

第一届国际材料热处理大会论文集



中国机械工程师学会热处理分会
北京机械工程学会热处理分会

前 言

第一届国际材料热处理大会，于1981年10月27~30日在波兰首都华沙举行。由中国机械工程学会秘书长许绍高为团长的我国代表团，以会员国身份参加了大会。

大会宣读和讨论的论文共104篇，分工作小组、专题小组和小字报小组三种型式发表。工作小组的五项内容是：(1)热处理一般问题，(2)切削刀具的热处理，(3)热处理的快速加热，(4)化学热处理，(5)热处理对材料性能的影响。专题小组的五项内容是：(1)淬火介质，(2)在可控气氛中进行热处理，(3)硬扩散层，(4)在流动粒子炉中热处理，(5)在离子化气体中热处理。

在全体大会上，国际材料热处理联合会（简称IFHT）秘书长维斯先生介绍了联合会成立经过。联合会本届主席康可利博士对联合会目的、内容作了发言，指出IFHT的活动目的是把研究成果尽可能广泛传播到用户手中，以满足应用需要。波兰布拉可夫斯基作了关于热处理节能的报告，提出通过热处理工艺节能的主要措施。会上交流的其他五篇综述性论文，就热处理设备与技术、零件和工具低温热处理，渗碳过程程序控制、淬火冷却、可控气氛等方面的发展动态进行了综述，并分析了今后发展趋势。

会议将工作小组的五项内容35篇论文全文印发，其他论文仅印出摘要进行交流。

为了提供从事热处理工作的有关人员参考，由《金属热处理》编辑部将大会印发的以及代表团收集到的论文49篇及其他论文文摘50篇组织翻译，委托北京机械工程学会热处理分会出版、发行。由于时间紧迫，译文错误之处尚希读者指正。

国机械工程学会热处理学会

一九八二年三月

第一届国际材料热处理大会论文集

目 录

国际材料热处理联合会的十年·····	(1)
IFHT的活动及展望·····	(6)
金属热处理工艺和加热设备的发展趋势·····	(9)
金属热处理中的节能·····	(13)
钢在淬火时引起的应力和变形·····	(20)
非金属夹杂物对淬火裂纹成核的影响·····	(25)
用数学模式研究加热介质的传热·····	(30)
由成份预测钢的淬透性及预定供应状态·····	(34)
铁素体—奥氏体不锈钢的性能和热处理的关系及其对冲击试验的敏感性·····	(42)
热处理对含钒奥氏体时效钢在低温下的组织和性能的影响·····	(46)
论钢及合金热处理时马氏体转变的恢复·····	(49)
奥氏体化温度对 6-5-2 型高速钢连续冷却转变曲线的影响·····	(53)
对制造不含粗大一次碳化物的铸造高速钢工具的几点看法·····	(57)
高速钢的渗碳·····	(62)
合金工具钢涂覆TiC的经验 ·····	(65)
高速钢刀具气体氧硫硼碳氮五元素共渗·····	(68)
淬火与回火温度对R6型高速钢机械性能的共同作用·····	(75)
结构钢和工具钢的硼铝共渗 ·····	(78)
高频脉冲感应加热表面淬火·····	(82)
奥氏体钢丝的激光热处理·····	(88)
应用太阳能对钢铁表面硬化的初步探讨·····	(92)
激光热处理光束的临界密度和钢的组织·····	(97)
局部熔化和局部热处理对模具钢性能的影响·····	(101)
利用最佳渗层成份的特殊关系应用电子计算机进行碳氮共渗的工艺设计·····	(105)
在含铬、钼和硅的 α 铁表面上氮化铁的形成 ·····	(111)
复合热处理—氮化淬火·····	(117)
机器零件和工具低温化学热处理的发展前景·····	(122)
渗氮过程程序控制的发展前景·····	(127)
钢制零件在电热旋流中渗碳·····	(129)
奥氏体化温度对30MnSiMo钢及FeNiC合金马氏体脆断性能的影响 ·····	(132)
热加工工具的热处理与失效的关系·····	(137)
热处理对局部扩散镀渗层残余应力分布的影响·····	(139)
碳氮共渗层中黑色组织的本质及其对性能的影响·····	(144)

硼钢加热时硼对低碳低镍铬钢加热组织和冲击韧性的影响.....	(150)
钢的双层涂铝的参数与效果的关系.....	(158)
淬火技术领域的近代研究情况.....	(162)
为获得均匀组织减少工件变形和开裂的	
淬火冷却介质及测定介质冷却烈度的仪器.....	(172)
用银棒方法研究聚合物水溶液和淬火油的热动力学性能.....	(179)
淬火油冷却性能的研究.....	(186)
利用电子计算机研究钢制工件的淬火过程	
和提高机械零件寿命的某些先进途径.....	(188)
不同种类油的冷却性能研究.....	(193)
可控气氛热处理的发展.....	(196)
应用改进的CVD法在钢和硬质合金上获得耐磨的硬质材料涂层.....	(203)
在650~900 C的I.M.P流态床热处理方法	(208)
等离子渗氮层深度对 3 %Cr—Mo钢的疲劳特性的影响.....	(217)
辉光放电加热的特性及气氛对获得渗氮层和渗硼层的作用	(224)
用磁性法测量淬火油冷却能力的自动装置.....	(228)
室温形变对20钢渗碳及碳氮共渗过程的影响.....	(232)
不同原始组织30CrMnSiNi 2 钢的高温回火脆性.....	(242)

