

等静压技术进展

第四届全国等静压 学术会议论文集

主编 王声宏 陈宏霞 唐安清

冶金工业出版社

-53

等静压技术进展

第四届全国等静压学术会议论文集

主编 王声宏 陈宏霞 唐安清

审定 曹勇家

北 京
冶金工业出版社
1996

内 容 简 介

分析介绍了国内外等静压技术的新进展和发展趋势。涉及高温合金、钛合金、硬质合金、钎合金、陶瓷材料、金属间化合物、碳/碳及其他复合材料、梯度材料、触头材料、磁性材料等领域,包括热等静压技术在粉末固结和致密化、铸件处理、复合和连接方面的最新应用成果。还介绍了等静压设备的开发研究成果。

本书可供从事新材料的科研、生产和管理人员;工程设计人员和管理人员;工科院校的教师、学生和研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

等静压技术进展:第四届全国等静压学术会议论文集/
王声宏等主编. —北京:冶金工业出版社, 1996. 11
ISBN 7-5024-1987-X

I. 等… II. 王… III. 等静压制-工艺-进展-中国-学术会议-文集 IV. TF124.32-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 18451 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)
北京警官大学印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销
1996 年 11 月第 1 版, 1996 年 11 月第 1 次印刷
850mm×1168mm-1/32; 13.625 印张; 356 千字; 419 页; 1-1000 册
30.00 元

序

等静压技术起源于本世纪初叶。冷等静压技术为粉末冶金注入了新的活力，它克服了传统的机械模压成型方法的缺点和局限性，在大型、异形和高品质粉末冶金制品的生产中发挥着重要的作用。1955年，美国的巴蒂尔研究所制造了第一台热等静压机，那仅仅是一个直径为4.76mm，压力为13.75MPa，温度为816℃的简易试验装置。经过40年的发展，热等静压技术已渗透到许多重要的新领域，在粉体的致密化、铸件处理、复合和连接等方面显示出明显的优越性，就其作用和影响而言，比冷等静压更深更广。

60年代，热等静压首先在铝合金铸件及硬质合金制品的致密化处理方面获得成功应用。传统的粉末冶金和铸造工艺，因其产品难免存在孔隙、疏松、缩孔甚至微裂纹等缺陷，应用范围受到限制。热等静压处理在消除这些缺陷、提高产品的综合性能方面有着独特的效果。经热等静压处理后的硬质合金制品，其抗弯强度和使用寿命均大幅度提高，机加工后的粗糙度大幅度降低，热等静压技术很快在硬质合金厂家得到推广。70年代，美、欧一些国家又相继把热等静压处理列为航空发动机高压涡轮叶片等重要铸件生产中的必要工序。钛合金铸件的热等静处理也非常必要，因此有人认为，没有热等静压技术就没有大型异形钛铸件。进入90年代，热等静压处理已成为重要铸件生产中必不可少的工序。热等静压技术还被用于旧发动机叶片的修复，经修复后的Rene'100和Sel 15叶片已用于主要航班的发动机上。

60年代，雾化制粉技术获得成功，热等静压开始用于生产粉末冶金高速钢，粉末冶金工艺不仅解决了传统的冶炼工艺存在的成分偏析问题，生产出组织均匀的优质高速钢，还能够大幅度提高钢中的合金元素含量，进一步提高高速钢的性能。因此，粉末冶金高速钢发展很快，70年代全世界的年产量已达到1万多t。雾

化法生产的球形高速钢粉末难于烧结，热等静压是粉末高速钢致密化的必要工序。

70年代中期，热等静压又被用来制造粉末冶金高温合金制品。美国 P&W 公司仅使用了粉末冶金涡轮盘和定向结晶涡轮叶片两项新技术成果，就使 F-100 发动机的推比达到 8，一跃成为世界领先水平。据称，俄罗斯现在已形成年产 1 万余件粉末冶金高温合金涡轮盘的能力，并将其大量用于各种军用和民用飞机上。用等静压技术生产的粉末冶金钛合金件，不仅被用作飞机的重要部件，而且可以实现近净尺寸成型，比传统产品节省原材料。如 F-100 发动机风扇原锻坯重 54.4kg，而粉末冶金件坯重仅 29.4kg；F-14 飞机短舱隔框锻坯重 142.7kg，而粉末冶金件坯重仅 82kg。

