

И. Н. 弗兰采维奇

粉末冶金报告文集

科学出版社

76.13083
165

粉末冶金报告文集

И. Н. 弗兰采维奇 著

夏 文 英 等 译
彭 瑞 伍

3602767

科学出版社

1963

內 容 簡 介

乌克兰苏维埃社会主义共和国科学院粉末冶金和特殊合金研究所所长И. H. 弗兰采维奇通訊院士 1959 年底曾来我国讲学, 介绍了粉末冶金科学与技术发展的现状, 以及作者和該所在粉末冶金方面的若干研究成果。共分六題, 内容主要为: 在苏联已推广于生产的用天然气还原制取鉄粉的方法; 近代技术中的新型耐热材料和粉末冶金耐热材料强度理論的問題; 用于电工、計算技术和自动化等方面的新型粉末冶金材料和制品(包括鉄淦氧)。

本书是根据他的讲稿譯出, 其中“粉末冶金”和“应用天然气从軋鋼鉄鱗和假象赤鉄矿中制取鉄粉和海棉鉄的方法”两篇报告, 已在“金属学报”第 5 卷第 1 期上刊登过, 为了完整, 現一併汇编在本书中。

本书可供从事粉末冶金工程技术、科学研究和教学人員参考。

粉 末 冶 金 报 告 文 集

И. H. 弗兰采维奇 著

夏文英 彭瑞伍 等譯

*

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1963 年 7 月第 一 版

书号: 2765 字数: 96,000

1963 年 7 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(京) 0001—2,350

印张: 3 5/8 插頁: 3

定价: 0.70 元

目 录

一、粉末冶金.....	1
二、应用天然气从軋鋼鉄鱗和假象赤鉄矿中制取鉄粉和海棉鉄的方法.....	14
三、电工用粉末冶金制品.....	47
四、粉末冶金制品在自动装置中的应用前途.....	57
五、近代技术中的热稳定和耐热材料.....	81
六、粉末冶金材料耐热強度理論的某些問題.....	94

06427

一、粉末冶金

苏共第 21 次非常代表大会和苏共中央委员会七月全会的指示中确定了最近七年的宏伟的工作计划。苏联劳动人民以完成这一计划来保证在七年之中苏联不但要在国民经济最重要部门的生产资料和日用品工业生产总产量方面，而且要在按人口计算的产品数量方面要超过世界各国（包括美国）。

这个计划是现实的，因为它是以社会主义社会生产力当前的发展水平为依据，这个生产力对于苏联和其他伟大社会主义兄弟国家在社会关系上是沒有矛盾的。

如果说前几个五年计划的执行主要在于提高产量，那末七年计划主要是广泛地应用新技术的成就。在这个基础上，把技术进步的最新方法用于国民经济的一切部门中，使之全盘机械化和生产自动化。

粉末冶金是一个新技术部门，应该在解决苏联七年计划的许多任务中起着不小的作用，同时粉末冶金也应该在实现中国工业发展的伟大计划中起不小的作用。

我想在本讲座中举些例子说明这一点。

我们一般给“粉末冶金”两个概念：

1) 把它理解为制取金属和非金属粉末的工艺。按照这个定义，它应该属于冶金学的范畴。

2) 把它理解为从事用粉末制造一般机械的或供其他用途的多孔或密致零件的技术部门和技术知识。

我们都亲眼看见苏联和中国的高炉工作者为降低百分之几的高炉有效利用系数而进行的斗争。

马格尼托戈尔斯克（Магнитогорск）厂的高炉利用系数已达到 0.60，乌克兰各厂平均为 0.825；据我所知，中国冶金工厂也能

达到这一水平。但是从提高技术-经济指标的任务来看,必须进一步把这系数降低十分之几,而不是百分之几。

苏联高炉用的铁矿中有风化层的矿石——含水假象赤铁矿及云母假象赤铁矿 (синька)——含铁达 64%, 硅达 5—10%, 硫达 0.1%, 磷达 0.025%。