附录

其他交流论文摘要.....	(254)
---------------	---------

国际材料热处理联合会的十年

U. Wyss [瑞士]

〔摘要〕表1列举了50年以来举行的金属热处理的国际交流、国际会议和国际科学讨论会。随着这些工作的发展，增进了各国专家之间的国际接触，促进了对建立国际金属热处理联合会的要求。1971年10月10日在苏黎士实现了这个要求（表2）。国际材料热处理联合会的一个重要活动是专业委员会的工作，有以下的几个方面的专业委员会：名词术语，安全与环境保护、淬火科学技术、协作。基本目标是举行国际材料热处理会议，取代原来一系列的国际会议和学术讨论会（表1）。表3示出联合会理事会成员。

不要把1971年10月10日在苏黎士成立国际材料热处理协会只作为当时的成绩，而是有很长的历史才导致它的建立。这段历史的主要特点是，按国际上不同范围而联合起来的金属学和热处理专家们，不断提高了对在国际会议上交流知识和经验的兴趣。战后的几年，当国际界限逐渐减弱时，越过国界迅速地进行了接触。各国专家可以容易地参加国际性专业活动，如德意志联邦共和国热处理专业组织举行的热处理技术座谈会，法国金属学会召开的会议以及钢铁研究所在伦敦召开的会议。欧洲社会主义国家的重要会议也有改为打破界限参加国际专业会议的可能性。

西德不莱梅热处理研究所所长Otto schaaber教授，1955年6月10日在杜尔塞夫举行世界冶金大会时，首先就热处理问题进行了国际交流。这不是事先准备好的报告，而是不用讲稿探讨现实问题的谈话。特别是钢的淬透性是当时人们最感兴趣的问题。值得一提的是，作为对淬透性问题的积极支持，在W·E Joming（美国）和Dr. H. Kiessler（西德）之间也进行了交流。

第一次国际专业范围的交流是非常适时的、成功的。为此，1955年10月20日在Schaaber教授的领导下，不莱梅热处理研究所又在杜尔塞夫进行了第二次交流。为此决定，尽可能在一年后再组织这样的国际交流，而首先要有一定范围内的组织参加，到1960年止，这些交流都是由不莱梅热处理研究所组织的。后来由该所与法国巴黎金属研究所共同组织。

以后几年，在西德、法国、瑞士举行了一些交流会。在这些交流中深感兴趣并参加的组织不断增加，这些交流会发展成为正式大会的形式具有重大的意义。为此决定，每两年举行一次会议，会议举行的时间、地点如表1所示。

在欧洲社会主义国家的金属研究所也积极举行了著名的学术讨论会。第一次金属学与热处理学术讨论会是1967年在华沙（波兰）举行的，由精密机械研究所组织。后来的学术讨论会每两年举行一次，见表1。（西欧的国际交流逢双数年进行，而社会主义国家的学术讨论会逢单数年举行）通过有意义的国际接触，一个统一的材料热处理组织的需要越来越明显。考虑到普遍的要求，1970年10月8日，Dr. W sthlmann教授（当时任

德国材料热处理联合会主席)和Dr. O. Schaaber教授在西德维斯巴登举行的第26届热处理座谈会时,为了建立国际材料热处理联合会召集了理事会。德国、希腊、西班牙、法国、英国、匈牙利、捷克、荷兰、瑞典和瑞士的代表参加了会议。瑞士热处理专业组织准备承担国际联合会秘书处的工作,并在国际联合会成立前预付费。Dr. -Ing·H. U. Meyer (当时任苏黎士Climax 铝公司的经理)担任筹备委员会的理事长, U·Wyss担任秘书长(当时任瑞士热处理学会的理事长)。

筹备委员会起草了一个法、英、德三种语言的章程草案,确定了1971年10月10日在苏黎士(Atlantis饭店)举行成立大会。参加的组织和代表见表2。在这次成立会上,讨论了章程草案及其它草案,修改补充了出席会议代表的建议。最后将正式草案送交了参加会议的组织和其它有兴趣的组织。在Dr. Bardoz和Dr. T. Konkoly先生的支持下,1971年11月26日在布达佩斯(匈)举行的第三届国际金属学与热处理学术讨论会上,召开了一次情报交流会,大多数参加这次学术讨论会的研究所和东欧组织参加了这次会议。