现在，热等静压技术的应用越来越广泛，1991 年第三届国际热等静压会议上，70% 的论文是关于热等静压技术在先进陶瓷材料、各种复合材料、金属间化合物、梯度材料、光学材料、超导材料、生物陶瓷及新型金属材料等领域中的应用研究成果。许多材料用传统的工艺已难于制得，采用热等静压技术是唯一可行的方案。热等静压技术的应用使许多领域获得了新的突破。例如广泛用作磁记录器的铁氧体磁体，用传统烧结工艺生产时，致密度低，加工性能差，提高烧结温度又会引起晶粒长大。采用热等静压技术可以得到高密度的细晶磁体，Mn-Zn 铁氧体的硬度和抗弯强度可以提高 15%，Ni-Zn 铁氧体可以提高 8%。热等静压还是生产各种复合材料、梯度材料的有效手段。在热等静压状态下进行固态扩散，可以把不同材质的零件连接在一起，可以把许多简单形状的零件组合成形状复杂的整体部件，既避免了熔焊方法固有的弊病，也为那些用铸造和焊接方法难于生产的部件提供了一个新的制造方法。高温结构陶瓷、复合材料、复合制品是当今的热门课题，热等静压正在这些新领域中发挥更大的作用。随着热等静压可控速冷却技术、近终形状成型技术、计算机模拟包套技术和自动化水平的不断提高完善，热等静压的应用会越来越广泛。

我国于 60 年代初开始发展等静压技术，研制出第一台冷等静

压机,60年代中后期研制成小型热等静压机。1972年冶金工业部钢铁研究总院开始研制我国第一台中型热等静压机并于1978年正式投入使用,从瑞典引进的第一台中型热等静压机也于1977年在905厂完成调试,热等静压在我国开始了工业应用;在数家联合研究的基础上,北京特殊钢厂于1975年建成了我国第一台钢丝缠绕结构的小型热等静压机。经过30年的发展,我国的等静压技术已有很好的基础。我国已能生产各种规格的冷、热等静压机和烧结热等静压设备;冷等静压技术已广泛用于工业生产,热等静压正在硬质合金、钛合金、碳/碳复合材料的生产中实现工业应用;在基础研究和新材料开发方面也正在比较广泛的范围内开展工作。但是我们也看到,国内的热等静压工业应用水平、设备制造水平和应用开发研究水平与发达国家相比,尚存在较大的差距。

为了促进我国等静压技术的进步,1982年召开了第一届全国等静压学术会议,今年已是第四届。1992年,马福康教授主编的《等静压技术》出版发行,这是我国迄今唯一正式出版的关于等静压的理论和实际应用的专著。第四届全国等静压学术会议的论文由冶金工业出版社正式出版发行。这些工作对进一步宣传普及等静压技术知识,促进等静压技术的交流和发展,必将起到很好的作用。我相信,随着“九五”规划和2010年发展纲要的贯彻落实、通过大家的共同努力,我国的等静压技术一定会有很快的发展,一定会在高新技术领域乃至整个国民经济中发挥巨大的作用。

中国工程院院士
中南工业大学教授

黄培震

前 言

热等静压技术诞生于本世纪 50 年代中期,冷等静压的历史可以追溯到本世纪初叶。如今,冷、热等静压已经成为一种先进的生产设备,在许多领域中发挥着重要的作用。我国于 60 年代初设计制造了第一台冷等静压机,1978 年国产的第一台中型热等静压装置正式投入使用。80 年代以来,随着我国经济的高速发展,等静压技术在我国发展很快。设备数量增加,应用领域迅速扩大,设备制造技术日臻成熟,发展前沿项目的研究起步也比较及时,与国际先进水平的差距正在缩小。

这些成绩的取得,历届全国等静压学术会议功不可没。1982 年,热等静压技术在中国面世仅几年时间,就召开了第一届全国等静压学术会议,1988 年第二届全国等静压学术会议之后,决定由中国金属学会粉末冶金学会、中国机械工程学会粉末冶金分会、中国有色金属学会粉末冶金及金属陶瓷材料委员会联合主办,每 4 年召开 1 次“全国等静压学术会议”。前三届等静压学术会议及时介绍了国外的技术进展和发展动向,总结交流了国内等静压技术研究和应用的最新成果,这无疑对等静压技术的进步和推广应用起到了强大的促进作用。