这种矿石看来中国也有。

我们进行的用转化天然气直接还原克里沃罗格 (криворожская) 假象赤铁矿的试验证明: 这种矿在磁选后, 可以直接得到含 C—0.02%, S—0.0015%, P—0.003%; Mn—0.07%, Si—0.01% 的铁, 非金属杂质总量为 0.14%。按成分而言, 这种铁与“阿姆科”工业纯铁相近, 但没有象用废钢制成的“阿姆科”铁中常常含有的那样的杂质。

这种铁是生产高质量耐热和其他特种电炉钢的原料。

有资料报导, 用直接还原铁矿获得的铁来代替“阿姆科”铁, 可以增加耐热钢的资源。如果采用真空熔炼后浇铸, 钢的合金成分虽不改变资源就可增加一倍。

按照这种铁的本身而言, 也是有价值的材料。根据我们的数据, 由它做成的粉末冶金磁铁, $H_c = 1.5$ 奥斯特, $\mu_m = 3000 - 6000$ 高斯/奥斯特, $B_{10} = 13300$ 高斯。也就是说, 在质量方面并不比用“阿姆科”铁做成的铸造磁铁差, 而“阿姆科”铁每年仅生产 50,000 吨, 每吨成本为 700 卢布。

自然, 增加产量的同时, 还将进一步降低成本。

正象我们的研究工作所指出的那样, 把直接还原的产物——海绵铁或铁粉进行化学热处理、热压及轧制, 有可能获得合金钢片。

在世界各国的实践中, 采用着许多直接从矿石制取铁的工艺方案。这些工艺流程随着原料的特性和还原产物的用途而不同。

我们认为利用转化天然气做还原剂, 来直接还原假象赤铁矿的工艺, 从技术-经济观点来看, 是处理这种矿石较为适宜的方案。

我們从 1948 年开始就进行了利用轉化天然气作还原剂,直接还原軋鋼鉄鱗和鉄矿石的工作。

1958 年瑞士和西德发表了与我們方向相同的工作結果。这些工作指出,在适当地改进自动化生产的工艺流程后,用海綿鉄——轉化天然气直接还原鉄矿石的产物——精炼制成的鋼錠的成本为轉炉鋼錠的 70%,平炉鋼錠的 65%。

按这种工艺制成的鉄粉的各种性能試驗指出(我們的粉末实验工厂已生产并供給不同企业約 1000 吨鉄粉):在大規模生产鉄粉的方法中(除羰基法和电解法之外)这种工艺制得的鉄粉,质量最好,性能也最稳定。

在我們制訂的,用直接还原矿石或軋鋼鉄鱗制取鉄粉的工艺中,有那些特点呢?

1. 我們利用 75% H_2 和 25% CO 的气体混合物作还原剂。它由乌克兰发生的天然气(实际上是純甲烷)經過水蒸气轉化而成。

2. 原料中混有添加剂(碳黑、瀝青等)使生成的海綿鉄疏松透气,并使气体还原剂再生。气体与物料相对流动,在反应器出口处具有与进口处几乎同样的气体成分。

要解决以直接还原的鉄为基,来生产優質鋼的問題,还应考虑另外一些問題:从技术經濟观点來說,在大規模連續生产的方案中究竟用块状原料在传送带式炉子或豎炉內还原好?还是用沸騰层还原的方案好?

鉄粉是生产各种不同用途的粉末冶金制品的基本原料。

結構用的粉末冶金零件通常是无孔的密致体,它的強度与普通碳素鋼或合金鋼零件没有什么不同。

鉄-銅合金是一种生产結構用粉末冶金制品的基本原料,也是最常用的結合体之一。这种合金的制取方法,一般是将鉄粉和銅粉的混合物压成制件的毛坯,然后在中性或保护气氛中进行高温燒結。

