

# 采矿、选矿和冶金方面的一些新成就和问题\*

## 一、绪 论

采矿、选矿、冶金实际上都是为了一个目的,这就是把地下的资源拿出来供给人类应用。在工业原料中最重要矿产要算金属和煤了。工业中所需要的金属种类是很多的,大致可以分为四类:

(1) 黑色金属,这方面主要是钢铁。据初步估计,1954年全世界的钢产量约为245 000 000吨,1955年则为293 000 000吨。从这样大的增长速度中我们可以看出近代工业的发展主要是建筑在钢铁生产的基础上的。

(2) 有色重金属,可以举铜、镍、铅、锡等来作代表。这一类的金属用途也很多,譬如镍是合金钢中的一个重要组成元素,铜是电机工业中的重要材料,铅和锡用来作低熔点合金和高速机械轴承等等。这些金属的用途虽多,但来源有限,产量并不太大,一般的讲,它们的总产量通常只有钢产量的5%左右。

(3) 轻金属,以铝和镁为主。铝和镁的资源是很丰富的,按重量计算,地壳中的铝比铁还多,而镁大约相当于铁的一半。随着生产技术的改进和电力来源的扩大,铝镁的生产成本不断降低,它们的用途早已超出了航空工业的范围,譬如用铝线代替铜线作电缆,用铝镁合金代替钢作车辆和轻便桥梁的结构材料等等。由于上述缘故,铝和镁的产量在目前已经和有色重金属的产量相差无几了。

(4) 稀有金属。这一类的金属总共有几十种,其中有些元素在地壳内的含量确实很少,但也有若干元素从它在地壳中的含量来看并不稀有,譬如,钛在地壳中的总量比碳还要多70%,锆、镓等比我们所熟知的银、金等要多十倍、百倍,稀土元素中的镧族金属存在于地壳内的总量和铜不相上下。不过这些金属有的熔点高而且极易被氧化,有的分布很散没有比较集中的矿床,因而长久未被发现,有的彼此性质很相似因而难于分离。由于上述种种原因,过去在很长的一个时期内没有加以利用,也没有进行大规模开采和提取,因而它们得到了“稀有”的称号。近几十年来,这一类金属的用途随着新技术的发展而日益广泛,它们的重要性可以从下面几个例子来说明。原子能的利用除了依靠铀、钍等作原料以外,还需要许多具有特种性能的金属譬如锆和铍。半导体的制造在目前主要依靠锗,电子仪器中还使用着镉、铈、铟、铊、钨、钼、铯、锂等稀有金属或它们的化合物。超音速飞机的制造需要用钛来代替一部分铝镁。其他方面的例子还很多,高强度合金钢、耐高温合金和其他具有特种性能的材料的发展都是和稀有金属的应用分不开的,在目前,世界上稀有金属的用量也是以成千上万吨来计算了,拿铍来作例子,战前资本主义国家精炼铍的年产量约为2 000吨,1943年达5 000吨,美国在1953年进口和自己开采的铍矿共达9 000吨。美国在1950年生产了900吨稀土金属,并在1954年建立了一个年产纯锆100吨的工厂。由这些片断的资料,也可以看出稀有金属在工业应用上的发展前途了。

现在简单地讲一讲煤。大家都知道煤是冶金、化学工业和动力工业中不可缺少的原料。近年来,

\* 本文选自《世界科学技术新成就》,科学普及出版社,1956,11

虽然水力发电和原子能的利用有了很大的发展,但并没有降低煤的重要性,苏联第六个五年计划要把煤的产量从 391 000 000 吨增加到 593 000 000 吨就可以证明这一点。在地下资源中,固体燃料的埋藏量超过 99%,而石油的埋藏量则少于 1%。其中烟煤又占固体燃料的 75%以上,它的重要用途之一是用来作冶金焦,同时也是气体燃料和化学合成原料的重要来源。用来作冶金焦的煤,为了减少其中灰分和硫分,一般要经过洗选,对于炼铁来说,这是极其重要的。如果焦炭中的灰分降低 1%,炼铁过程中造渣所需的石灰石消耗量可以减少 4%,高炉的生产能力可以增加 2.2%—2.3%,而焦炭的消耗也可以降低 2.2%—2.3%。生铁中的硫大部分是从焦炭中来的,因此降低焦炭中硫分对于保证生铁质量起着重要的作用。从煤的用量,用途和特性上,可以了解为什么采煤选煤在整个采矿选矿工业中有它的独立地位。