“第四届全国等静压学术会议”于 1996 年 12 月初在昆明召开,会议由冶金工业部钢铁研究总院承办,中国科学院昆明贵金属研究所协办。由以曹勇家为组长,以郭庚辰、王声宏、陈宏霞、唐安清、解子章、黄建忠、周仲甫、李祖德、郑梦燕为组员的论文评审组对送选的论文进行了认真的评选和审改,遴选出 53 篇论文在会议上交流,并汇编成集由冶金工业出版社正式出版,旨在进一步推动等静压技术的新发展和相关领域的技术进步。

本书收入了综合评述性论文 10 篇,等静压技术应用方面的论文 29 篇,有关设备设计制造及相关技术方面的论文 14 篇。从各

个角度介绍和分析了国内外等静压技术的新进展和发展趋势，展示了等静压技术在粉末成型和致密化、铸件处理、复合和连接方面的最新应用成果及设备制造技术的进步，涉及高温合金、硬质合金、钛合金、钎合金、陶瓷材料、金属间化合物、碳/碳及其它复合材料、梯度材料、触头材料、磁性材料等广泛领域，对于从事新材料研究、生产和工程设计的工程技术人员，大、专院校相关专业的教师和学生来说，本论文集是一本很有实用价值的参考书。

中国工程院院士黄培云教授一直热心于我国等静压技术的发展并欣然为本书作序，在此谨表敬意和感谢。

由于编审人员的专业和水平所限，本书的不足之处或许甚多，敬请广大读者批评指正。

编者

1996年11月

目 录

综合评述

热等静压 (HIP) 技术发展动向	王声宏	1
完善热等静压技术, 并大力开发推广应用	张德明 陈宏霞	22
烧结热等静压技术在我国的发展及应用	陈宏霞 张德明 张志恒 王伟民 徐宁昌	30
热等静压在航空航天钛合金铸件中的应用	甘敬林 马文科 孙福民	42
热等静压烧结模型在工程陶瓷中的应用与发展	余继红 江东亮 谭寿洪 郭景坤	51
热等静压在高温合金领域的应用	孙家华	62
热等静压技术在铍工业中的重要作用	孙本双 宋兴海	75
我国冷等静压技术的现状及展望	黎 谦	82
热等静压技术应用研究的若干新进展	王慧芳	90
国内热等静压技术的若干应用	赵顺兴 何如松 董应林 闫绍武 王东江	103

粉末固结和致密化

热等静压过程 P/M René95 合金的动态行为模拟方法	张麦仓 罗子健 曾凡昌	111
热等静压近尺寸成型镍基粉末合金连轴涡轮盘的研究	呼 和	123
铍的等静压近净形工艺.....	宋兴海 孙本双	132
烧结热等静压对 WC-Co 合金的强化致密化效果	张志恒 陈宏霞 张德明	142
热等静压致密化研究		
.....	李国安 张明友 熊惟皓 张 杰	148