为了使制件十分致密,一般須經過再压制和再燒結。这些制件也可以用鉄坯浸漬液体銅或黃銅来制成。

用第一种或第二种方案制取鉄-銅制件时,制件的形状和大小都已与成品相同。因此,甚至具有复杂形状的制件也毋需进行任何随后的机械加工。这种方法的废品不超过 3—5%,而用浇鑄金属或鍛造时,废品可达 60%,甚至达 85%。

金属从鑄件到成品通常要經過非常复杂的加工过程,需要各种专业人員进行工作(高炉工作者、炼鋼工作者、軋鋼工作者、鍛造工作者和金工工作者等等)。

制件加工需要使用大批冶金和机械制造設備。

采用粉末冶金法制造同样的制件时,就不需要上面所指出的各种专业人員和設備了。簡化生产过程,使之容易自动化,就能显著提高劳动生产率并励行节约,这本是一个极端重要的任务。“在实现企业生产过程的全盘机械化和自动化以及在工业中发展专门化和协作的基础上,大大地提高了劳动生产率,是增长生产和提高劳动人民福利的决定因素”(摘自苏共中央委员会七月全会的資料)。

我們的技术-經濟分析指出,每年生产五万吨鉄基粉末冶金制件来代替黑色和有色金属鑄品,能节约金属十五万吨,节约 1000 台机床和解放 1000 名高級技工的劳动力,每年还能节省資金达十亿卢布。

但是,問題不仅在于用粉末冶金法生产零件时,可提高机械制造业的劳动生产率。

粉末冶金制品的可貴,也不仅在于能頂替通常机械制造工艺制出的各种零件,而且还可具有一些特殊的性能。鉄-銅結合体就可作为例子,改变合金的成分、热处理条件和添加的合金元素,可以获得多种碳素鋼和合金鋼所特具的綜合机械性能。

这些合金可以做成用途极为重要的机械零件。

我們研究所研究成功的浸漬法制造鉄-銅制品的方案,显然應該是生产上最合理的;因为按此法操作时,毋需將銅粉进行多次加压和燒結,而只需利用任何工厂中的有色金属废料(銅或黃銅切屑或刨屑)。

我已經談到的是在各国制造結構用粉末冶金零件中，最广泛和最常用的材料，但不能看作是唯一的制品。例如还有用滾珠軸承厂的废料——鋼粉(粉尘)为基的滾珠鋼制件；用化学方法(晶界腐蝕)把 18-8 不銹鋼屑和废料做成粉末，从而制成不銹鋼制品；以及用化学热处理法使鉄粉合金化后做成的制件等都已获得很大的推广。

最需要鉄粉的是电鐸工业，鉄粉涂在鐸接电极和助熔剂氧气切割用的电极上。

苏联采取了坚决的措施，大規模地推广烏克兰苏維埃社会主义共和国科学院 E. O. 帕頓电焊研究所研究成功的 B. E. 帕頓电焊法。

目前此法在中国也获得推广。应用此法需要数千吨鉄粉，而這些鉄粉是按我們研究成功的工艺制造的。

最重要和最广泛需要鉄粉的是化学工业：在染料工业中用作还原剂；生产各种杀菌剂；在有色金属冶金中用作粘結剂以及在电池生产中用作电极材料。

我先談談通常用鑄造金属做成的結構用制件，如果改用粉末冶金法生产，主要能解决生产中的節約和提高劳动生产率的問題。粉末冶金法在此所起的作用与精密浇鑄和精密冲压法相近，但也有所不同；采用粉末冶金法时，我們生产用的原料来自原始材料，实际上沒有損耗；而采用精密浇鑄和精密冲压法时，由于成品机械加工預料将有所損失。

这样自然会发生一个問題：为什么在机械制造工厂中，不像建立制造壳模精密浇鑄或精密冲压車間那样，也建立粉末冶金車間呢？为什么在发展粉末冶金工业时必须依赖于小型的集中化和專門化的特种企业呢？

