

对冶金科学长远计划以及建立我国合金钢系统的一些初步意见*

在我国第一个五年计划中,科学院已经规定配合我国新钢铁基地的研究工作是十一项重点工作中的第二项,并指出冶金学是我国最近几年内发展的重点学科之一。从国家需要来看,发展重工业是我国社会主义建设的中心内容,而冶金工业又是重工业的基础,因此做好冶金方面的长远计划对我国国民经济的发展具有重大意义。

国家对科学工作的要求无论是在目前或将来都是为了最大限度地促进我国生产力和劳动生产率的生长。从冶金的角度来看,这就需要我们不断提高各种金属的产量和产品质量,发现新的合金以适应新的需要,并且降低成本。针对这种要求并结合我国目前情况,我们在考虑长远计划时不但要提出与国家生产建设有关的重大问题,而且应该划清问题的性质,哪些需要先做一番试探性的研究工作,哪些可以根据资料直接进行较大规模的中间试验来掌握条件,哪些可以直接在生产中进行试验逐步推广,这样我们才能够做到最有效地使用科学研究力量,而这种力量在我国目前和今后若干年内都是很有限的。根据上述考虑,我们可以把问题分成三类。

(1) 新建厂矿的设计数据的供应和新资源的评价工作。过去所做新钢铁基地的选矿和耐火材料试验工作便属于这一类型,这一类的工作在我国大规模建设中是会不断出现的,必须根据国家需要限期完成。

(2) 掌握在国外已经应用而有成效的先进技术和生产方法。在我国目前和今后几年中,这一类的问题可能居最大多数。技术上如钢液测温、冶金炉自动控制、工厂除尘……生产方法方面如最新式的团矿和烧结、高炉高压操作、蒸汽和富氧鼓风、生铁炉外脱硫、氧气炼钢(包括转炉吹氧)、小型连续铸锭……以及各种产品的试制等。这一类的问题有的只要能够得到资料就可以直接在生产中应用,或者结合生产进行试验逐步推广,有的则需要先建立中间工厂掌握条件。我们应该从各方面努力求得在第二个五年计划内尽量掌握国外已有的先进技术和生产方法,迎头赶上,否则生产和科学的发展都会受到障碍。

(3) 今后应该考虑的一些专业性或综合性的问题。下面是我对这一类问题的一些意见:

一、建立我国合金钢系统和合金钢研究的问题

根据目前统计,在工业发达的国家,合金钢的产量约为钢的总产量的十分之一,钢的产量愈大,合金元素的来源愈成问题。因此,具有强大钢铁工业的国家如前苏联、英国、美国、德国等都早已制订了自己的合金钢系统来应付这个问题。制订合金钢系统的原则是:除了保证产品的性能能够满足各方面的需要以外,还需要兼顾到:

(1) 尽量利用本国资源,寻找本国所缺乏的合金元素的代替品,以减少外来输入;

(2) 做到最有效地利用一切合金元素以降低生产成本,能不用合金元素的就不用,能少用的就必须少用。我国过去没有自己的合金钢系统,这方面的标准规格均依照外国。这种情况在今后必须

* 本文刊于《科学通报》,1955,12,44—48

逐渐加以改变,因为,按照我国社会主义工业化的速度,在1962年,我国钢的年产量估计将达到1 000万吨左右,照上述比例合金钢的年产量将超过100万吨,因此,我们不能不预先考虑到合金元素的供应问题。应当指出,要自己建立一个比较完整的合金钢系统并不是一件轻而易举的事情,它需要在各方面做许多工作,包括许多必要的科学研究,现在来考虑这个问题,实在是刻不容缓的了。

就其主要用途和合金含量的多寡来说,合金钢一般可以归纳为下列三类:①不属于碳钢范围的低合金构造钢,这是一种大量生产的钢,强度较碳钢为高;通常在热加工以后不需要经过热处理就可以拿来应用,一般应用范围是房屋和桥梁结构、船板及其结构、海船锅炉……这种钢除了规定的机械性能以外往往需要同时考虑到它的焊接性能;②合金结构钢,它是合金钢的主体,应用时需要热处理。高强度合金结构钢是汽车、飞机、轮船、拖拉机等制造工业和其他动力引擎的必需的原料,由于应用时往往需要很大的钢材,因此淬火透硬性很重要。对这种钢的要求是各种各样的,除了常温机械性能以外,有时还需要考虑到它的低温性能和高温(一般在500℃以下)蠕变强度以及抗腐抗氧化等性能,表面化学处理如加碳、加氮等钢种也属于这一类,滚珠轴承钢和弹簧钢也包括在内;③特殊合金钢,包括高温用的耐热不锈钢类型、电工器材用钢和磁钢、高速切削用的工具钢等。这一类的钢含合金元素一般都很高。