国际材料热处理联合会成立后,有关热处理问题的国际交流总是在国际材料热处理联合会的支持下进行。1972年5月16日与国际第14次会议同时举行的国际材料热处理联合会第一次理事会上确定了章程。根据理事会的提议,以后用征询意见表决定国际材料热处理联合会应建立哪些专业委员会。1973年5月18日在苏黎士举行的有波兰和保加利亚作为成员国第一次参加的第二次理事会上,成立了如下专业委员会:

名词术语(临时主席: U. Wyss, 苏黎士)

安全与环境保护(主席: J. Martin, Billancourt)

协作:(主席: Dr. H. U. Meyer, 苏黎士)

1974年5月31日在Caen(法)与国际第15次会议同时召开了第三次理事会。苏联作为成员第一次参加了会议,同时承认了俄语为第四官方语言(当然是考虑到秘书处受条件的限制)。第四次理事会于1975年5月26日与西德不莱梅热处理研究所成立25周年纪念同时举行。匈牙利作为成员第一次参加了会议。在这次会上把主席、付主席和名誉主席任职的时间由一年延长到两年。此外把名词术语委员会主席改由华沙Dr. Eugeniusz Tyrkiel担任。安全与环境保护专业委员会主席由Birmingham的R. Billingham担任。

1976年5月5日第16届国际热处理会议(在Stratford upon-Avon)的前一天,在伦敦举行了第五次理事会。美国、南斯拉夫第一次作为成员正式参加了会议。1977年9月25日在莫斯科Baikov研究所举行第六次理事会,9月27~29日在Saporoschje(乌克兰)举行了金属学与热处理第六次学术讨论会。代表们有了参加二个会议的机会。在这次理事会上成立了淬火科学技术专业委员会,Zagreb(南斯拉夫)的Dr. B. Lis ci'c教授担任了委员会主席。因此决定,把“国际会议”改称为“国际大会”(见表1)。1978年5月8日在Barcelona与第17届国际会议合开的第七届理事会上,第一次正式使用这个名称。

过去的经验说明,对于在国际材料热处理联合会支持下举行的国际专业会议来说,组织国际会议有必要实行统一指导。负责工作的理事会拟定相应的草案。1979年9月23日在Bukarest与第七届金属学与热处理学术讨论会同时召开的第八届理事会上,经过几次的修改后同意了这样的修正,为此决定,18届国际材料热处理会议以后,把理事会与学术讨论会这两部分分开。根据通过的修订章程从1981年开始用一种新的形式举行国际

材料热处理联合会的会议，把这种会议称之为“大会”（见表1）。

经验表明，安全与环境保护专业委员会进行的国际合作是有希望的。在Bukarest举行的第七届理事会上，Chr. Pavée (Le Mans, F) 接受了负责制定工作计划、改进合作的任务。

这次理事会上芬兰作为成员第一次正式出席了会议。1980年5月由美国金属学会和热处理协会共同在底特律组织了第十八届国际材料热处理会议。同时举行了第9届理事会。

1980年葡萄牙加入了国际材料热处理联合会。自1981年1月起中华人民共和国中国机械工程学会成为国际材料热处理联合会的成员，所以到目前为止，有18个国家的24个组织已成为国际材料热处理联合会的成员。1981年10月27日至30日由波兰研究所和技术协会在华沙组织了国际材料热处理联合会第一届国际材料热处理大会，10月26日举行了理事会。

第二届国际材料热处理大会将于1982年9月20日至25日在意大利佛罗伦斯 (Florenz) 举行，由意大利的四个成员共同组织。

从原来无讲稿的交流到举行大会的变化，反映了专业人员对这样会议的兴趣是很高的。在国际听众面前，向那些为了热处理工艺和材料的发展积极工作的专业人员发表讲演、讨论他们的工作成果，以及直接取得国际上的情报，是热处理工艺和材料发展的需要。在大会交流时（在将来的大会应分组同时进行），应把重点放在讨论上面，以便注意这种无讲稿的交流的主题思想。

国际材料热处理联合会专业委员会活动的意义是特别重要的，关于这方面的活动将在别的场合详细说明。考虑到成员国的官方语言，名词术语委员会正进行编制国际热处理名词词汇表的工作。淬火科学技术专业委员会，根据制定的工作计划，首先要制定一个可供测定淬火介质性能的方法。

由于不同的国家制定的法律不同，安全与环境保护专业委员会不容易开展活动，但他们试图通过交换成果和目前的现状，找出一个共同的基础。

国际材料热处理联合会的理事会成员示于表3。

自从1981年1月以来，下面的18个国家24个组织已成为国际材料热处理联合会成员：保加利亚、中国、西德、芬兰、法国、意大利、英国、日本、荷兰、波兰、葡萄牙、瑞典、瑞士、苏联、西班牙、匈牙利、美国、南斯拉夫。