地下的矿产资源是有限的。有许多品位高而靠近地面的矿床早已被开采利用了,但工业发展的规模仍然是在不断地扩大,金属和煤的产量也相应地在增加,在这种情况下,只有在科学技术不断进步的条件下,才能保证原料的供应。科学技术的进步不但可以扩大工业原料的来源和范围,同时也加速工业建设的速度。对于采矿、选矿和冶金等方面的一些科学技术情况和问题,分别地在下面做一个简短的介绍。

## 二、采 矿

我们对采矿工业的基本要求是:作业安全;劳动生产率高;采矿成本低;有用矿物的损失率小;尽量避免围岩废石掺杂到矿物中去,可以提高成分,减少选矿上的困难;并且不断增加开采深度来扩大矿产资源。在进行采矿工作中,一方面必须针对矿床本身的物点和它的埋藏条件选择最适当的采矿方法,另一方面要依靠机械化和自动化等技术的发展,这两方面要配合得好,才能达到上述目的。

开采矿床的方式主要有两大类:露天开采和地下开采。露天开采的优点很多,譬如:劳动生产率高,通风和安全的问题少,可以不用坑木支撑,工作空间不受限制因而能够使用任何大小的多种多样的机器设备等等。对于大的矿床如厚煤层、大铁矿等来说,应当发展露天开采。就采煤而论,苏联的露天煤矿比地下采煤的劳动生产率几乎要高到 5 倍,而成本要降低 71.5%。随着强大的采矿机器设备的发展,露天开采的深度还可以不断提高。在苏联,埋藏在 500 米深处的大矿床(采剥比达 14)已经用露天开采法了,美国在这方面也达到了 300 米到 400 米的深度。露天开采所用的大型电铲,它的铲斗的最大容量在美国达到了 46 立方米。就砂矿而言,世界各国广泛使用着采金船和水力开采两种方法。

在采金船方面,世界最大的采金船的铲斗容量在 1945 年已达到 500 升,挖掘深度达 40 米。采金船把采矿选矿连起来作为一个联合流程,效率很高。苏联一只船每年能处理 2 500 000 立方米的砂矿。

地下开采的情况远比地面复杂,为了安全和迅速,机械化和自动化更是重要。拿煤矿来说,近代的高效率的开采方法是用联合采煤机,苏联目前已经有了 1 240 台联合采煤机在各个矿井中工作着。最新型的联合采煤机,是用一种“巨型铈”把煤成大片地铈落下来。联合采煤机的型号不只一种,有采薄煤层的,也有适用于缓斜或陡斜煤层的,它们的构造都不相同。苏联还正在创造一种井下采煤的新式联合机,这种机器将使主要的采煤过程包括开采、运输和支架完全自动化。在水源充足的地方,可以利用水力采煤,这在苏联已经得到了大规模应用。这个方法是用强大的水泵,将水从地面

上,沿着钢管,压送到煤井下距采煤工作面不远的水力冲击机中。水从冲击机的喷嘴里喷射出来,冲击煤层,使它破碎。破碎了的煤顺着巷道的斜坡流出来,或者是靠压力把它送出。美国使用的水枪的喷嘴直径为50—200毫米,水头为30—160米。水力采煤的劳动生产率比高度机械化的矿井还要高3—5倍,采煤成本可降低30%—40%。由于这种原因,苏联第六个五年计划明确地指出水力机械化是煤矿工业机械化的主要发展方向之一。可以附带讲一句,25—30个大气压的水力足以使煤层破碎,苏联还正在试验用100—150个大气压的水流来破碎岩石,由此可以看出水力应用在采煤工业中的发展前途。对于劣质煤或极薄的煤层,挖井开采很不合算。苏联从1932年起就开始研究煤的地下气化问题,想通过钻孔把空气鼓入地中,使煤层在地下着火燃烧,变成气体再引到地面上来应用。一直到现在,有若干关键的问题还没有得到很好的解决,譬如,如何控制地下的燃烧带,如何控制煤层气化的程度等等都存在着困难,这些问题还在继续研究中。