在上述合金钢中,除含碳外,应用最广泛研究得比较多的合金元素是Ni、Cr、Mn、Si、Mo,其次是W、V、Co、Ti、B、Al、Cu、P、Nb、Ta、N、S、Be等。有些元素如Ce、La、Ca、Mg等在钢铁中的应用是作添加剂,其主要作用是脱氧、脱硫或者用作孕育剂,它们是否能在钢中用作合金元素,其影响如何,目前尚难肯定。

据目前所知,我国镍和铬的资源是不够的,在目前钢铁产量不大的情况下,镍、铬来源已嫌不足,将来产量扩大,如不能发现新的资源,必然更感缺乏。因此,在考虑合金钢系统时,必须设法尽量节省镍、铬。其他合金元素大概都能得到,其中如钨、钼等还很丰富。此外,铁矿中所含铜和所含稀有元素的合理利用问题也有待解决。针对这种情况,我们在建立合金钢系统当中,必须慎重地选择钢种,尽可能利用其他合金元素节省镍、铬,并开展科学研究,逐步寻求镍、铬的代用金属。

根据其他国家的资料,含镍、铬的合金钢其应用范围一般可以归纳为两种类型:①具有抵抗氧化和耐腐蚀性能的合金钢,不锈钢型的高合金钢便属于这一类;②汽车、飞机及其他动力机械制造业所常用的钢,要求强度大,韧性高。第一种类型的钢含镍、铬一般都很高,要求找到代替完全不用镍、铬是一件极其困难的事情,我们如果要求制造既不用镍又不用铬的不锈钢,则必须当作一件长期的试探性的研究工作来做。第二种类型实际就是高强度结构钢,含镍或铬或镍铬,而比较常见的钢有:Ni、Cr、Ni-Cr、Cr-Mo、Ni-Cr-Mo、Ni-Mo、Cr-Si、Cr-V、Cr-Mo-V等多种,其中以Ni-Cr-Mo透硬性最大,Cr-Mo次之,在高强度钢中这两种最为重要。如果热处理时钢材直径较小,则我们不难从现有资料中找到上述某些钢种的代替品,譬如,就机械性能和550℃以下的蠕变性能而言,只要钢材直径不超过150毫米,Mo-V钢完全可以代替Ni-Cr-Mo钢。又若我们对常温最大抗张强度的要求不超过95kg/mm²,不考虑焊接性能的好坏时,则用Mn-Mo钢与用含镍铬的钢并无差别。

应当指出,现有资料对我们虽然有很大帮助,但若仅仅依靠这些资料希望能够得到一个完全适合于我国资源情况的合金钢系统是不可能的。因为,这些资料是从不同国家的资源情况出发的。在前苏联,有丰富的锰和铬,前苏联合金钢在可能范围内都是偏于低镍或不用镍而尽量利用锰和铬,过去的德国标准也大致相同。在英国、美国,过去用镍、铬不加限制,但对钼和钒则较为节省,而以钒为尤甚,虽然在近几年来,美国也逐渐趋向于节省镍和铬并注意到节省锰的问题。许多过去用高镍

铬的合金结构钢现在都改为低镍铬,同时,硼钢日渐盛行起来,许多汽车用钢,都已改为硼钢,和用硼来代替一部分镍、铬、钼和锰。总的来说,其他钢铁工业发达的国家的合金钢标准一般是:制造合金结构钢用钼和钒都偏于低的一方面,而且含钒的钢种不多。钨的用途一般是作为比较贵重的特殊高合金钢和高速工具钢用,含钨的合金结构钢则很少见。我国出产钨、钼比较丰富,钒矿也有重要的发现,而镍和铬都很缺乏,因此在建立合金钢系统时,应该有不同的考虑。

关于铜钢问题,虽然铜能够增加钢在空气中抗抵腐蚀的能力,但在国外很少有在钢中故意加铜制造铜钢的,我们在资料上所见到的含铜合金钢有许多是在不可避免的情况下掺杂入炼钢原料所造成的。一方面铜是一种贵重金属,本身的用途很多,另一方面铜进入钢中后很难去除,积累的结果势必引起废钢调整和管理上的一些困难,因为钢中含铜超过一定限度(0.6%)时,就会引起热加工上的困难。铜和镍不同,含铜高的钢其性能并不一定好。当然,就目前所知只要钢中含铜在0.6%以下,对于成品性能是不应该有多大害处的。相反地,铜加入钢中可以增强其机械性能和在空气中的腐蚀抵抗力。但是,为了更有效地利用含铜铁矿,我们有必要的对含铜合金钢作进一步的系统的研究,特别是与其他合金元素共用时所产生的影响。

