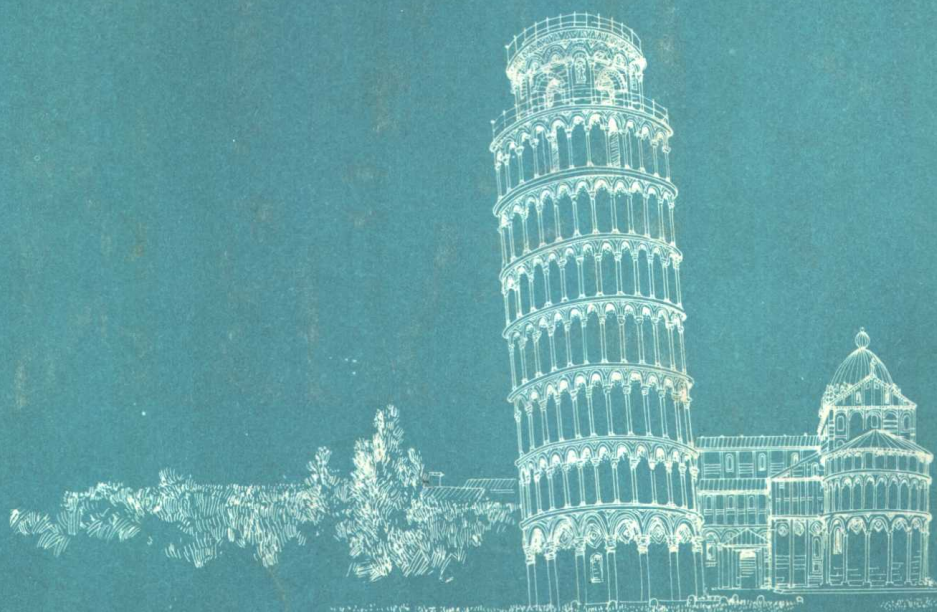




第二届国际材料热处理大会论文集



中国机械工程学会热处理学会
北京机械工程学会热处理分会

TG 15-53
Z 66
c.1

前 言

第二届国际材料热处理大会 (ICHTM) 于一九八二年九月二十至二十四日在意大利佛洛伦萨召开, 以中国机械工程学会热处理学会副理事长孙大涌同志为团长的七人代表团参加了大会。

大会宣读和展出论文共116篇, 其主要内容包括: (1) 热处理的物理冶金问题, (2) 离子轰击热处理, (3) 硬质化合物在钢表面的化学和物理沉积, (4) 可控气氛的制备和应用, (5) 真空热处理, (6) 形变热处理, (7) 激光和电子束热处理, (8) 热处理的节能, (9) 感应加热处理, (10) 热处理过程的计算机控制。这次大会发表的论文涉及面广, 内容丰富, 从理论探讨及联系生产实际, 反映了当前热处理技术发展水平。

为了提供热处理工作者参考, 中国机械工程学会热处理学会特委托《金属热处理》编辑部和北京机械工程学会热处理分会, 共同组织翻译、编辑出版《第二届国际材料热处理大会论文集》, 共选择论文90篇, 约60万字。

本论文集责任编辑为陈洵、郑垠观、曹敏达、李长府、李福臣、閔承沛同志。限于编者水平, 以及时间紧迫, 译文难免有错误之处, 敬希读者指正。

中国机械工程学会热处理学会

一九八三年六月

第二届国际材料热处理 大会论文集

目 录

1. 国际热处理联合会 (IFHT) 的现状和近期活动	(1)
2. 评价钢的淬火冷却过程的新见解	(5)
3. 硅、钼对中碳钢恒温转变动力学及贝氏体组织形貌的影响	(12)
4. 钢的淬火内应力对其淬透性影响的研究	(20)
5. 工具钢的真空热处理和常规热处理	(27)
6. 钛稳定 18Cr—8Ni 不锈钢热加工的再结晶动力学	(32)
7. 在动态和静态条件下 AISI321 钢的回复与再结晶	(39)
8. 热处理对几种快速凝固铝合金的影响	(43)
9. 化学热处理对工具钢机械性能的影响	(49)
10. 复合化学热处理的表面结构及其摩擦学特性	(55)
11. 炉中直接产生气氛进行渗碳的工业性试验	(60)
12. 铁基烧结零件的铁素体氮碳共渗	(65)
13. 内燃机排气阀保护镀层用的镍基和钴基合金	(72)
14. 渗锰工艺——粉末冶金钢与普通钢的比较	(78)
15. 冶金参数对模具钢动态断裂韧性的影响	(83)
16. 应变时效处理对冷轧和退火后织构形成的影响	(87)
17. 合金元素对中碳硅锰铝钒钢强韧性的影响	(91)
18. 铬合金渗氮相变的研究	(102)
19. 热处理对 WC—钢复合材料强韧性的影响	(109)
20. 高温形变淬火强韧化机理的探讨	(117)
21. 热处理工艺对钨钼高速钢组织转变的影响	(124)
22. 几种渗碳钢和碳氮共渗钢的对比性研究	(128)
23. 渗碳钢带状组织对冶金性能的影响	(143)
24. 在氢—甲烷混合气中离子渗碳的实验室研究	(153)
25. 低压等离子渗氮	(159)
26. 钢材的主要冶金参数对渗碳和淬火的影响	(163)
27. PVD 覆盖层在改进切削工具性能中的作用	(171)
28. 钢在辉光放电下渗硼层的形成和性能	(177)
29. 激光变质金属表面的耐腐蚀性能	(181)