发展机械制造业的專門化和协作，是由 1959—1965 年苏联国民經济发展的控制数字所規定。專門化特別在大規模生产标准机械零件时，带来巨大的技术經济利益。对于粉末冶金，不仅由于技术經济利益才需要專門化，而是由于它的經济利益只有在大批生

产时才能达到,这是众所周知的事实。

只有在大批生产的情况下,唯一貴重的生产机件——压模,才不会在单位产品的成本中占較大的比重。在小批生产中,由于制造压模的費用,粉末冶金制件的成本可能会高于用一般方法制造的制件,而在大批生产中,压模的磨損就不成什么問題了,因为可以改用不变形的碳化鉻-金属結合体为基的硬質合金来做压模。

另外有不少重要的因素,促使粉末冶金专门化。

普通冶金和金属加工工业制件的标准化和一致化,主要决定于鋼錠的标准性能;例如鋼的熔炼和軋制等等。而每一件粉末冶金制品,从原料到最終状态都是单独的;因此大批产品的均一化和标准化,只有在大批生产的条件下,用严格的标准化生产过程来保証,后者只有在最大限度机械化和自动化的条件下才能达到。

因此粉末冶金企业照例應該在生产过程最大限度自动化的原则上建立起来。据此,它的产量應該非常多,而且是非常經濟的。

在全世界久負盛名,并已广泛应用的粉末冶金耐磨制品有:各种軸衬、軸套、軸承、摩擦盘和各种用途的鑲板,以及各种类型的制动装置等等。

由于运输、汽車、电气機車、火車以及重型和高速飞机制造业的飞速发展,在最近的将来,这些制品应起特殊的作用。

鉄基和銅基耐磨性粉末冶金制品比鑄造制件具有更多的优点。●抗磨軸衬和軸套具有金属基体和充滿油的孔洞。它們能长时期工作而不需加油。它們运轉时比鑄造制品好得多,其特点是較低的摩擦系数和較高的耐磨性。

根据制件的組成,可在很大的范围内改变其負荷特性。

如果鉄-石墨粉末冶金制件的 PV 值,一般能达到 $120-150$ 公斤/厘米²·米/秒¹⁾的話,那末某些青銅的制品則可达 15000 公斤/厘米²·米/秒²⁾。

目前已能制成尺寸完全不同的粉末冶金抗磨軸衬:如仪器制

1) 2) 原文为公斤/毫米²·米/秒。

造中所需要的最小尺寸的軸衬，軋鋼設備及鐵路運輸中需要的最大尺寸的軸衬。

在那些怕潤滑油沾污产品的机器上(紡織及造紙工业等)，或者加潤油困难的机器上(有不显明的摩擦或在水下工作的部件，有在高温下工作的摩擦部件的机器，农业机器和枪械等)应用具有抗磨性能的粉末冶金零件，是特別有价值的。

苏联在煤炭运输机上用鉄-石墨粉末冶金軸衬来代替滾珠軸承已有多年了。

許多农业机械、无軌电車、汽車和仪器等都应用粉末冶金法制成的軸承。

具有抗磨性能的粉末冶金制件的世界产量很早就已达到几十亿件。

各种机器和机械上用的黃銅和巴比特軸套、軸衬、滾柱軸承和滾珠軸承，大部都可用鉄基抗磨軸承和軸衬来代替。

近代鐵路运输业(火車和电气機車)、坦克工业、重型和輕型运输汽車、載重汽車、高速和重型飞机均需要在特別荷重条件下工作的制动設備。

它們的起始制动速度，在 20 公斤/厘米² 压力下达 30—50 米/秒，在 70 公斤/厘米² 压力下(有潤滑剂)达 50—70 米/秒。

这些制动器的工作表面产生了 1000—1100° 的高温。

在这种工作制度下，磨擦材料应具有：1) 在很大的温度范围内不变的高的摩擦系数；2) 高的耐磨性；3) 足够的強度；4) 高的抗卡性；5) 高的抗腐蝕性能以及能保証平稳的制动作用。鑄造金属、石棉-塑料結合体都远远不能满足这些要求。只有用粉末冶金法制成的摩擦制件才能满足这些要求；它們呈假合金态，其組成具有上述綜合的性能。