年	热处理问题国际交流会					
1955	1.杜塞道夫 (西德)	55—06—10	国际材料 热处理联合会	材料科学与热处理 国际科学讨论会		
1955	2.杜塞道夫 (西德)	55—10—20				
1956	3.西万英夫特 (西德)					
1957	4.法兰克福 (西德)					
1958	5.威斯巴登 (西德)					
1959	6.威斯巴登 (西德)					
1960	7.威斯巴登 (西德)					
1961	8.巴黎 (法)					
1962	9.劳山尼 (瑞士)					
1963	——					
1964	10.巴黎 (法)					
1965	——					
1966	11.不来梅 (西德)					
1967	——					
1968	12.刘赛恩 (瑞士)					
1969	——					
1970	13.巴黎 (法)					
1971	——		1971 --10--10 成果			
1972	14.塞尔兹堡 (奥)		1 届理事会	1. 华沙 (波兰)	1967	
1973	——		2 届理事会	2. 万那 (保加利亚)	1969	
1974	15.利爱恩 (法)		3 届理事会	3. 布达佩斯 (匈)	1971	
1975	——		4 届理事会	4. Karlo Vi Vari(捷)	1973	
1976	16. Stratford-upon-Avon (英)		5 届理事会	5. 卡尔马克思城 (东德)	1975	
1977	——		6 届理事会	6. 塞波罗斯基 (苏)	1977	
国际材料热处理会议						
1978	17. 巴塞罗那 (西班牙)		7 届理事会	7. 布加勒斯特 (罗)	1979	
1979	——		8 届理事会			
1980	18. 底特律 (美国)		9 届理事会			
国际材料热处理大会						
1981	1.华沙 (波兰)		10届理事会		1981	
1982	2.佛罗伦萨 (意大利)		11届理事会		1982	
1983					1983	
1984					1984	

表2： 1971年10月10日在苏黎士参加国际材料热处理协会基础会议的组织和代表

国 家	参 加 的 组 织	代 表
奥地利	—奥地利工程建筑协会	· F. Trembl, Dipl. Ing.
西 德	—不来梅硬化技术研究所	· Prof. Dr. —Ing. habil Ötto Schaaber教授
瑞 士	—材料技术和热处理专业小组	· Dr.-Ing H. U. Meyer, 筹备委员会主席
	—瑞士热处理协会	U. Wyss, 秘书长 H. J. Osterle, Dip Ing. R. Naville, Dipl. Ing.
西班牙	—西班牙冶金技术协会	· Juan Martinez Arcas, Ing. · Mario Pujol Roig · J. Carreras Rodriguez · R. Loder Casamitjana
法 国	—巴黎热处理协会	· Albert Léolero 主席
	—法国冶金公司, 巴黎	· Max Dupont, Secrétaire G. · Robert Wyss
英 国	—钢铁学会, 和金属研究所热处理联合会	· D. S. Clack · M. Y. Yates
意大利	—意大利冶金学会, 米兰	· Dr. G. Lo Pinto · Dr. W. Dumini
日 本	—日本热处理协会, 东京	A·Muroi
荷 兰	—Bond Voor Materialen kennis Den Haag	· N.C. Maaro, Dipl. Ing.

表3.

理事会原有成员和现有成员

Bell, Thomas, D. Sc. 利物浦大学, 英国 (1981-1986)

Konkoly, Tibor, D. Sc. 教授 布达佩斯技术大学, 匈牙利 (1979-1984)

※ Meyer, Hans-U, Dr. -Ing, 8700Küsnach, 瑞士, (1971-1976)

Murry, Guy, Directeur de l'office Technique Pour l'uticisation des Aciers, 巴黎
(1977-1982)

※ ÖSterle, Hans-J. Dipl. Ing., Hertuch & Cie AG公司经理, 苏黎士 (1971-)

※ Schaaber, Otto, Prof. Dr. -Ing. habil.,
硬化技术研究所所长, 不莱梅, 西德 (1972-1978)

Szfunar, Eugenius, Prof. Dr. -Ing. habil, Direktor 精密机械研究所所长
华沙, 波兰 (1975-1980)

※ Wyss, Urs, Dipl. Chem. IVW秘书长, 苏黎士 (1971-)
(※筹备委员会成员)

李吉云译 朱沅浦校

IFHT的活动及展望

T · Konkoly[匈]

〔摘要〕IFHT的工作主要有两个方面:

开展技术委员会活动,组织统一的国际大会。

IFHT未来的工作可概括为三个内容:实现联合会的宗旨及其目的。预测热处理研究、发展及工业应用的主要途经,热处理发展的中心问题是应用,尽可能广泛地接近用户并满足他们的需要。