金属矿的种类很多,矿体形状和分布一般都很不规则,而且它比煤层硬,因此地下开采问题也就比较复杂。总的说来,我们目前对于缓倾斜矿床的合理开采方法还没有摸到一定的规律。譬如,对于某一种矿而言,究竟要隔多远留一根矿柱,矿柱需要多大,才能又安全又节约,都还没有统一的想法,在开采极薄矿脉方面,目前的办法是一边开采一边充填,用这种方法很难达到很高的劳动生产率,但还没有其他更好的方法。可以这样说,近年来金属矿地下开采的进展主要表现在工具和技术的改进方面。利用新型钻机和硬质合金钻头,钻炮眼的深度和速度都大大提高了。苏联、美国、瑞典、加拿大等国都采用深孔凿岩,穿孔的深度可达30米,一次爆破可崩下几千吨甚至几万吨矿石。在矿床条件允许的情况下,利用深孔爆破使矿物大量崩落,可以提高采矿劳动生产率2—3倍。掘进设备的改进和轻便的金属支架或预制构件的应用,使矿井掘进速度大大增加,某些国家已出现平巷月进870米的记录,竖井月进速度也达到了250米。除了掘井以外,还有钻井的方法。这个方法好像地质钻探取样一样,先沿着井的周围钻下去,然后用吊车起重取出岩心,或用其他方法将岩心破碎,用水力冲出,就形成了一口井。钻井法在苏联和美国曾试验成功,但尚未广泛应用。苏联仍在这一方面做研究改进,钻井的直径已扩大到6.2米。

掌握岩层的物理性质,掌握矿山中的压力分布和开采过程中上部岩层压力的变化情况,才能选择最有效的采矿方法。这就是说,我们知道如何选择最短的路线开井,如何进行最有效的爆破,如何利用最少的支撑而能保证安全等等。因此,岩石力学和岩层破坏理论,是采矿学科中最基本的问题,但这个问题在世界名国也没有彻底解决,目前仍在大力进行研究。这方面的知识不仅对于采矿很重要,对地下建筑如开辟地下铁道之类,也有同等的重要性。

### 三、选 矿

从地下开采出来的矿石,一般都掺杂着各种各样的围岩或脉石,除了极少数的情况如富铁矿以外,大都不能直接用来冶炼。并且,在很多情况下,矿石中的有用成分常常不止一种,譬如我国包头铁矿中含稀土金属,大冶铁矿中含铜和铅,中南钨矿中含铜、钼、锡、锆、铍等,锡矿中含铅及稀有金属等等。针对这些情形,选矿就是很必要的了。通过选矿,把围岩或脉石去掉,对冶炼有很大帮助或者使原来不能冶炼的矿石可以冶炼了。通过选矿,把各种有用成分分开,才能充分地利用资源。有许多稀有金属只存在于复杂矿中,也只有在选矿过程中把它分离出来,才能得到。由于这些原因,选矿科学技术在近年来得到了很快的发展。

为了达到选矿的目的,需要先把矿石粉碎,有时还要磨得很细。研磨愈细,选矿成本愈高;如果

有必要把矿石粉碎到 200 筛孔以下,研磨的费用往往占选矿费用的 70%—75%以上。因此,改进研磨设备,寻找新的碎矿、磨矿方法,是极其重要的工作。苏联发展了震动球磨机,这就是把球磨机中钢球的运动距离缩短,使每分钟内钢球的撞击次数增加,这样可以大大地提高研磨效率,降低成本。此外,科学家还正在研究用新的物理原理创造出新的方法来破碎矿石,譬如利用超音波震荡和高频电流碎石法。用超音波震荡的方法来破碎石英,在实验室内已经试验成功。这个方法所根据的原理是:在 500—600℃ 的温度下石英晶体中原子间的结合力最小,把石英加热到这种温度,再加上超音波的震荡作用,石英自己就粉碎了。这种现象说明有可能不用机械的方法使矿石破碎,但在工业中能否大量应用,还有待于进一步的研究。