高性能硬质合金顶锤的研制

..... 张志恒 陈宏霞 张德明 徐宁昌 崔建明 155

铜铬系真空触头材料的热等静压制取

..... 吕大铭 凌贤野 周武平 周文元 162

铸件处理

钛铸件一次热等静压后残留缺陷的消除方法

..... 戴介泉 赵亚利 173

热等静压处理对 ZT3 钛合金精铸件组织与性能的影响

..... 王小娥 王红红 史鸿培 177

铸造 TiAl 金属间化合物合金的热等静压处理

..... 张 继 张志宏 马万青 邹敦叙 181

细晶 K418 合金热等静压处理的研究 呼 和 汪武祥 187

热等静压处理后冷却速度对细晶 K418 合金力学性能的影响

..... 呼 和 汪武祥 195

陶瓷材料

“活性”热等静压后处理技术的开发及其在工程陶瓷中的应用

..... 余继红 谭寿洪 林庆玲 江东亮 203

磁性和超导材料的气压平衡问题

..... 王崇琳 213

等静压技术在高性能结构陶瓷成型及烧结工艺中的应用

..... 张培志 戴行仪 张德明 方向威 222

SiC 陶瓷的无压烧结及高温等静压后处理

..... 陈忠明 董绍明 余继红 唐 军 谭寿洪 江东亮 233

Y- α / β -Sialon 陶瓷材料研究

..... 邬凤英 庄汉锐 阮美玲 罗新宇 241

用 CIP 成型的玻璃熔池测温用特种陶瓷保护管的研究

..... 贾英全 李荣久 247

复合材料及连接

SiC 颗粒增强铝基复合材料反射镜的制备工艺

..... 黄 劲 孙三南 金 城 254

高温等静压烧结 SiC/Si₃N₄ 及 SiC/ β -Sialon 复相陶瓷的显微组织特征及高温力学性能

..... 董绍明 江东亮 谭寿洪 郭景坤 263

铌铝合金与高温合金 GH40 热等静压扩散焊接

..... 史鸿培 彭度吾 271

CVD SiC/Al 复合管材等静压成型工艺研究

..... 汪雨生 郑明光 王二敏 278

带小孔的多层不锈钢薄片之间的热等静压扩散连接

..... 王慧芳 俞淑延 283

硬质合金与铁基复合材料热等静压扩散连接的研究

..... 陈飞雄 强劲熙 贾佐诚 291

防皱折包套的设计和应用

..... 黄葛伟 王俊山 330

设备及其相关技术

钢研院等静压机开发的回顾

..... 周仲甫 304

非接触光纤高温传感器

..... 姚敏言 王 勇 陈文钊 315

热等静压机可编程自动控制系统设计

..... 邢文涛 326

新型双室湿袋式冷等静压机

..... 刘景峰 332

瑞典 ABB 公司 QIH20 热等静压机介绍

..... 刘志云 李开能 335

绕丝结构在等静压机中的几个问题初析

..... 李素霞 赵凤莲 周仲甫 342

$\phi 1000$ 大型冷等静压机超高压供液系统设计

..... 胡扬中 刘 毅 柴 焱 347

HFA-SH 合成型高水基液压液在 CIP 压机上的应用

..... 巫成业 353

湿袋式冷等静压机的改造应用

..... 张海航 357

CIP 1000/3000-160 型冷等静压机的缸盖提升机构

..... 胡扬中 柴 焱 刘 毅 361

热等静压机冷却系统的设计

..... 冯 剑 370

碳/碳复合材料在热等静压机上的应用

..... 王桃根 许正辉 376

新型钨铼热电偶装置的研制

..... 王 云 381

新工艺及其它

以 SHS/HIP 技术制备 $\text{TiB}_2\text{-Cu}$ 梯度功能材料的研究

..... 葛昌纯 汪朝霞 曹文斌 384

复合材料的 SHS/QP 制备技术

..... 傅正义 392

热等静压处理对喷涂层组织与性能影响的研究

..... 陈荣仙 侯豁然 朱维翰 赵平顺 397

准静液挤压和聚氨酯橡胶应用新方法

..... 王 锦 李云瑞 韩宏宪 406

铈在 TiC 基金属中作用机理研究

..... 隋永江 卢小俊 桂 宏 刘莹华 412

综合评述

热等静压 (HIP) 技术发展动向

王声宏

(冶金工业部钢铁研究总院 北京学院南路 76 号 100081)

摘 要 本文首先对 90 年代以前世界 HIP 技术发展作了一个简略的回顾。进入 90 年代以后, HIP 发展的特点是: (1) HIP 后制品以其高质量、高可靠性在一些大工程项目中得到应用, 如国际联合制造的核聚变反应堆中就需求大量 HIP 后的制品, 其材料涉及高温合金、不锈钢、钛合金、铜合金、各种复合材料等, 其中仅第一壁结构的材料重量就达 4100t。 (2) 国际间联合研究的趋向加强。 (3) HIP 技术已渗入当今一些材料制备的高技术领域, 如纳米材料、快速凝固及机械合金化材料, HIP 技术与自蔓延高温合成技术结为一体一步完成新材料的合成、成型及致密化。此外, 对 HIP 技术的一些新的应用也作了扼要的介绍, 最后对国内 HIP 技术发展的现状作了概括性论述。

关键词 HIP 技术 发展 动向

1 概述

HIP 技术经过 40 年的发展已日臻成熟, 它已成为当今许多高性能材料生产中一项实用技术, 也是新材料开发不可缺少的一种

新技术。我国 HIP 技术的开发较晚,由于受国家工业水平的限制、资金的限制及其它原因,其发展速度落后于世界工业发达国家。近年来这种差距正在扩大,因此简要回顾世界 HIP 技术发展历程及了解今日的发展动态,对正确估价我国 HIP 技术发展现状、制订相应措施、加速其发展速度具有重要意义。

1955 年美国巴蒂尔 (Battle) 研究所在核计划的支持下开始开发 HIP 技术。由于 HIP 设备较复杂,开发的难度较大,故在最初 10 年的发展中,主要以制造安全可靠、温度可控的设备为主。在完成核燃料包套课题后,人们开始把注意力转向 HIP 技术的工业开发、扩大其应用。在此阶段,两个新的情况再次促进了 HIP 技术的发展。