建议从本文所列的主题中,选择所预见到的最重要的课题,在建立一两个新的技术委员会的基础上,创造条件进行国际合作。

正如秘书长U·Wyss先生的报告中提到的,IFHT的过去和历史决定着它当前的活动。工作主要包括两个方面:开展技术委员会的活动;组织统一的国际大会。目前开展活动的四个技术委员会是:名词术语委员会、安全与环境保护委员会、协作和计划委员会、淬火科学和工艺委员会。

名词术语委员会广泛进行了国际合作,组织多种语言的术语汇编。重要的是金属学会已表示愿意出版并建议订立合同,正在继续协商中。IFHT各成员国的编辑委员会已成立,而且其中一些国家已开始在他们合适的全国性刊物上发表这些资料。

安全与环境保护委员会再次达到工作高潮,英、法及西班牙的专家们分别宣讲了他们各国的规章和法律。该委员会接受了在各成员国的学会中传阅已确认的这些规章的任务。委员会将试图找到可作为共同接受的国际通用规章初稿的基础。收集不具名的热处理事故,印刷出版以便吸取教训。

协作和计划委员会的主要活动是促进国际会议上理事会批准的章程的实施,并从今年开始,由IFHT组织世界大会。该委员会的活动对于筹备在底特律举行的18届国际材料热处理大会的工作是重要的和有益的。

最近建立的淬火科学和工艺委员会,主要是在每年一度的会议中的工作是有成绩的。该委员会草拟了第一个“测定油的淬火能力的试验室方法”的草案,提交国际鉴定。底特律会议期间,英国的Wolfson热处理中心参加了该委员会。现在有12个国家参加了该委员会的工作,9个研究单位表示愿意合作。今后的工作是:制定普遍适用的测定聚合物水溶液淬火能力的试验室方法。测量若干冷却剂或淬火介质的冷却能力。

这些工艺类型的委员会扩大了国际活动的作用,推动了建立热处理工艺其他课题的类似委员会的设想。这就引导我们去考虑IFHT将来的活动。

IFHT活动的另一个重要领域是组织国际大会。秘书长U·Wyss的报告很好地说明了,将互相并无联系的东、西方国际会议和专题讨论会联合起来,通过参加会议及作报告互相支持,开创了今年的第一届热处理国际大会的道路。出版论文集使这些成果通过与

会者提供给热处理界广大专家们应用。在这样的国际会议上,专家们个人接触的收益是难以估计的。作为有效努力的结果,从今年起IFHT将在逐渐扩大的范围内组织国际大会。将来的工作将据此安排。我认为,国际材料热处理联合会将来的工作概括为三项:

联合会的宗旨及其目的;

在一些研究中将预测热处理研究或发展及工业应用的主要途径;

热处理发展的中心是应用,尽可能广泛地接近用户并满足他们的需要。

联合会章程的第二部分指出,作为一个最高组织,IFHT的目的是促进热处理材料和工艺方面的情报交流,特别是在专家、研究人员和若干国家从事这一领域工作的全国性机构之间。

IFHT企图通过下面途径达到以上目的:

a)组织国际水平的科技会议并支持组织全国性的会议。

b)交流国家及国际性会议的日程表。

c)在引起国际兴趣的领域建立技术委员会。

d)有助于达到联合会目的的有关活动。例如,创立或组织联合的研究发展计划。

决定联合会将来工作而应考虑的第2项是预测热处理的方向。这可以简单概括为:

(1)减少热处理能量消耗,以及评价一些能源最有效的应用。

(2)发展制造工业热处理用的基本材料及辅助材料,以及这些材料的经济利用问题,与从事这些材料选择和制造工艺的国际组织谋求合作。

(3)延长机器和零件的使用寿命及可靠性。

(4)努力减缓制造成本的上涨。

(5)寻找适应环境管理的途径。

为了在上述各方面描绘IFHT将来的活动,并且为在类似指导概念下开展工作,我主要提出五个方面的发展动向:

(1)增加电能及其他非碳氢化合物能源的利用,预先热处理以减少切削加工及塑性变形的能量需要,渗碳后直接淬火,利用塑性变形热量的热处理,减小热处理后的尺寸变化以减少切削量,推广局部加热方法及真空加热,广泛应用价廉的流态化介质加热,在低压气体中进行等离子热处理以及用这种方法进行金属元素的表面扩散,激光及电子束在热处理中的应用,低温化学热处理,推广在氮载体气中进行渗氮及渗碳,以节能为目的改进热处理炉的设计,微处理机的应用。

(2)由于金属资源日益枯竭,开展研究并发展以贱金属及合金化金属取代Sn,Zn,Pb,Cr,以减少这些元素的应用,使用计算机确定最佳的材料成份及其热处理,增加表面合金化的作用。

(3)表面合金化热处理,特别是低温类型,研究改进热处理和可靠性的新方法,主要靠自动化以及在增加应用计算机控制工艺的基础上积累资料。

(4)中小热处理车间现代化投资费用高,是很不经济的。解决办法是设置大型热处理专业化工厂,除了投资费用少以外,还能降低能量消耗。采用计算机合理设计并选择材料和热处理的最佳配合,以降低生产成本。