√ 30. 高真空热处理炉的操作特性	(184)
31. 碳钢复合铬扩散层的形成	(190)
32. 钢制零件在电热旋转层中的扩散渗锌	(196)
√ 33. 金属表面沉积和复合处理以获得高性能相表层及其耐磨性	(198)
√ 34. 渗氮对工具钢的性能和工具的使用性能的影响	(204)
√ 35. 用 CVD 法获得低摩擦系数的耐磨复盖层	(208)
36. 含 Mo 和 V 的合金工具钢的真空离子碳氮共渗	(214)
37. 电热处理是实现钢的高强度状态的方法	(219)
38. 机器零件和工具的真空等离子强化工艺	(223)
39. 在流态化床中热处理的特点	(224)
40. 重型卡车用全浮动轴的热处理	(229)
41. 改善流态床温度控制淬火冷却能力	(233)
42. 韧性铸铁的最佳感应加热淬火条件	(236)
43. 新型的离子轰击热处理炉	(240)
44. 碳钢钢带铅浴光亮热处理	(246)
45. 轻合金热处理用升降式电炉的结构和使用性能	(255)
√ 46. 用冷处理方法提高合金工具钢寿命的研究	(259)
√ 47. X35CrMoV05KU 和 X40CrMoV05KU 模具淬火工艺的改进	(264)
48. 制钢工业用强对流罩式炉	(269)
49. 多用热处理炉的热特性及其应用	(276)
50. 用于镀锌连续线的塞拉 (Selas) 炉	(285)
51. 灰口铸铁发动机缸套的非常规淬火	(290)
52. 冷轧辊的感应热处理	(297)
53. 真空热处理的应用简介	(303)
54. 根据化学分析值预测钢的端淬曲线	(308)
55. 渗碳过程动力学及数学模型的研究	(316)
56. 为苏联的热处理专家提供情报	(323)
57. 工业用炉的现代节能措施	(326)
58. 用热处理方法改善优质高强度低温用调质钢	(332)
59. 钢快速热处理的新发展	(336)
60. 金属带材连续热处理用的感应加热装置	(340)
c 61. 计算机辅助热处理与预测性能	(346)
62. 根据热和应力分析建立大锻件合理热处理工艺过程的数学模式	(353)
63. 用计算机系统控制大型渗碳设备的产品质量及其经济性	(358)
64. 热处理工艺参数对 Ni—Cr—Mo 钢感应加热淬火特性的影响	(362)
65. 用表面熔化方法对铸铁进行 CO ₂ 激光硬化	(368)
66. Fe—B 及 Fe—C—B 合金层的激光熔化激冷	(373)
67. 在井式炉中渗碳时的节能	(379)

68. 在控制气氛热处理中使用色谱分析及微处理机技术实现节能.....	(382)
69. 连续热处理炉的能量平衡.....	(388)
70. 渗碳工艺的能量分析.....	(394)
71. 为提高灰口铸铁耐磨性的激光表面熔化技术的进展.....	(400)
72. 用电容放电的高频发生装置进行表面强化.....	(406)
73. 电子束在金属热处理中的应用.....	(412)
74. 用电子束辐照金属表面的改性.....	(417)
75. 冷作模具钢的激光熔化与热处理.....	(421)
76. 渗入氮碳硫耐磨处理及其效果对比.....	(426)
77. 流动粒子炉气体渗碳和无氧化脱碳淬火.....	(435)
78. 一种测量氮化后化合层断裂韧性的新方法.....	(440)
79. 保护热处理和渗碳热处理用的氨基气氛.....	(446)
80. 工艺参数对齿轮钢离子碳氮共渗层组织结构的影响.....	(451)
81. 热处理工艺领域的能源消耗分析.....	(459)
82. 用直接电子束蒸镀和离子溅射产生银镀膜的组织和反射性能.....	(465)
83. 热处理用净化放热式气氛的制备和应用前景.....	(467)
84. 钢件在油中淬火时热交换过程的研究和冷却曲线的计算.....	(471)
85. 用循环法进行金属的化学热处理.....	(474)
86. 在工业中合理用电与节能.....	(479)
87. 钢铁太阳能表面淬火的进一步研究.....	(483)
88. 热处理节能示例.....	(490)
89. 烧结钢件的蒸汽处理.....	(496)
90. 论热处理车间的能耗与节能.....	(504)

国际热处理联合会 (IFHT)

的现状和近期活动

T. Konkoly [匈]

在确定联合会的活动和安排今后工作时，有必要考虑一下章程。章程第二点规定联合会的宗旨为：“作为一个领导机构，国际热处理联合会的意图是，在各种材料，主要是金属材料的热处理科学和技术领域中，组织和推动各国专家、研究人员之间以及在各类似的专业组织中的学会之间，进行经验和情报的国际交流。”

上述目的通过两种主要活动方式予以实现：(1) 组织国际性的科学技术会议，支持各国的这一类计划；(2) 在国际上共同关心的各领域建立专业委员会。——

第一种活动方式，已从1981年开始召开的国际热处理大会而完全实现了。根据委员会制订的一系列规定进行了会议的组织工作。

由东道国专家们组成的组织委员会，与执行委员会一起确定各项组织工作原则，其中首先是大会的技术和学科主题。

1983年第三届大会的下述主题就是按照这种方式确定的：

- (1) 热处理的能源及其应用；
- (2) 物理冶金在热处理实践中的作用；
- (3) 高能加热在热处理实践中的应用；
- (4) 钢在奥氏体状态下的化学热处理；
- (5) 钢在铁素体状态下的化学热处理；
- (6) 稀土元素在钢的热处理中的作用；
- (7) 控制气氛的制备、控制和应用；
- (8) 热处理质量控制；

一些国家的正式邀请保证了直至1985年的一系列的国际会议。

第二个相当重要的活动方式是，各专业委员会所做的工作。目前，联合会仅有两个这样的专业委员会在开展活动。

“热处理名词”专业委员会的工作正接近完成，到目前为止在广泛国际合作下，已用联合会的四种工作语言英文、德文、法文和俄文详细说明了600个热处理专业术语以及它们的500个相应的定义。分别写在单页纸上的各条技术解释定义，不断地迅速发送到所有成员国，使他们把这些内容译成他们本国的文字。