一是 1963 年底 HIP 技术传入欧洲,使其由美国一国的研究项目变为多国的研究项目,为 HIP 技术的发展增添了活力,例如瑞典 ASEA 公司从 1965 年起加入 HIP 设备制造厂家行列,该公司采用其专利技术用预应力钢丝缠绕结构制造高压容器,1969 年该公司又建立了第一个预应力钢丝缠绕高压容器及框架,端头采用由框架轴向支持的浮动塞头,其结构紧凑。该设备在高压工作条件下缸体与框架仍处于无应力状态,安全可靠,它可以安装在没有防爆设施的一般厂房内,这种结构至今仍为现代 HIP 设备的主要结构。

另一情况是科学技术发展对高质量的工业产品提出日益增长的要求,它为 HIP 技术开辟了一个广阔的发展空间。1965 年美国 Alcoa 公司采用 HIP 技术消除铝铸锭内的缺陷使材料性能大幅度提高, HIP 技术使古老的铸造工艺获得了发展。在 70 年代初,美国空军试验室一系列开发计划的实施使得铸造工艺在高温合金、钛合金关键铸件的应用获得很大成功,它也为 HIP 技术进入高技术材料制备打开一条通道。1965 年 Kennametal 公司对硬质合金进行致密化处理,大幅度提高了材料的抗弯强度与使用寿命,并使工件在加工后的表面粗糙度大大降低,许多用常规工艺难以生产的部件采用 HIP 技术后即可顺利生产。该公司于 1967 年建立

年产 50t 的生产线,大大提高了公司的市场竞争能力。此外,在 60 年代中期粉末冶金制粉技术获得突破,用气体雾化法大批量生产高速钢粉末,改变了传统熔炼-锻造工艺所带来的碳化物偏析及铸锭愈大碳化物偏析愈严重的缺点,采用粉末冶金高速钢因解决了合金成分的严重偏析,所以可以大幅度提高钢中的合金元素,使高速钢具有更好的性能。但气体雾化所制得的球形粉,用常规粉末冶金工艺难于成形、烧结。美国坩埚公司、瑞典通用电器公司通过试验采用 HIP 技术获得全致密无偏析的产品,并开始工业化生产。总之,在 70 年代初期,在世界范围内掀起了一个把 HIP 技术应用在工业生产中的热潮。例如,全世界主要硬质合金厂很快都建立了 HIP 设备,并在生产中普遍应用;粉末冶金高速钢的生产线在各国相继建立,年产量高达 1 万 t;飞机发动机制造厂把高温合金及钛合金铸件的 HIP 处理列为一道必备的生产工序等。

HIP 设备昂贵、操作费用高是继续扩大 HIP 技术工业应用的重要障碍。因此提高 HIP 设备的使用效率、降低 HIP 工序在生产中的成本成为 70 年代 HIP 技术发展的主题。为此,HIP 设备的尺寸不断扩大。根据计算,一个热区为 $\phi 890\text{mm} \times 2100\text{mm}$ 、年产 1000t 粉末冶金制品的 HIP 设备,其操作成本为 1.5 美元/kg,而热区为 $\phi 1750\text{mm} \times 3000\text{mm}$ 、年产 2700t 制品的 HIP 设备的操作成本仅为 0.55 美元/kg。另一个发展方向是提高 HIP 设备的利用率。通过对 HIP 工艺的解剖,工件在炉内的冷却时间占总时间的 50% 以上,有的甚至超过 70%。在大多数情况下,这样长的冷却时间并非工艺所要求。为了解决这一问题首先出现了组合式 HIP 设备,用于高速钢生产,即把冷却阶段由另一台非高压设备来完成。其次是采用“快冷”措施,在解决一系列技术问题后,第一台快冷 HIP 设备于 1977 年投入运行。为了保证 HIP 处理制品的质量,在 1975 年采用计算机实行全自动控制工艺过程。

降低生产成本一直是 HIP 技术发展的一个重要推动力。随着人们在这方面努力的工作已引起 HIP 技术的巨大变化,当前的 HIP 技术已不只局限以前的高压连接及致密化的处理,它正与其