把矿石粉碎以后,根据不同的物理性质来把各种矿物分开。开始应用得最早的选矿方法,是根据各种矿物之间有不同的比重,譬如淘金,是在水流冲洗的作用下,轻的砂石被冲走了,重的矿物就留下来了。这个方法最初只适用于较大颗粒的矿石,而颗粒愈大,矿物和岩石的分离程度一般地比较小。近年来,比重选矿方面显著的进步之一,是出现了水力旋流器。水力旋流器的构造很简单,上部是一个圆筒,下部是圆锥,圆锥下连接着一根管子以便排出矿物。在圆筒边上沿切线方向另有一根水管。将磨细的矿粉和水混和,用 2—4 个大气压力从水管送入水力旋流器内,由于涡流的作用,矿粒在圆筒内旋转,重的沿着边缘下沉,从下部管子排出,轻的就被圆筒中部水的压力冲向上部,从上部溢出。用这个方法可以处理颗粒小到 0.1 毫米的矿石。另一利用比重原理是使用重液或重悬浮液,将所要选的矿和杂质分开的选矿方法叫做重介质或称为重悬浮液选矿法。所谓重液就是比重大的液体,譬如氯化钙的水溶液比重达 1.5—2,二碘甲烷( $\text{CH}_2\text{I}_2$ )比重为 3.3,二碘化钡和二碘化汞( $\text{BaI}_2$  和  $\text{HgI}_2$ )的溶液比重是 3.5,蚁酸铊的比重是 4.2 等等。除了氯化钙一类的东西在国外大量用来选煤以外,其余都是贵重的化学药品,成本太高,目前在选矿工业上没有应用。重悬浮液是将比重得多的固体如磁铁矿、方铅矿、磁铁矿等的粉末加入水中,利用机械搅拌造成一种悬浮状态,把它当做重液来用。方铅矿粉做成的悬浮液,比重可以达到 4.3,它的好处是远比重液便宜,因此在工业上得到了比较广泛的应用。适宜于重液或重介质选矿的矿石颗粒一般在 2—50 毫米之间,个别情况可以小到 0.5 毫米,再小就不行了。最近有人开始研究在水力旋流器内应用重介质,这方面的工作可能有发展前途。

磁力选矿也是一种常用的方法,但只适用于具有强磁性的矿物如铁矿、锰矿、黑钨矿等。有些铁矿本来磁性较弱,但可以通过还原焙烧或还原-氧化焙烧使它成为磁铁矿。譬如赤铁矿( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )在煤气中还原焙烧以后,就能在磁选机中分选,鞍钢的选矿厂就用这个方法。但还原焙烧需要设备和燃料,因此增加了选矿成本。最近,英国科学家研究成功一种“还原氧化焙烧法”,将天然的赤铁矿( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )先经过还原焙烧变成磁铁矿( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ),然后让它在 400℃ 以下氧化变成有磁性的  $\gamma$  型赤铁矿( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ )。这样做仍然可以满足磁选的要求,但从  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  变成  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  是放热作用,放出的热可以在焙烧过程中得到利用,因此可以大大地节省燃料或不用燃料。这方面的半工业试验尚在进行中。

近 50 年来,应用最广、发展最快的是浮游选矿法,简称为浮选。这个方法是以前矿物表面的物理化学性质的不同为基础的。把矿石磨细,做成矿液,加入少量药剂,放在浮选机中,然后鼓入空气或其他气体,我们会观察到有些矿物颗粒、附着在气泡上,随气泡浮上水面,另外一些和气泡不发生作用的沉下去了,这样就可以把不同的矿物分离。在矿液中添加的药剂统称为“浮选剂”,它可以是一种或好几种药剂。某些药剂具有降低液面张力的作用,因此能够帮助起泡,如松油等。某些药剂