根据这个专业委员会的推荐，几个国家在他们的技术期刊中，现在正发表这些技术解释和定义，以建立广泛讨论的论坛。它们是：

德意志联邦共和国的 Härteri—Technische Mitteilungen, 匈牙利的 Gépgyártástechnológia, 波兰的 Metatoznawstwo i obróbka Ciepłna。

整个版本预期明年由金属学会 (The Metals society) 出版，这是在1981年大会

召开过程中，该学会与国际热处理联合会达成的正式协议。第二个正在开展活动的委员会是“冷却的科学技术特征”专业委员会。它已精心完成了第一个提供给国际上可以采纳的提议，“淬火油冷却能力的实验室测定方法”。参加的国家已增加到17个，这些国家的19个研究所宣布他们愿意合作，并按照预定计划，正致力于下列主要任务：

- (1) 测量聚合物溶液冷却能力的实验室标准方法；
- (2) 不同介质冷却烈度的车间测量方法；
- (3) 测得的冷却能力与工件硬度分布之间的关系；
- (4) 淬火过程中产生的最佳应力状态；
- (5) 建立冷却工艺和选择冷却介质的数据库。

我确信，在国际热处理联合会组织中，专业委员会的工作应该扩大；应该迅速建立新的专业委员会，以扩大到更广阔的专业范畴，这个意见已得到了一些会员国代表的支持，并为执行委员会所接受。

在1981年第一届国际材料热处理会议上，我的报告中预测了世界范围热处理科学技术主要趋势，并提出了进一步建立专业委员的建议，它们是：

- (1) 热处理节能；
- (2) 低于 A_1 温度的化学热处理，渗层组织结构和性能之间的相互关系；
- (3) 热处理过程中残余应力的控制；
- (4) 铝合金的热处理。

这些建议，特别是前两项，得到了一些国家专家们的好评。一些成员表示有兴趣并愿意合作。国际热处理联合会执委会批准成立这两个课题的专业委员会，这些课题易于引起国际上的兴趣，所以应当着手组织这两个专门委员会。

节能是当今技术界关注的焦点。在金属材料加工工艺中，热处理需要能量最多，它也影响冶炼工业的能量耗费。

虽然对于主要载能体储存量以及它们的可应用性有不同的看法，但是，应该承认，有二个基本事实也决定着热处理发展的趋势。

- (1) 应想尽一切办法降低热处理所用能量到最低限度；
- (2) 碳氢化合物的供应仍然有限，因而需要用更多的电能以取代液体或气体燃料。

可以预料，在八十年代后期，绝大多数热处理炉将使用电能。

热处理中更节约地使用冶金工业生产的金属和合金，可以间接地影响能量消耗。现在世界上的能量生产大约有10%用于冶金，不幸的是，其利用效率很低。一般来说，金属生产消耗的能量是理论需要的10—70倍。若干需要冶金能量较多的合金，通过热处理方法仅需较少能量就能加以改进。

热处理的能量问题是多方面的，并且是相互联系的；通常认为减少能量消耗有几个可能的途径：

- (1) 用其它耗能较少的工艺方法取代热处理工序；
- (2) 在机械加工以前，在钢厂、轧钢厂和锻造车间进行热处理，比用户进行热处理更经济，质量更好。

(3) 综合考虑适当选取材料、热处理和加工程序,以消除化学热处理以后重复回火和(或)淬火;

(4) 用一次加热完成塑性变形、相应的铸造及随后的热处理;

(5) 提高机械加工精度,更好地掌握热处理变形,以减少渗层的厚度。

应该强调那些本质上影响热处理工艺的可能性。首先,应当更多地采用那些具有最佳能量利用效率的热处理工艺方法,最重要的是:

在较长期间的有:

(1) 真空热处理:淬火,辉光扩散,用碳氮及置换型溶质元素 Ti、Ta、Cr、Mo、B 等进行化学热处理;

(2) 感应加热,用激光和电子束进行选区加热;

(3) 利用稀薄气体离子化热处理。

在短期间的有:

(5) 完善热处理设备,采用换热器、新型绝热材料和密封材料,合理安排加热炉充分利用其生产能力,并广泛应用微处理机。

在1981年会议上,已正式由有兴趣的专家及执委会成员组成的筹备委员会,以便组织“热处理节能”专业委员会,并制定了它的第一批任务,其主要任务安排如下:

(1) 从各成员国收集资料,编制热处理炉类型样本;

(2) 根据燃料类型、热传导原理、操作方法和尺寸对炉子进行分类;

(3) 建立确定和测量能量效率的统一体系;

(4) 编制改进现有的并在运行中的炉子效率的方法;

(5) 改变炉子设计和功能以改进其效率;

(6) 辅助设备和材料的研究;

(7) 努力办好出版物、数据资料和说明书。

执委会要求英国的 R、H、Johnson 博士担任这个委员会的领导。

在1982年1月19日的执委会会议上,执委会讨论了其它专题的任务。众所周知,钢在 A_1 温度以下的铁素体状态下进行化学热处理有许多优点,因而发展很快。这个课题发展的特点是,出现了越来越多的用 N 或 C 和 N 渗入表面的新工艺。虽然这些工艺的介质、温度、时间和压力不同,然而渗层的成分、组织以及它们的分布和结构往往是类似的。我们仅有少量关于渗层组织与各种机械及其它性能关系的资料。某些尚未被注意到的有目标的、方向性的资料也是需要的,以便能为具体的零件和载荷选定材料和化学热处理以及渗层的成分和结构,达到最佳配合。执委会要求意大利的 I、Montevecchi 博士承担组织这个委员会的筹备工作并领导这个委员会。

建议这个专业委员会的工作范围如下:研究表面层的结构,机械和其它性能以及它们之间的相互关系,以制定选择合金和确定钢的化学热处理方法的指导原则。第一步是关于在 A_1 点以下铁素体状态下钢的化学热处理方法,然后是其它化学热处理方法。经过若干次协商,Montevecchi 先生提出了如下主要步骤:

(1) 从热处理以及冶金工业中收集这个专题的资料;