銅基摩擦材料含有錫、鉛、鉄、硅或二氧化硅和石墨。鉄基摩擦材料含有銅、鉛、石墨、二氧化硅，有时还有焙燒过的石棉和硫酸鋇。自然，要浇鑄这种合金是不可能的；而在压力下燒結到足够程度，同时固結在鋼基上，却很容易。

現在談談某些电工用的粉末冶金制品。

除了优先建立火力发电站外，1959—1965年苏联电力工程发展的主要方向，規定要彻底实现建立苏联統一电力系统的工作。在七年內将建立苏联欧洲部分、中央西伯利亚的統一电力系统，同样还要建立东—西区和西区、后高加索、哥薩克斯坦和中亚西亚地区的联合电力系统。

最近几年，将把列宁伏尔加水电站、斯大林格勒水电站与中央、烏拉尔和南部电力系统联合起来，建成苏联欧洲部分的統一电力系统；电力站的总能力为五千万千瓦。看来这种方法也将用来发展中国的电力。

換向设备和远距离輸送綫上的快作用油开关装置中，目前苏联均用粉末冶金制件的接触点和消弧屏；因为只有这些粉末冶金法制成的材料才具有那些矛盾的綜合性能：如非常高的熔点和强度、高的导热性、工作过程中吸收大量热的能力（吸收热量乃是由于低熔点組分的熔化）。低熔点的組分与难熔組分一起組成接触合金材料，它借助于毛細管压力使液态金属保持在难熔組分的孔隙中。

在生产过程的自动化中，也就是那些应用接触点作用的自动控制、調节和管理的地方，粉末冶金制品应该起着而且已經起着不小的作用。坚固的接触点材料基本保证了接触点作用的仪器不停歇地工作；正象所有最成熟的自动控制生产的經驗所指出的那样，这些接触点材料主要是用粉末冶金方法制成的。

在强电流的工业中最广泛地使用鎢和銀基、鎢和銅基的接触点制件；而在中电流和弱电流的工业中，除了上述各种材料外，銀和鎳、銀和氧化鎳、銀和鈮以及銀、鈮和鎳基的接点获得广泛的应用。

在接触点作用和非接触点作用的系統中，磁鉄是任何管理、观察和联系自动控制設備的心脏。磁鉄元件是电子計算机和管理設備中記憶系統的基本元件。

只有粉末冶金的生产方法才能保证磁性元件和导磁材料有可

能在千周和兆周的交流電場中工作而沒有顯著的損失。

鐵、鐵鎳導磁合金、鉬鐵鎳導磁合金和超導磁合金、Перминвар 和 Альсифер、鋁鎳和鋁鎳鈷、米稀馬（мишима）合金等，除了通常用鑄造方法製成之外，粉末冶金法可以改善它們的結構、減少材料的耗費和機械加工量。某些米稀馬合金的機械加工非常困難。有許多特別重要的磁性材料是不能用其他方法製造的。

現在來談談各種不同用途的導磁電介質——鐵氧體，特別是具有矩形磁滯迴線的鐵氧體，具有高矯頑力的鉕鐵氧體以及在实际用途中具有很大前途的鉍-錳結合物。近代電子計算機中，鐵氧體記憶設備的尺寸如同展開的中型書本那樣大小。而與它相當的記憶設備過去曾要包括幾千只電子管，分布在不同的位置，它們的供電系統既複雜又笨重。

用鐵氧體做的記憶設備，使電子計算機、控制機械（машина наведения）和自動管理機械的計算過程速度增加千百倍。

鐵氧體屬於我們稱之為半導體的這一類型。

這裡並沒有意思要談半導體儀器在近代無線電工程和半導體電子學中的作用。儘管目前世界上半導體問題引起了成千的科學工作者和生產實踐家的注意，但在實踐中尚未找出能在超過 100° 以上工作的半導體儀器。對那些能在 $500—1000^{\circ}$ 工作的半導體儀器是很難估計其價值的。這些儀器特別有可能把原子反應堆的熱能直接轉變為電能。