是用来改变矿物的表面性质,使天然亲水性矿物变成疏水性矿物,并且帮助矿物黏附在气泡上,如黄药、脂肪酸、胺盐等。此外还有一些药剂是用来调节矿液的pH值,活化或抑制矿物表面和药剂或气泡间的作用,如石灰、曹达、酸类、硫酸铜、水玻璃、氯化物等等。浮选法早已成功地用来分选硫化矿,到目前几乎所有的单金属或多金属硫化矿都可以用浮选法来得到一种或几种精矿产品。在非硫化矿方面,浮选的应用也日益广泛,譬如苏联和美国早已建立了富集赤铁矿的浮选厂,我国不久也会有同样的浮选工厂投入生产。虽然如此,但某些氧化矿如白铅矿、锡石、孔雀石、赤铜矿等在目前还很难浮选,它们的回收率低,而矽孔雀石、菱锌矿之类就几乎不浮。为了克服上述困难,必须研究各种矿物的表面性质,弄清楚在不同条件下药剂和矿物表面作用的机理,研究不同气体对浮选的影响等等。弄清这些道理,我们就可以想办法对矿物表面进行处理,制造新的药剂,改变条件,使不浮的矿物也能浮起来。在苏联和美国已应用放射性同位素来研究药剂和矿物表面作用的机理,得到了初步结果,这方面的工作尚在发展中。

#### 四、冶 炼

从得到金属作为目的来看,选矿只是冶金的一个重要的准备过程。也就是说,选矿是基本上用物理方法把矿物中有益成分富集起来。要从成分比较高的矿物中把金属提取出来就必须通过冶金过程。下面我想先讲一讲湿法冶金。湿法冶金就是用水溶液的方法来分离提取矿石中的有益成分,我们知道,一般的矿石都能溶解于酸性或碱性的水溶液中。用这种方法可以解决许多选矿所不能解决的问题,譬如氧化铜矿一般就用湿法冶金来处理,有许多成分复杂的金属矿,目前也广泛应用这种方法。矿石中的有益成分溶解于水溶液以后,就可进一步用电解或者是用沉淀的方法把各种金属分离出来。近年来,在处理复杂矿和低品位矿的问题上湿法冶金得到了很大的发展。首先是在焙烧方面,将硫化矿或硫化矿和氧化矿混合的细粉放在炉床上加热,在加热过程中从炉床下部以适当的压力鼓入氧气或空气,硫化矿粉就会燃烧起来,由于气流的作用,炉床上的矿将会活跃得像沸腾一样,所以通常叫做沸腾层焙烧,这种焙烧方法效率高而且温度也容易控制,焙烧的主要目的是为了把硫化矿和氧化矿变成能够溶解于水的硫酸化合物,燃烧所得到的二氧化硫还可以用来做硫酸。这样,在进行湿法冶金时不但不另外消耗硫酸,而且还有过剩的硫酸作为副产品。另外一个新发展就是利用高温高压浸出的方法。这个方法是利用下面的物理化学原理:我们知道,金属在酸或碱的水溶液中的溶解度是随温度压力而变动的,假如有两种金属在常温常压下溶解于酸的程度差不多,就很难在这种条件下把它们分开;但是,它们在酸中的溶解度随温度压力变化的情况不会一样,因此改变温度和压力就能够促进两者的分离。高温高压浸出的方法还有许多其他优点,譬如,溶解速度加快,化学反应进行得更彻底等等,对于提高作业效率和金属的回收率都有直接意义。进行高温高压操作的设备叫做高压釜,在高压釜中将氢气通入含铜的水溶液中可以制造出铜粉,而且容易控制粉末的颗粒大小,这种生产方法在美国已大量应用。在高温高压浸出时所用的溶剂当然不限于酸碱水溶液,随着物理化学原理的发展和溶剂的出现,这种方法应该有广阔的前途。