(2) 按照化学热处理方法及渗层的机械性能,对表面渗层的显微组织进行综合、分

类并编制索引。

(3) 按照显微组织和热处理方法,对渗层的机械性能进行综合、分类并编制索引。

(4) 按照表面渗层机械性能和显微组织,对化学热处理方法进行综合、分类并编制、索引。

(5) 把这三种索引进行对照,收集专门研究所制出的图片、照片,编制并出版资料手册。

乘此机会,我请求热处理的著名科学家和专家们,我们成员国的代表们以及还不是国际热处理联合会成员的学者和专家们,为创立这两个专业委员会以及为安排他们的任务作出贡献,积极地参与他们所组织的工作。

我真诚地希望,国际热处理联合会,通过年会和其他活动,在已建立和将要建立的专业委员会方面,为各成员国作出某些有益的和有成效的工作。为此,我请求从事材料热处理工作的所有专家们给予积极的支持。

贺信莱译 褚幼义校

评价钢的淬火冷却过程的新见解

K—E Thelning [瑞典]

在工具及机械零件淬火时，热处理工作者的目的通常是要得到马氏体组织，至少在钢的表面层得到马氏体组织。因此，必须控制冷却速度，以避免形成铁素体、珠光体和贝氏体。

由于工件的尺寸通常是预先决定的，硬化层深度决定于合理选取钢种和冷却介质。对于硬化而言，选用淬火介质的重要性往往和选用钢种是同样重要的。当选用钢种的合适等级时，掌握它的淬透性知识，是很有帮助的。然而，对于冷却介质，还没有关于它的冷却能力的同样有效判据。通常采用的简单法则是，非合金钢水淬；合金钢油淬；高合金钢空冷淬火。

当希望采用不太高级的钢种，以及要使热处理过程更能自动化时，就需要有关于钢种的淬透性和冷却介质的冷却能力这两方面的专门知识。而成功的最后成果也主要是从这两方面的因素的相互作用取得的。

1. 淬火的三个阶段

钢在液体介质中淬火时，整个过程可以分成三个阶段，即：

- (1) 蒸汽膜阶段，
- (2) 沸腾阶段，
- (3) 对流阶段。

图1表示一个典型油淬冷却曲线，图中同时给出钢件从淬火温度淬火时表面上的情况。

在蒸汽膜阶段，形成一层薄的蒸汽膜，它能隔热，从而妨碍热的排除。因此这个阶段曲线比较平缓。

在沸腾阶段，热的排除速度很快，这一方面是由于形成蒸汽消耗能量，一方面是由于强烈的搅动。

在对流阶段，散热比较慢，曲线再次变得平缓。

实际上，几乎所有淬火介质方面的文献都强调，蒸汽膜阶段保持得越短，冷却效果越好。这一点将在下一节详细地探讨。

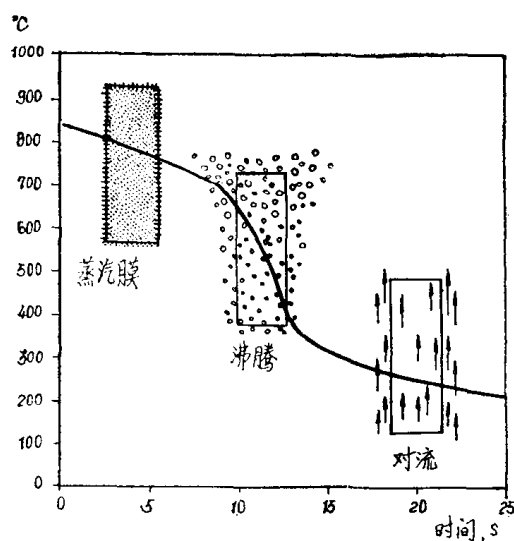


图1 冷却曲线三阶段

2. 评价淬火介质的方法

有大量各种评价淬火介质的方法，银球法至今是最常采用的方法。原先是采用直径20mm的银球，由于某些理由目前也采用钢或银的圆柱体。探头中心装入一个热电偶并与记录仪联接。探头加热到所需的温度，然后浸入冷却介质，记录仪就将探头的温度变化记录下来。

用这种方法测得的冷却曲线示于图2^[1]，然而，由于一些原因，这些曲线很难解释，也难于实际应用。如果记录整个冷却过程中的冷却速度，那么就便于解释，这种曲线的形式如图3所示。

Lisčic^[2]设计了一个系统地试验和评价淬火介质的装置。在这个装置中，可以用不同直径的试验物体评价不同的淬火介质，介质的温度和流动速度可以任意改变。另外，探头的冷却过程可以用置于试样表面层下不同深度处的热电偶记录下来，可以用不同方式评价所得的结果。

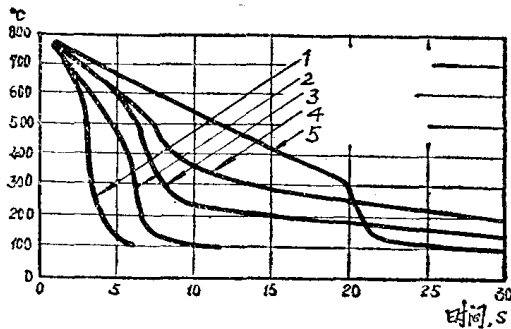


图2 用银球法得到的各种淬火介质的冷却曲线，试验温度40°C^[1]

1—3%盐水，2—自来水，3—淬火油A，4—淬火油B，5—乳化油

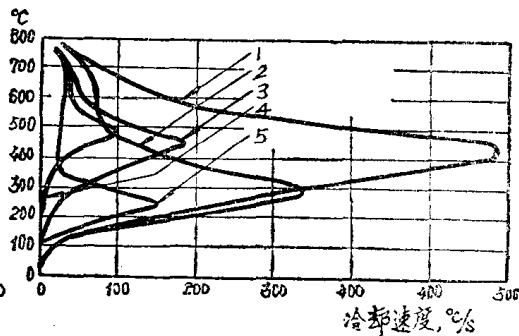


图3 用银球法试验测得的各种淬火介质的冷却速度，试验温度40°C^[1]