如果低溫半導體材料（鍺、硅和某些易熔合金）是屬於超純材料精密冶金學的領域，那末高溫單晶半導體（碳化硅和碳化硼等）只能屬於粉末冶金的領域。

各國粉末冶金發展最大的部門之一乃是硬質合金工業。

碳化鎢和鈷、碳化鎢、碳化鈦和鈷以及其他碳化物為基的硬質合金，目前在國民經濟的各部門中獲得了應用，如在金屬加工、磚石、玻璃、塑料和陶瓷的機械加工中作為切削工具；製造拉絲模和軋鋼機的軋輥、製造沖模和壓模、製造和裝備鉆探工具和礦山機械的構件等等。

在所有的情况下，以硬质合金代替钢能使零件和工具的使用寿命提高几十倍；并且大大地增加制件的加工速度和矿山的挖掘速度。

专门的和一般的硬质合金结合体是那些在烧结过程中有液相存在的烧结物；金属添加物是液相的来源，它与碳化物基体的组份形成共晶型的假二元系。

烧结温度升高时碳化物的溶解、烧结物冷却时从碳化物相熔体中的结晶作用以及过饱和固溶体在金属相上的分解等过程，保证了在烧结物中产生强度特别高（达 600 公斤/毫米²）的结构。

在硬质合金中有一大批材料需要专门研究，这里指的是具有良好抗热、耐热、耐磨和化学稳定性能的难熔化合物（碳化物、硼化物、硅化物和氮化物）。

某些难熔金属如钨、钼、钽、钽、铌、钛和钒首先有这些性能。

所有这些金属的熔点都高于 1700°，而钨、钼和钽则高达 3000°，它们在许多腐蚀介质中都显出了自己的抗腐蚀性。

所有这些金属在室温下都能抵抗空气的氧化。

钨、钼、铌、钽在室温下，完全能抵抗任何浓度的盐酸、硫酸和氢氟酸的作用；在 100° 时它们对这些介质也有足够的稳定性。钽、铌、钛和钨能抵抗任何浓度的硝酸作用，而钽和钨则还能抵抗王水的作用。

在盐的水溶液中，甚至那些比钽和钼更不稳定的金属如钛、钽、钒和钽等的抗腐蚀性也不比不锈钢差。

所有这些金属现在已在化学工业中被广泛地应用。如远在 1942 年，美国已有 80% 的酸厂装配了钽的设备——蛇形管、蒸馏器、导管和搅拌器等。

钽经常在生产人造纤维的设备中、在生产塑料零件企业的某些装置中，在腐蚀介质中工作的各种发热器中以及在化学器皿的制造业中用作铂的代用品。看来在这些领域内，也可以应用铌。

许多难熔化合物具有不同的化学稳定性。首先应该提到的是硅的化合物。从上世纪起，碳化硅已经广泛地用作不能被代替的

耐热材料和磨料。看来这种材料可能还是化学工业中不能被代替的结构材料。

致密的碳化硅非常坚硬，在 $1200-1300^{\circ}$ 下，它的抗弯强度达 40 公斤/毫米²，也就是在这一温度下，它的强度近于室温下普通生铁的强度；要是考虑到它的比重仅为生铁的一半，那么它在 $1200-1300^{\circ}$ 下的结构强度，实际上大大地高于室温下的生铁强度。

碳化硅在温度达 1300° 时，很少被氧化；在还原性介质中，温度达 2000° 实际上它也是不活泼的。这一材料在 1000° 以下，能很好地抵抗水蒸汽、硫或氯气的作用；矿物酸，包括浓磷酸，对碳化硅也无显著的破坏作用。