火法冶金方面的新发展在钢铁工业中表现得比较突出。炉子容积的增大和自动化是一种普遍趋势。炼铁高炉有超过2000立方米的可能,炼钢平炉在苏联已有500吨的炉子而美国则正在建造600吨的炉子。电炉也已经到达了200吨。炉子容积的增大带来了新的科学技术问题,譬如高炉炉身的提高使焦炭承受的载重负荷增加,于是对焦炭强度的要求也就更高了。在高炉操作方面,广泛推广的是在鼓入高炉的空气中加入水蒸气,苏联采用这个方法使大型高炉的产量提高7%—10%。

另一新发展是在高炉上使用高压炉顶操作,这就是增加高炉中顶部的瓦斯压力,苏联有许多高炉炉顶压力达0.6个大气压。高压操作使炉况稳定,瓦斯灰减少,能提高生铁产量6.3%—9.4%,降低焦炭消耗量2.1%。物理化学原理指出,增加炉内气体压力可以使矽开始还原的温度升高,从而使生铁中的含矽量降低,含矽低的生铁用于碱性平炉炼钢是有利的。上述炉顶压力(0.6个大气压)并不算高,目前是向更高的压力发展。利用更高的炉顶压力并结合其他措施,不但可以进一步提高生铁产量,而且还有可能找到不必经过选矿而直接冶炼贫铁矿的方法。我国贫铁矿在铁矿储藏量中占的比例很大,值得在这方面进行研究。应当指出,高炉结构必须加强,鼓风设备必须改进,才能采用高压炉顶操作。

在平炉、电炉炼钢过程中向溶池吹入氧气,在近年得到了迅速的发展。苏联经验证明,平炉鼓入氧气可提高钢产量21%,个别小平炉甚至提高70%,燃料消耗一般可以降低约15%。电炉用氧可提高钢产量15%—25%,节省电力30%以上,并降低电极的消耗量。氧气炼钢使炉顶温度负荷加大,必须使用优质耐火材料,我国缺乏铬镁砖的原料,但可以发展具有热稳定性的铝镁砖来代替铬镁砖。

最近几年出现的顶吹式转炉氧气炼钢给炼钢工业带来了一个新的发展前途。这个方法最初是在奥地利试验成功,很快地就发展到其他国家。它和旧式转炉不同的地方在于吹炼的方式和纯氧的利用,氧气是从转炉口用水冷的管子向钢液表面喷射,而旧式转炉是以底部或两侧的开口把空气或富氧气体吹入钢液。在炉子的构造上这种新式转炉反而简单,可以做得很大,目前已有60—70吨的炉子。由于用纯氧的结果,用来炼钢的生铁成分不像过去一样受到限制,而且允许掺用废钢到15%—30%。苏联两个工厂中用9—10吨和13—16吨的顶吹式氧气转炉做炼钢试验,结果与平炉钢的质量相近。加拿大也有这种工厂,美国有些钢厂先用顶吹式氧气转炉吹炼再将钢水倒入电炉中精炼,这就是顶吹式转炉到电炉的双联法。根据报道,这些工厂的投资只有相同产量的平炉厂的一半。

连续浇铸钢锭也是一种最先进的生产方法,目前世界各国都在继续研究这种方法,企图把生产率更向前推进一步。连续铸锭的优点很多,而下述两点的经济意义最为明显:

(1) 采用连续浇铸的钢锭可以不经初轧机或管胚机而直接轧成成品,因此可以免除钢锭加热用的均热炉,减少铸锭车间面积,节省投资;

(2) 连续铸锭使切头尾率从15%—25%降低到2%—3%,因而大大地减少每吨产品的金属消耗量,并且,连续铸锭使操作过程简化,从而缩短生产周期,降低生产费用,据初步估计,就半成品而言,采用连续铸锭可以减少生产费用10%左右。目前最大的连续铸锭生产设备是在加拿大,这台设备每小时的生产率大约是70吨。美国还打算在1960年建成每小时生产率为250吨的连续铸锭设备,年产300万吨的钢厂只需要两台这样的设备就够用了。但是,要建成生产率这样高的连续铸锭设备还必须解决许多科学问题,譬如在连续浇铸或快速冷却条件下的钢液结晶动力学的问题和若干自动控制问题等等。我国应抓紧进行这方面的工作才能赶上去。