图中代号1~5同图2

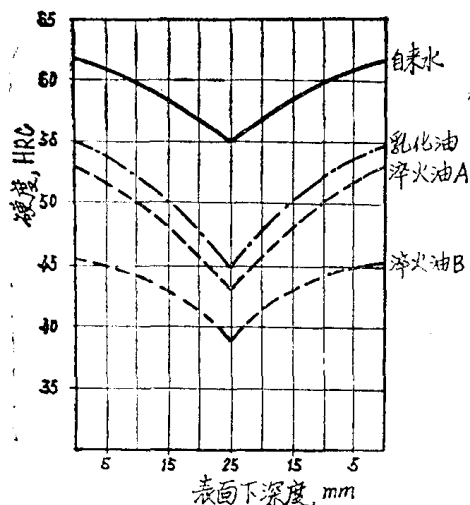


图4 $\phi 50\text{mm}$ 的50M7钢试棒在不同介质中淬火后截面上的硬度曲线^[1]

3. 银和钢试棒测定的冷却曲线对比

控制银和钢试棒冷却时温度变化过程的条件有根本的不同，银的导热性比钢高得多。在用银试棒时，不发生影响冷却速度的相变，而在钢中，要发生奥氏体向铁素体、珠光体和贝氏体的转变。各种相变都会放出热量，影响冷却过程，因而影响硬化结果。

从图2清楚地看出，盐水（3%的普通盐水）具有最强的冷却效果，随着曲线移向较长时间，冷却能力下降。在一定范围内图4证实了这个观察结果，图上给出了 $\phi 50\text{mm}$ 50M7钢试样，从表面到心部剖面的硬度曲线。试样在除盐水以外的各种淬火介质中淬火。所试验

的不同淬火介质中，水淬得到最高硬度，在油中，用油 A 比用油 B 获得较好的结果，但是用乳化油比用油 A 获得更高的硬度。然而，这最后一点，从图 2 或 3 并不能直接显示出来。

Beck^[3]和他的合作者们，测定了 $\phi 16 \times 48\text{mm}$ 的银和钢试棒的冷却曲线，研究了不同淬火油的冷却能力，绘出钢棒截面从表面到心部的硬度曲线。所用的钢种是 XC 48，其名义成分是 0.48% C、0.25% Si、0.65% Mn。由试验得到的冷却曲线示于图 5 和图 6。

在用银棒试验过程中，在淬火油 A 中开始沸腾的阶段比在油 B 中晚很多。在约 500°C 温度，在油 A 中的冷却速度比在油 B 中高。而对于钢棒，冷却过程实际上和银棒是一样的，但是，在油 B 中于 600°C 时有约 2 s 的冷却停顿。

试验的实际结果示于图 7。由图可见，用淬火油 A 比用淬火油 B 可获得更高的硬度，而作者们原预期淬火油 B 比淬火油 A 可产生更好的结果。

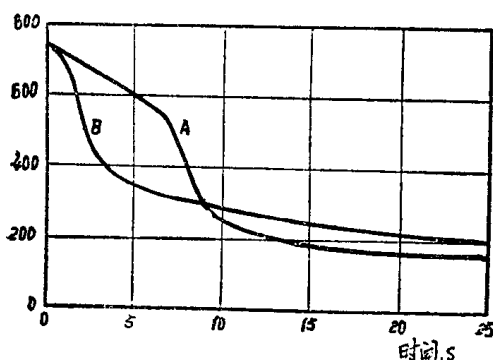


图 5 $\phi 16 \times 48\text{mm}$ 银棒在矿物油 A 和 B 中淬火的心部冷却曲线

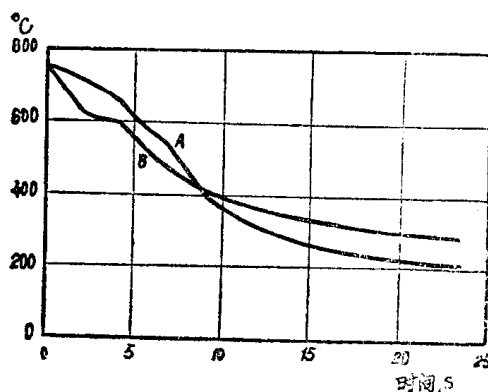


图 6 $\phi 16 \times 48\text{mm}$ XC48 钢试棒在矿物油 A 和 B 中淬火的心部冷却曲线

4. 借助相转变图评价冷却曲线

从上面给出的例子，虽然，很难评价由银试棒获得的冷却曲线，同样也不能按照迄今为止应用的规则评价某些乳化油的冷却曲线（也适用于聚合物冷却介质）。这也引起人们怀疑，是否由钢试样作出的评价在各方面都是正确的。这些例子中没有将冷却曲线与所研究钢种的 CCT 图联系起来进行评价。图 8 把淬火油 A 和 B 以及乳化油的冷却曲线迭加在所研究钢种的 CCT 图上。乳化油比油 A 使钢得到更高的硬度，这似乎是不可思议的，因为与乳化油相比，油具有更优越的冷却能力，可以一直冷却到贝氏体区，然而，正如许多其他的图一样，没有可用于说明这些图是怎样制成的资料。因此把冷却曲线随意地迭加在这种 CCT 图上是十分不妥的，特别是，如果这些图是用线性冷却数据作出的，就更不妥当了。

在一定温度下发生的相变取决于相的形核和长大，其机理可以这样简单描述：过冷有利于形核，因此在低温下相变发生得快（只需短时间），在高温下则慢（需较长的时间）。这是因为，随着温度的下降，推动形核的驱动力加大。稳定核心的长大速率是由扩散控制，因此在高温下长大得快，但是不能在形核之前长大。