(5)采取经济的方法中和废盐,以保持盐浴的优越性。为减少空气污染,而应用低压气体、真空及惰性气体保护气氛。

所有这五个主要方面都要求推进各级人员的培训。

国际材料热处理联合会各项活动首先应以充分满足用户为目的。对于个人或组织，最重要的是使他们确信参加联合会的可能性及可获得的利益。最重要的工作是确保和加强与设备、仪器及辅助材料的制造者、研究人员及开发者合作之外，应与用户积极地合作。

展望国际材料热处理联合会未来的工作以及为完成章程所规定的目的，例如对技术委员会和国际会议上预定的主要议题要积极开展活动，利用这些会议进行国际合作的有利条件，并尽可能广泛地活跃与用户的联系。

最后，技术委员会的工作应该涉及更广泛的领域。而且逐步地提出合适的议题，选择胜任的主席，并注意保持管理工作和相应开支不致增加会员的负担。

在Guy Murry先生担任上届主席期间，提议过新的委员会及可能的议题。它们是：

- 1、热处理的节能；
- 2、高能量束加热的局部热处理；
- 3、实现提高硬度减少变形的淬火；
- 4、减少热处理时的应力；
- 5、最佳的最经济的合金化以提高淬透性；
- 6、合金元素对铝合金热处理能力的影响；
- 7、热处理的自动化；

关于上述议题，我强调1，4，7项，5和6项也是重要的，并且可以与材料选择和生产单位进行富有成效的合作。以下议题也可以考虑：

- 8、低温化学热处理或渗氮；
- 9、培训（技术人员，熟练工人，工程师，研究生）；
- 10、表面扩散渗金属（主要在工具上）。

我建议联合会考虑根据以上议题建立一两个委员会。为征求各成员国或成员组织的想法和建议，这个问题将列入1982年理事会的议程。

理事会参考所预测的议题，选定国际会议的主要议题，以及促进用户参加并积极合作，这一点是重要的。

我希望国际材料热处理联合会将取得更大的成就，它的活动将更有利于各成员国，并且不断发展及增加新的成员国及组织。

乔健译 朱沅浦校

金属热处理工艺和加热设备的发展趋势

J. Buc' 等 [波]

〔摘要〕本文叙述了热处理工艺和加热设备数量的增加, 能量消耗的合理化及电子计算机控制等的关系。

改进常规热处理工艺的方向是, 在各种气氛中加热和采用中频及高频淬火设备; 依靠现代技术改进工艺, 依靠新式加热炉, 如放电、红外线辐射高温加热、脉冲感应加热、电子轰击和激光加热。

为了经济地使用金属材料, 必须合理地考虑材料的机械和工艺性能。要实现这个目标, 在很大程度上取决于热处理, 所以选择合适的加热设备起着巨大的作用。

1、加热设备的改进趋势

(1) 设备数量的增加

加热设备数量上的增加, 直接取决于需要热处理材料的百分比的增长。预计需经热处理的钢材, 将从1970年的七千万吨到2000年增至五亿六千万吨。热处理钢的增加速度比钢产量的增加速度高三倍。

比燃料炉使用成本高一些的电炉, 在热处理生产中将更加普遍使用, 尤其是质量要求高, 并需要控制加热环境的生产。最近人们注意到电阻炉的功率不断增加。

在1962-1974年间, 奥、法、比、荷四国使用电阻加热的设备增加到两倍。增长率平均约8%。估计1974年在这些国家和西德, 电阻炉(功率为20kW以上者)的台数超过22000台, 装备总功率约为3300MW, 每年能量消耗差不多达到 3×10^6 MWh⁽⁴⁾。假定增长率8%不变的话, 则上面列举的数字到1985年将比1974年重新增加一倍, 甚至到1996年将为1974年的三倍。

人们预见加热设备数量的增长速度将平均为电阻炉的十五倍。例如在1962年至1974期间, 感应炉功率在奥、法、比、意等国增加了三倍, 这使年平均总增长率为16%至17%。人们估计高频感应设备(10 kHz以上)的数量在法、西德、英和意大利已达到约15000台, 即电力的年消耗量为 22×10^4 MWh。即使设备的功率年增长率缩减为15%, 这些国家感应炉的数量到1990年将比1974年多三倍。

人们预见, 热处理用的感应炉和电阻炉的年增长数量, 在中等工业化国家比高度工业化国家更加重要。

(2) 电炉加热的优越性

七十年代开始的世界性能源危机, 打乱了热处理设备对能源的选择。

直到六十年代末期,全世界的趋势是尽量采用燃料加热而少用电力。随着天然气和石油储量的迅速减少,能源价格不断高涨以及核电站生产的发展,使燃料加热设备出现减少现象,而电能设备生产得到发展。在美国,虽然天然气的价格较电能低,燃料加热设备显然也受到限制而被电力设备所取代。正在使用中的燃料加热设备也改为电阻加热。电炉虽稍贵一些,但在生产上比较经济。