在室温或加热时，氮化硅在任何浓度的矿物酸中都不起变化；在许多盐溶液中也是稳定的。

氮化硅是耐热的，熔融铝、镁、锌和铅对它都没有作用；在 1000° 以下，它在含硫和卤素的气态介质中是稳定的；在 1300° 以下，它在氧化性气氛中实际上亦不起变化；在更高的温度下，它就会显著地分解。

在 1700° 时，二硅化钼甚至在氧气中保持 100 小时，也完全不起变化；它在所有的矿物酸溶液中，包括王水和氢氟酸，是不活泼的；熔融的铅、钠和其他不形成硅化物的熔融金属，对它没有影响；它也不与汞发生作用。

粉末冶金产品的制造工艺有：热压，粉浆浇注，以及在高温下添加聚合粘结剂的水静压制。近代的大型烧结炉使之有可能制造大型和形状复杂的化学和冶金机械制造业方面的零件。对原子能、喷气和火箭技术中装置的零件，粉末冶金材料成为唯一最适当的材料。

金属过滤器是粉末冶金的最重要产品之一。

粉末冶金过滤器比一般过滤布制成的过滤器具有更多的优点：它较坚固、耐热、不易变形。因此可压在结构部件中，同时它们是抗腐蚀的；在沾污后可用冲洗、吹洗或在还原性介质中灼烧等方法来恢复其过滤性能。

粉末冶金过滤器在不同领域内应用着：在汽车和飞机马达上用来滤油；在内燃机上用来过滤燃料；在石油工业中广泛地用来过滤石油产品；在冷凝空气的设备中、在气动设备中，用来除去空气中的尘埃；它们也用来分离液体和气体的混合物，以及在不同的工业部门中用来过滤酸和碱。

最近金属过滤器在喷气技术中用作冷却蒸发器。过滤器一般是把自由堆装的球形粉末进行烧结而成。选择粉末颗粒的分散度和烧结温度，可以调节过滤器的孔隙度和过滤能力。用空气或蒸气吹散液体金属流，很容易得到球形粉末。在化工设备制造中粉末冶金过滤器的应用前途特别广泛。

虽然粉末冶金是一门新技术，但我们可以从其中找出许多决定文明社会历史阶段——从野蛮过渡到文明——的技术痕迹。在社会文明史的演化中我们谈到的远古时代是出现第一批铁的劳动工具和武器的时代。而这种铁器远在几千年前——东欧在 1500 年前，西欧在 1000 年前——就发现了。因此我或许可以这样说，所有这些制品都是用粉末冶金法制造，也就是不经过熔炼过程的；因为古代冶金学家们并没有熔炼钢和铁的炉子。

这样，我们说粉末冶金是一门新的技术，指的是在近代的和恢复了的情况下，由最新生产资料武装起来的一门技术；也是在目前情况下，与发展今天和明天的人类社会劳动生产力的需要和要求相适应的一门技术。

我敢说，粉末冶金法制成的那些高温半导体制件以及温度超过 1000° 的耐热粉末冶金结合体在明天将是非常有用的。

这些材料打开了把原子反应堆的热能直接转变为电能的道路；打开了地球人造卫星和宇宙飞船返回地球的可能性；并且给设计师一种武器，借此可以自动管理冶金炉以及其他一些加热制度为基本调节因素的设备。

我们现在已经应用二硅化钼的发热元件。它在氧化气氛下能保证电炉温度高达 1750° ，而用半导体型的氧化物发热元件，则可达 1900° 。

在碳化物、硼化物和氮化物的結合体中,发现了一些在飞机制造、噴气和原子能技术方面有前途的耐热材料。在某些半导体材料的基础上制成的温差电偶可測量 1500—2100° 以上的炉子和熔体。

但是在粉末冶金这一最年輕的工业部門中,成就还很少,并且还不能真正地與广大的工业应用相結合。我們——粉末冶金的工作者們的作用是要帮助这一新技术的最重要部門能快速发展。否則,其他許多技术部門的发展将受到妨碍。

(中国科学院冶金研究所彭瑞伍譯,金大康校)