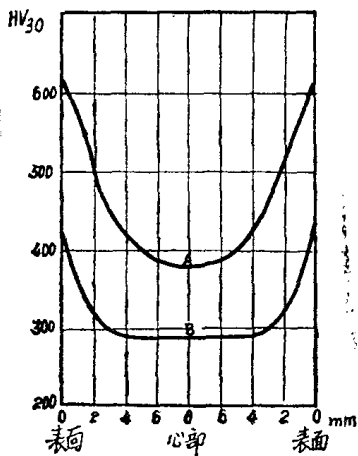


图 7 $\phi 16 \times 48\text{mm}$ XC48 钢试棒用矿物油 A 和 B 淬火的横截面上硬度曲线

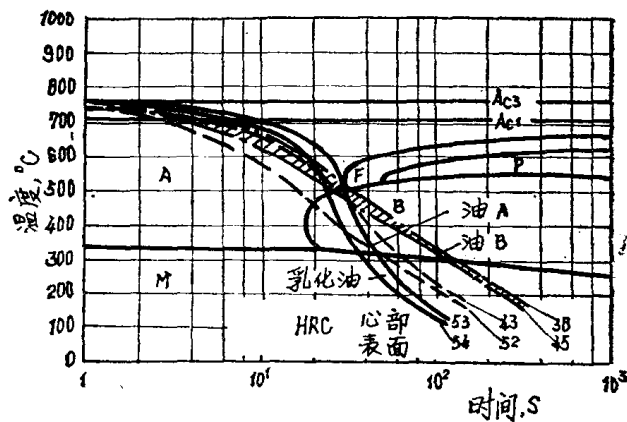


图 8 $\phi 50\text{mm}$ 50M7 钢试样的冷却曲线迭加在这种钢的 CCT 图上

根据上述简化设想, 用图 9 曲线可以说明共析碳钢中温转变过程是如何进行的。

如果快速冷却到鼻尖温度范围, 然后试样在此保温, 很快地发生形核和长大, 转变过程如图所示。如果冷却到更低的温度, 在更短时间后就开始形核, 如果现在温度升高, 长大就激化, 进行完全转变的时间将比第一种情况更短。当比较同一种钢的 TTT 图和 CCT 图时, 显然, 在发生扩散型转变的温度范围内, 稳定冷却速率中断时, 中断可促进这种转变过程, 相反, 连续不断的稳定冷却不利于转变。

这个现象用 58Si7 弹簧钢进行试验予以说明。模拟两个连续冷却速度, 并迭加在这个钢的 TTT 图上, 见图 10。在第一个冷却速度下可得到 98% 马氏体, 而另一个为 75%。当冷却到 600°C 中断 30s, 再继续冷却时, 只得到 6% 马氏体, 硬度为 HV341, 即与 TTT 图上 600°C 处所表示的情况大致相同。

图 11 也表明, 当冷却到贝氏体转变区域之前冷速接近恒定, 以及随后冷却速度变化对硬度的影响。最高冷却速度下得

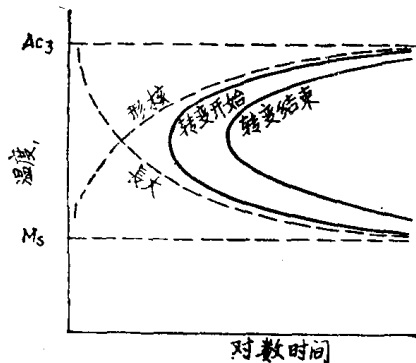


图 9 共析钢的形核和长大示意图

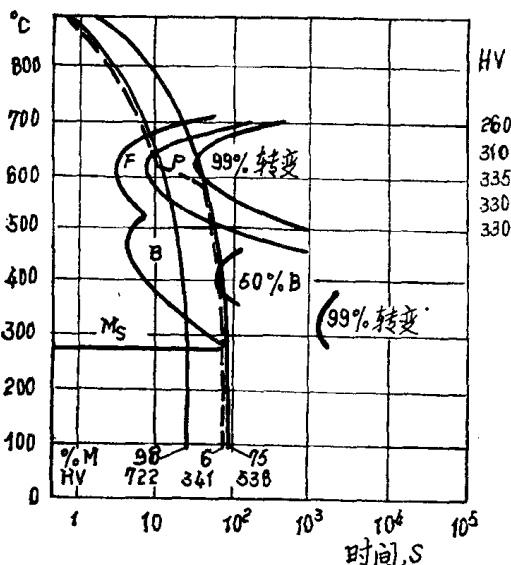


图 10 弹簧钢 58Si7 的 TTT 图包括连续冷却和间断冷却曲线

到硬度 HV495，最低冷却速度下硬度为HV340。

如果通过上部亚稳奥氏体区的冷却速度慢，则形核过程缓慢，提高淬透性。如果缓慢冷却直到形核范围之前中止，改变为快速冷却，则钢进入到已经形核而缓慢长大的温度区域。因而，用这种冷却方式应该获得高的淬透性。

为了验证这种设想，绘制了图12，图中模拟各种降低到 700°C 的冷却速度（虚线）^[4]，从这个温度开始，冷却过程以恒速进行。这些曲线迭加在由线性冷却数据（实线）绘制的 CCT 图上，由图发现，第一阶段冷却越慢，钢的硬度越高，这是一个出乎意料结果。