燃料为电力所取代的趋势,在不同的国家,其广度取决于其工业化的程度、能源的生产成本及工业结构。除经济原因外,电加热还有其他不容置疑的优点。例如:保护自然环境,劳动条件好,安装较方便,较好的加热再现性及控温简便。

(3) 自动化, 数字控制

现在使用的大多数炉子和加热设备都是自动化的。人们越来越多地试用自动化设备和用机器人代替人,去从事艰苦重复的劳动。用程序及可控硅控制自动调节温度。随着能源涨价,这种几年前才出现的趋势明显地日趋加速,加热系统调节可达到 10°K 的准确性。现在已实现了成批、流水线的,甚至于热处理车间的自动化控制。与周期式(装料运动)自动化的同时,要使一些工艺参数自动化,这就要求使用电子计算机。实现数字控制和热处理车间自动化在劳动力缺乏的国家中特别重要。

2、改进常规加热工艺

空气加热工艺无疑将被真空加热、控制气氛或保护气氛及真空和控制气氛联合式加热所取代。

常规加热炉的制造,趋向构件标准化,便于组装部件(块、组件)和用标准构件安装热处理流水生产线。

井式炉已为箱式或贯通式连续炉、电阻炉、盐浴(有电极)炉所取代,特别是工具钢处理炉将广泛采用室式和贯通式控制气氛、真空或流态化炉。

无论控制或保护气氛加热设备、或大气中处理工件的设备,它们的发展趋势是相似的。前几种当然比较复杂。因为必须保持干燥,设置火帘,使炉子的作用适合于控制气氛(由有机物液制成)或保护气氛(例如纯氮气)的气体发生器。箱形炉的构造一般利于同时操作或平行进行。对一般工具的热处理(如拉刀),人们研制用电阻加热井式炉(4)。可以预计,广泛实现流态床的井式炉,由保护气或渗剂气氛保证流态化。最初,这些炉子的温度只有几百度,可以进行低温短时间的扩散处理,如氧氮共渗,渗氮,钝化;或用中性气体,如氮气进行流态床冷却。已有流态床标准炉,如渗碳炉,高温碳氮共渗炉等。人们希望得到工具钢热处理流态化炉,可以加热到 1350°C 。如果能量集中在处理件上(达到 $200\text{W}/\text{cm}^2$),在流态化炉中可以获得与盐浴同样的加热速度。这样和盐浴所具有的缺点(处理后工件的清洗工作条件恶劣,环境污染等)相比,流态化炉必将取代盐浴炉。可以预计,除代替盐浴炉外,这种炉子还将用于长件和薄件的化学热处理,以避免变形。

真空技术的进步,向着提高炉子工作温度,提高真空度和自动化迈进。人们研制大型加热炉,用加压的气体循环冷却,可以使加热室温度分布均匀。正在积极研究工作温度达 1300°C 以上的真空炉,主要用于常规热处理。发展这些炉子将用以加工电子元件和石墨制品。综合扩散和真空,有实现改进工艺的广阔前景。主要是渗碳炉,渗层深度为

0.5mm以上,这些炉子由于用气量少(甲烷,乙烷),渗碳时间短,可以和控制气氛炉媲美。在不久的将来,人们将制成金属涂镀炉(真空溅射金属颗粒法),例如镀铬。

(1)预计在控制气氛下进行扩散热处理装备的发展。

渗碳、碳氮共渗或渗氮等炉子,现在以及将来都将被新的设备所取代,这些新设备可按预定的程序自动操作,可保证热处理结果。必须制定氮势连续测定系统,使渗氮处理的所有流水线自动化成为可能。

不久的将来,将会出现按气相镀铬方法得到钒、铌、钛等金属层的标准炉。现在最好使用已有的炉子或实验装置,除简单渗层的特殊加热炉外,预计还可能出现通用炉,可以得到由碳化物和金属氮化物构成的复合层,例如铬、钒、钛等。这些炉子可以连续生成金属层以及使工件扩散处理后直接淬火成为可能。这些是具有干燥燃烧室的井式炉和罩式炉。直接淬火炉和常规工作法比较,可以缩短处理时间和减少能量消耗。

为了在各种井式炉扩散处理,常常使用控制气氛。无论是气体扩散法,或保护气氛中整体处理法,现在和将来均要使用箱式炉、井式炉和连续炉。

(2)加热设备技术的发展趋势

加热设备的发展趋势是发展感应炉和减少燃料炉。和燃料炉相反,感应炉的特点是容易改变加热参数,这对于加热效应是重要的(淬火,回火,钎焊),并且可以重现热处理结果,高效率,容易实现自动化,可以在加工件的局部表面集中大能量(从1至 $3 \times 10^4 \text{J/cm}^2$)。