它的技术结合起来使其功能多样化。如 80 年代发展的烧结-HIP, 即把硬质合金生产中的脱蜡—烧结—HIP 致密化合为一体。由于该设备的压力成 10 倍的下降, 使 HIP 设备的制造成本也大幅度下降; 几道工序合为一道工序, 不但降低了制品的生产成本, 同时由于工艺更加合理而提高了产品的质量。目前烧结-HIP 已成为高质量硬质合金的重要生产手段。

70 年代在各国开始的高技术热潮也有力的推动了 HIP 技术的发展。陶瓷材料及复合材料作为 21 世纪的新型材料的发展, 都把 HIP 技术作为一项重要工艺路线, 如日本采用 HIP 技术制得全致密、高质量的铁氧体材料, 日本住友特殊金属公司在 1978 年开始进行工业性生产。在瑞典、美国等国家, 氮化硅结构陶瓷已做成热机上的重要部件。高性能氮化硅球作为高速及高温下使用的轴承材料得到应用。用 HIP 技术生产的碳-碳复合材料已制成大型火箭喷口和飞机刹车片、双性能金属材料制品已在许多军用及民用制品中得到应用。其它如陶瓷纤维(或晶须)强化、陶瓷颗粒强化的陶瓷-陶瓷、陶瓷-金属的复合材料等的开发研究都与 HIP 技术的应用紧密相连。为了适应新工艺的要求, 在 70、80 年代出现了许多特殊的 HIP 设备, 如高温 HIP、超高压 HIP、 O_2 -HIP、浸渍 HIP、烧结 HIP 设备等。由于 HIP 技术应用的迅速发展, 在 80 年代世界各国投入使用的 HIP 设备迅速增长。据统计, 从 1955 年到 1975 年 20 年间全世界 HIP 设备的台数总共只有 99 台, 而 1983~1988 年 5 年间平均每年投入使用的 HIP 设备达 90 台。此统计数据从一个侧面也反映了 HIP 技术在 80 年代迅猛发展的动向。进入 90 年代后, HIP 技术的发展进入一个新的发展时期。由于 HIP 设备的发展已日臻完善并已系列化, 故有关设备的报导锐减, HIP 的应用技术成为主要内容。这一阶段发展的特点是: HIP 工艺的设计逐步由经验型转变成较严格的科学型, 它具体表现是通过对材料在 HIP 过程中变化行径的深入探讨, 发展净尺寸成型技术。在 HIP 工艺自控的基础上逐步向智能化控制 HIP 过程的方向发展。HIP 技术从国际间的交流逐步发展为国际间的联

合研究。HIP 技术已逐步为一些国际重大工程项目所接受。HIP 技术正在与一些高技术相结合，其应用的前景进一步在扩大。这预示着 HIP 技术另一个迅速发展高潮即将来临。

2 HIP 技术最近的发展动向

纵观 90 年代的有关资料，不难发现 HIP 技术的发展具有 4 个与以往不同的特点：(1) HIP 制品开始进入一些重要工程项目；(2) HIP 工艺开始从“经验型”逐步转向更严格的“科学型”；(3) HIP 技术的发展紧紧围绕粉末冶金最新技术成就展开工作；(4) 为完成上述 3 项任务进行国际联合攻关。

以上 4 个特点预示着 HIP 技术已进入另一个发展高潮期的前夕。下面是最近有关报导的综述。

2.1 近 10 年来国际 HIP 会议的论文情况

表 1 10 年来国际 HIP 会议论文的统计

会议名称	设 备		HIP 应用研究		HIP 基础 工艺研究		其 它	
	论文数	%	论文数	%	论文数	%	论文数	%
1986 年第三届等静压会议 (伦敦)	13	34.42	22	57.89	2	5.26	1	2.63
1991 年第四届热等静压会议 (日本)	11	13.92	60	75.94	6	7.59	2	2.53
1993 年第五届热等静压会议 (比利时)	7	10.77	49	75.38	7	10.77	2	3.03
1996 年第六届热等静压会议 (美国)	2	4.44	29	64.44	12	26.67	2	4.44

从最近几次 HIP 会议论文统计(表 1)看。10 年来有 3 次 HIP 国际会议是在 90 年代召开的。为了对比 80 年代的情况，在表 1 中列出 1986 年伦敦第三届等静压会议的论文分类统计。从表 1 可以看到下述几点：

(1) 有关 HIP 设备的论文数逐年下降。在 1986 年的会上有许多论文介绍烧结-HIP、高温 HIP、配有高度自动化的大型设备、快