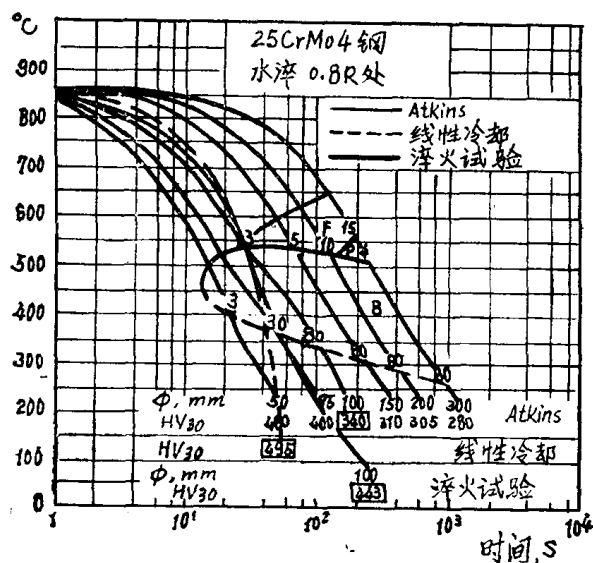


图 11 表示通过贝氏体区的冷却速度对硬度的影响的 25CrMo4 钢 TTT 图

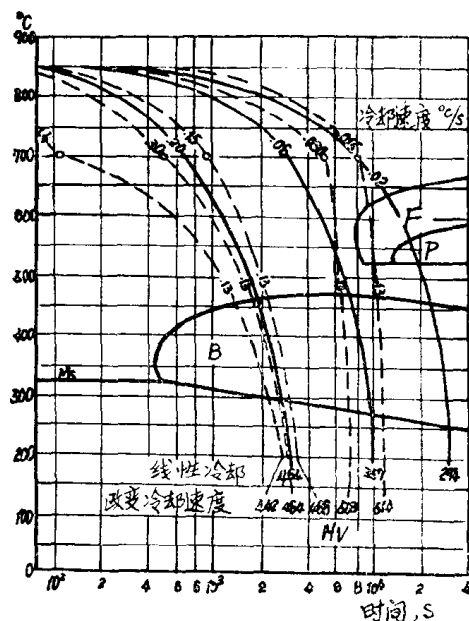


图 12 35CrMo4 钢用线性冷却法得出的 CCT 图，其上表示出由 700°C 以上的延迟缓冷曲线

Loria^[5]进行了类似的观察。图 13 左部 (a) 是常规 CCT 图，而右部 (b) 是一个组合的 CCT 图。在右图，保持空冷到接近 A_{c1} ，然后从这个温度水淬。在分两阶段的冷却过程中，CCT 图大幅度向右移，部分原因是由于，与水冷相比空冷到 A_{c3} 的时间增长而引起的，并且在 A_{c3} 以上是奥氏体稳定区域不发生相变。实际上也发现， $1/2 \sim 1$ in 厚的钢板，仅用水淬得不到均匀的硬度。当试样经空—水冷却时，1 英寸到 $1 \sim 1 \sim 1/8$ in 厚的截面上可得到充分而均匀的硬度。

用一个 $\phi 70 \times 95$ mm 类似于 01 型工具钢试样进行淬火试验指出，由空—油 双联淬火操作得到的硬化深度，随着在空气中保持时间由 5 s 增加到 20 s 而增加，如图 14 所示。类似的研究可参考文献^{[6][7]}，但是至今这个现象尚未受到充分注意。

5. CCT 图的最近改进

至今所发表的大多数 CCT 图，只能用于比较各类钢种的淬透性。即使近年来对 CCT 图的形式作了某些改进，它们对实际淬火操作没有多少实际意义。热处理工作者要求直

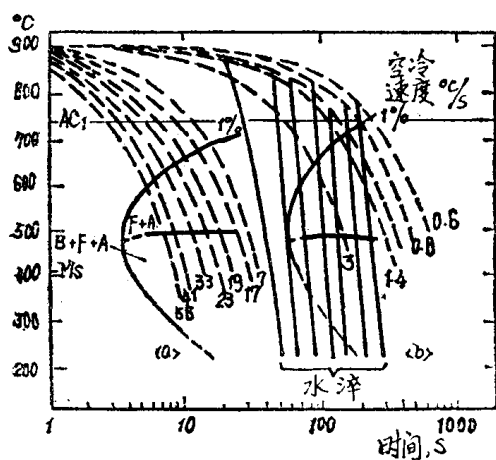


图 13 冷却曲线和 CCT 图
a) 常规 CCT 图 b) 空冷随后水淬
钢的成分为: 0.20% C、0.78% Mn、
0.60% Cr、0.59% Ni,
0.61% Mo

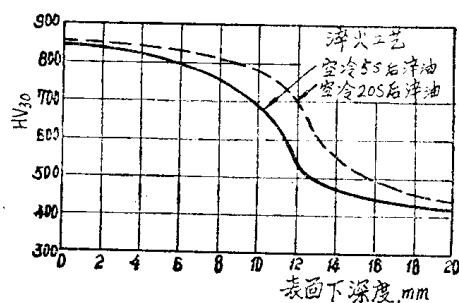


图 14 $\phi 70 \times 95\text{mm}$ 01 钢试棒经在油中延迟淬火后的硬度分布曲线

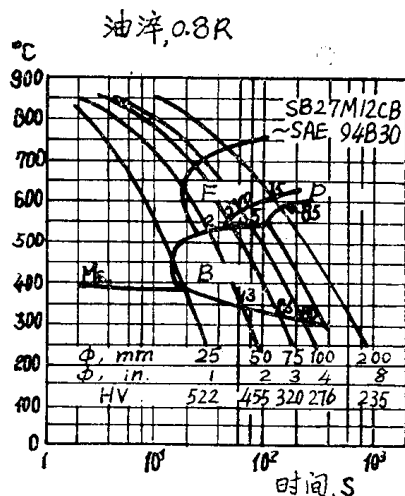
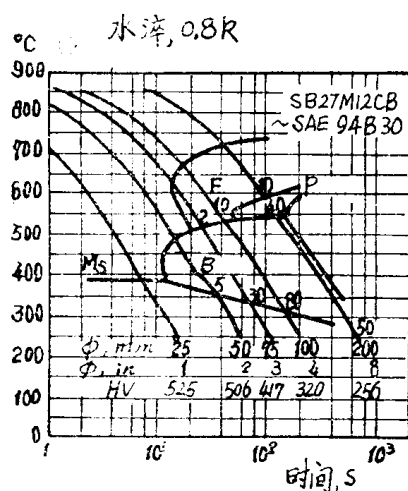