感应加热设备的设计,倾向于扩大加热能量的有效范围(从几kW到几千kW),同时备用频率区域扩大,这就容易得到淬火厚度达几mm或薄至百分之几mm。人们探求变频器可以沿着工件或发生器移动,它由标准元件构成,可以组装为通用的或特殊的加热机床。

人们看到一种通用的轴类感应机床,具有贯通磁场,沿纵向有若干圈,沿着移动方向有多条磁力线;用变压器铁心形成磁力回路,起集磁作用。发电机元件和工件用闭路水冷却。新型可控硅的频率发生器正在研制中。人们发展需要两段加热的发电机,具有不可的功率以节约能量,并且提高热处理效率(淬火和连续回火)。有一种箱式浸入式淬火机床(齿轮淬火用),为了自动控制热处理效果^[7],人们引入测定温度和微量调节能量的技术。

3. 借助新加热技术改进工艺

借助物理新技术改进热处理工艺,如辉光放电、电子束、等离子和电容器(脉冲)放电等。在大多数情况下,都属于高电能的表面加热方法。

从工艺上看,众所周知的新方法是辉光放电法。它在几百伏至一千伏之间,在电离气体中,压力为0.1至10 Torr,使处理件(合金钢、碳钢、耐火材料、生铁、烧结合金)加热到500~600℃左右,并且加速气体离子进入金属。因离子化气体类型的不同,放电进行渗碳、碳氮共渗、渗硫、渗硼的速度也不同。离子轰击的优点是节省天然气和电能。例如,在分解氨和氮气中进行离子渗氮的时间,和常规的渗氮法比较,平均快30%,能量消耗为50%,天然气为90%。同时可减少污染。由于改变气氛的成分和压力以及离子电势,使过程控制成为可能。辉光放电加热的缺点是,处理不连续(周

期性的),装料的表层、形状和结构有一定影响,以及设备价格高昂等。

直到现在,离子法所用的炉子为罩式炉、立式炉、附有淬火设备的卧式炉。它的功率由几十到几百kW,装炉量达几百kg,因此可以处理大件和长件,甚至长6m的工件也可能处理。发展的方向是附有淬火设备的连续炉、混合炉、辉光炉和红外线炉,带磁场的辉光炉可以加速处理〔7〕。

有些热处理可以使用高温红外线辐射。已经有现代化的红外线辐射卤素石英灯,其中钨丝温度高达3000℃。放电器的线状电荷达25k W/m²。有反射器的卤素辐射体常常有水冷却,可以加工成扇形以及不同形状和体积的加热系统。扇形面的电荷可高达2000k W/m²。这样集中的迅速辐射使工件温度达到几百度至1700℃。例如,直径50mm的圆钢,五分钟可加热至1400℃。辐射加热设备的热稳定性,可以改变使用方式以及可以在保护气氛下使用它们,证明这种加热可以用于回火、退火、淬火、组织硬化及其他热处理〔7〕。

脉冲加热也有良好的前景。脉冲发生器的原理是:发生器灯的阳极由蓄电池供电,后者的电压适合工艺的要求。蓄电池的使用使消耗功率不受电路波动的影响。这种给电法在几十毫秒的时间内使功率达到30kW/cm²。

脉冲有效功率使额定3kW发生器发生高达30kW的功率〔7〕。

电子轰击加热法已清晰地可预见到热处理的美好前景,特别是用于淬火。但现时设备昂贵,限制了应用的可能性。现在,工业化国家生产箱式或连续式炉用于淬火、金属表面脱气、钎焊、镀金属和超薄层淬火(1mm的十分之一)。工件表面的平均功率达到几百W/cm²,甚至10⁶~10⁸ W/cm²。电子轰击炉的优点如高效率、结果的重现性好、加热时间快(几微秒),容易自动化,容易达几μm的公差;它的缺点是价格昂贵,表面易熔化。加热时可以得到光洁度较高的表面〔3,4,7〕。

激光加热可以得到更大的功率,理论上可达到10¹¹W/cm²。热处理时可用几十kW/cm²的表面电能。激光加热(包括表面熔化)可进行小尺寸元件或复杂形状的工件淬火,这在感应加热是很困难或甚至不可能实现的。在某种情况下,必须预先施行表面清理,如喷砂,用石墨或炭黑涂黑。在大气中自然冷却(利用淬火金属的高导热性)或在保护气氛中冷却。表面宽度和淬火深度取决于激光的光点大小和激光束的强度,以及它的行进速度。激光加热使碳素钢、合金和工具钢的淬硬层极薄(0.03mm),结合力强和硬度很高。由于表面熔化,在工件有适当涂层后,在淬硬层中加入改善性能的元素是不可能的。用气体(CO₂)分子激光连续操作,5kW的输出功率是最佳的。需要更高的功率时,可使用电子轰击炉〔7〕。

乔丕成译 朱沅浦校