合金钢的发展和钢锭钢材尺寸的增大,以及许多容易被氧化的稀有金属的熔炼,使真空技术工业中应用的规模日益壮大。近年来科学研究工作证明:钢中含气体过多就会影响钢的质量,特别是合金钢含氢气过多更容易发生内部裂纹造成废品,这种现象随钢锭钢材尺寸的增大而更加严重。为了去除气体提高钢的质量,在国外已经大规模地在浇铸过程中采用真空处理,譬如德国早就用真空处理过150吨重的大钢锭。我国南部气候湿热,而水电的发展将使我国电炉炼钢产量大大增加,但

用电炉在湿热的气候下炼出来的合金钢,气体的含量可能更高。为了预防上述情况发生,就应当更注意发展真空处理的问题。另外在湿热地方金属材料的腐蚀问题也更严重,这方面的研究工作也应该开展起来。某些重要的稀有金属如铍、锆、钛、钨、钼等等需要在很高的真空中进行熔炼和铸造,目前美国市场上已经有了熔铸金属达一吨重量以上的真空联合装置,真空度可以达到  $10^{-3}$ — $10^{-5}$ 毫米汞柱。我国有关的部门应该注意研究并制造这种高真空装置,才能促进稀有金属工业的发展。

大家都知道,世界工业技术的发展是走向更高的温度、更大的速度和更高的压力,要求有强度更大的、耐磨损、耐高温,能抵抗氧化和腐蚀的金属材料和特种材料,合金钢、高温合金,硬质合金以及金属和陶瓷混合做成的材料的发展就是为了适应这种要求。在合金钢中,合金结构钢由于强度高所以是制造各种动力机械所必须的材料,因此用量最大,它的产量约占钢的总产量的 10%。不锈钢也是很重要的钢种,能抵抗腐蚀,也可以用于  $650^{\circ}\text{C}$  以下的高温在化学工业设备制造方面用得较多。在高温合金方面,目前用得最多的是以钴为主或镍为主的两种合金,它们是航空工业不可缺少的重要材料。这两种合金的长期使用温度还不能超过  $930^{\circ}\text{C}$ ,因而限制了燃气轮的发展。因为燃气轮的效率是随着温度的增高而增加的,如果要求燃气轮的热效率超过内燃机,就必须寻求能耐更高温度的金属材料。至于金属和陶瓷或其他化合物的混合制品,也可能有很大的发展前途,但还有待于进一步的研究。

镍、铬、钴等元素是合金钢和高温合金中的重要组成部分,镍和钴也用于硬质合金和金属陶瓷制品中作为黏结剂,但我国目前已经发现的这类矿藏还不足。所以利用我国比较富裕的元素如硼、钼、钨、钒等来发展合金钢来节约镍、铬、钴等是很必要的。我国的稀土金属的储量丰富,如能解决大量生产的问题,除了其他用途以外,对于发展合金钢和高强度的铝镁合金将会有很大帮助。此外,我国产铈丰富但用途不广,如何扩大铈的用途也是目前存在的一个科学问题。

世界各国都在从高熔点的金属中寻找更新的高温金属材料。钛是其中的一种,但钛在高温很容易被氧化而且生产成本很高,因而限制了它的用途。目前提炼钛的最好原料是金红石,我国尚未发现大量的金红石而不得不从钛铁矿中提钛,但这种提炼方法会使钛的成本更高。钨和钼的熔点比钛还要高得多,也是因为不能抵抗氧化而大大地限制了它的用途。针对这种情况,科学工作者一方面是从高熔点金属的合金方面想办法,另一方面则是研究这些金属或合金的表面处理方法,希望制造出一种抗氧化而能密切黏附在金属表面的保护层。这两方面的问题都还没有得到满意的解决。

以上所讲的许多冶金方面的问题归根到底都牵涉到物理和化学领域中的一些基本理论,譬如,我国需要准确地知道原子和原子、分子与分子之间的力的作用,才能掌握物质结构和性能的关系,才能预见或控制冶金反应的详细过程。这就是我们长期努力的目标,也是科学研究的最高目的。