图 15 在固定冷却条件下的 CCT 图

0.27% C,

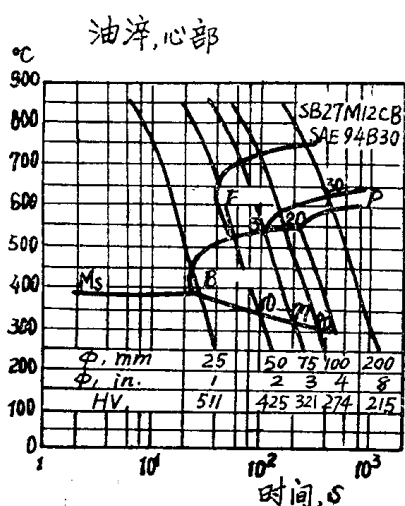
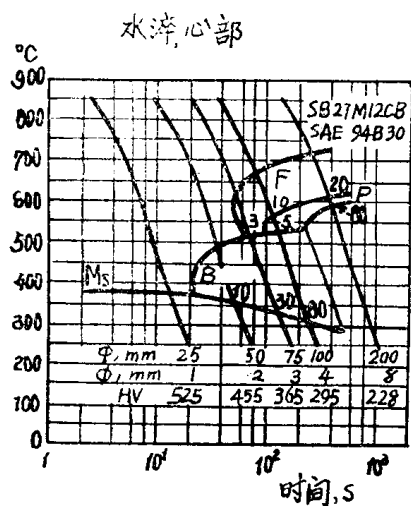
0.31% Si,

1.17% Mn,

0.48% Cr,

0.0013%B, 水淬

和油淬, 0.8R 和中心部位



接从图 15^[4]中所示的曲线图中获得简便资料。从这种图上,可以容易地估计不同直径试棒经过水淬或油淬后在中心和0.8R处的组织状态与硬度值。图中的冷却曲线是根据 Atkins^[8]以及 Hengerer 和 Strässle^[9]发表的曲线。将来要绘制这类图时,必须密切注意钢的相变热及应力分布。

6. 评价钢的淬火介质的当前发展工作

有些理由表明,至今还用以银球或其它单相合金球为基础的冷却试验,评价淬火介质冷却能力的方法,是不能令人满意的。本文报导的关于钢中转变过程的研究结果,由1979年开始已被 MEKAN(瑞典机电金属加工及汽车工业联合会)用作评价淬火介质研究课题的根据,在 Gothenburg^[1]已由 IVF(瑞典制造工程研究所)安装了一套类似于 Liščis 教授创设的装置。试样直径可到25mm,可以改变淬火介质的流速和温度,介质易于更换,已经报导了大量研究结果。研究计划中有一项是试图把单相合金试棒冷却过程,与钢试棒冷却过程和淬火结果联系起来。已经写出两个阶段性报告,最终报告预期到1984年才能完成。与此同时,在国际材料热处理联合会(IFTH),正在组织进行类似的工作。我们正期待着同这个工作小组进行有意义的情报交流。

参考文献^[1-9](从略)

贺信莱译, 陈 洵校

硅、钼对中碳钢恒温转变动力学及 贝氏体组织形貌的影响

北京钢铁学院 杨让、裘尧健、曹凤豫

前 言

自从 Davenport 和 Bain^[1] 于 1930 年通过等温热处理成功地得到了介于钢的平衡组织和马氏体组织之间的中间组织——贝氏体之后,引起了各国冶金和金相工作者的极大兴趣。在连续三十多年的时间里,关于贝氏体的组织转变和性能做了大量工作^[2-10]。这些工作的一个方面是研究贝氏体形成的动力学和机理;另一个方面是研究它的组织和机械性能以及在实际中的应用。从所获得的大量信息和资料证明,贝氏体转变和贝氏体的组织形貌是相当复杂的。从最早的金相研究到 Mehl 的工作^[9],我们至少已经知道有两种不同形貌的贝氏体^[3,4],也许可能是三种^[14,15]。由于透射电镜的诞生和应用。使贝氏体的组织形貌和微细结构以及晶体学特征比过去清楚得多了。根据经典的概念,上贝氏体是由板条或针状铁素体与平行于其长轴的渗碳体所组成。这种组织有点与回火的低碳马氏体相似,而下贝氏体非常像回火的高碳马氏体,即在铁素体片中包含着与其长轴成 60° 左右角度分布碳化物沉淀。但这种简单分类并不能概括一些中间类型的贝氏体^[16],如粒状贝氏体及硅钢中所观察到的贝氏体组织^[17,18]。

贝氏体组织随含碳量的变化也有很大变化。合金元素的影响可能使情况变得更复杂。但是关于合金元素及其含量对贝氏体的形貌、晶体学和动力学的影响尚缺乏系统的研究。本文仅就 Si—Mn—Mo—V 钢中的合金元素对贝氏体的组织形貌和微细结构进行了初步的观察和研究。

表 1 试验钢的化学成份

钢 号	化 学 成 分 (%)						
	C	Si	Mn	Mo	V	P	S
40	0.42	0.37	0.30			0.012	0.005
40Si2	0.42	2.09	0.29			0.014	0.005
40Mo	0.42	0.36	0.34	0.46		0.010	0.005

研究用钢及处理

所有研究用钢均采用 30 公斤感应电炉冶炼。然后经过电渣重溶并在 1200°C 扩散退火 24h, 经锻造加工成 $\phi 10 \times 2\text{mm}$ 的薄片金相试样。再通过机械减薄和双喷电解减薄并穿孔制成透射电镜下观察的金属薄膜试样。电解液的成份为: 10% 的过氯酸和 90% 的乙醇。工作电流为 0.16mA, 工作电压为 85V。

试样的奥氏体化温度除 40Si2 钢为 970°C 外,其它钢均采用 950°C 。经均匀奥氏体化