为了逐步地建立我国合金钢系统,并且为了在合金钢方面及时地展开必需的研究,特提出下列几点初步建议,作为参考:

(一) 成立合金钢资料研究工作组,根据我国工业需要与可能了解到的资源情况,以前苏联合金钢标准为基础并参考其他各国资料,在一年或一定期限内提出一个我国合金钢标准初步方案交合金钢小组讨论。这是一件繁重而具体的工作,建议作为一件任务来执行。

(二) 开展含铜合金钢的研究。首先着重含铜构造钢,适当地兼顾到含铜低合金结构钢。在这些钢中尽量避免加镍和铬。不含镍铬的铜钢在文献上见到的有 Mn-Cu、Mn-Mo-Cu、Mn-V-Cu、Si-Cu、Si-Mn-Cu、Cu-P、Mn-Cu-P、Mo-Si-Cu-P 等多种,可见这方面的研究是有前途的。

(三) 针对合金结构钢所属范围还可以考虑在下列几个方面进行研究工作:(1)含钨的低合金结构钢。(2)含钼较高的合金结构钢。(3)以砂-锰为基础在其中加入钨、钼或其他合金元素寻求含铬滚珠轴承钢的代替品。(4)以铝、钼为主适当地加入其他合金元素,寻求不含铬的表面加氮钢。

(四) 开展硼钢的研究:硼能增加钢的强度和淬火透硬性,在钢中加入适量的硼,可以节省合金用量,得到同样的机械性能。据目前所知,钢中含硼不宜超过0.007%,否则会引起热脆。利用硼来代替钢中一部分合金元素其效果大致如下表。

基本成分%		由于钢中含硼(0.0005%—0.005%)而节省的每一种合金量%				备 注
C	Mn	Mn	Ni	Cr	Mo	
0.2	0.75	0.85	2.4	0.45	0.35	根据强度和透硬度
0.4	0.75	0.65	1.9	0.35	0.25	根据强度和透硬度
0.6	0.75	0.45	1.2	0.20	0.15	根据强度和透硬度
0.8	0.75	0.15	1.4	0.07	0.05	根据强度和透硬度

由上表可知,硼的影响以低碳钢为最显著,用它来节省镍最有效。近几年来,美国汽车制造工业所用的合金钢在用量上将近80%都含硼,主要理由当然是从节省合金元素出发的。硼虽然能代替一部分镍或钼,但对外促进钢的表面加碳或抑制回火脆性并无帮助。在另一方面,以硼代锰有某些

优点,举两种低碳钢为例:

钢种	C	Mn	Mo	B(总含量)%
M-Mo	0.19	1.3	0.25	—
B-Mo	0.10	0.55	0.45	0.004

上述两种钢的机械性能相同,但 B-Mo 钢的焊接性能远较 Mn-Mo 钢为佳。

(五) 合金钢方面的某些基本问题

(1) 合金强度理论:从过去到现在,合金钢的发展主要是凭借经验上的积累,理论方面的指导是远远地落后于实际的,事实上我们还没有一个令人满意的合金理论。就拿合金强度来说,过去我们对于纯金属中加入合金元素产生硬化这个现象是毫无例外,从而得到了一个定性的理论,定量是谈不到的,因为这个理论没有能够解释为什么不同合金元素会产生不同的影响。近年来,金属被制造得愈来愈纯了,有人发现在某一种金属中加入另一种金属并不是毫无例外地产生硬化,相反地有时反而使前者变软,譬如在纯铁中加铬到 2% 反而使前者的强度稍为降低。这样一来,过去的合金强度理论是否能够定性地接受,也值得怀疑起来。个人认为结合建立合金钢系统,科学院必须创造条件,从纯金属着手进行有关合金强度的理论性的工作。

(2) 金属腐蚀问题:在工业发达的国家,这是一个引起广泛重视的问题。我们知道,在钢中加少量铜、镍或铬等合金元素可以大大地增加钢的抗腐蚀性能,但这仅是指空气中的腐蚀而言,如果将它们用到海水里去,则其被腐蚀的程度与一般碳钢并无多大差别。像这一类的问题在其他国家也未解决,问题的性质无论是从实际上或是从理论上都是值得我们及早注意的。个人认为结合合金钢工作应同时开展金属腐蚀方面的研究工作。首先应寻求出一个可靠的短期腐蚀试验方法来判断长期的使用结果。与此有关的方法,在文献中虽然也有,但不能认为是满意的。

(六) 开展高合金钢与高温合金方面的工作

寻求满意的不含镍铬或含镍铬少的耐热不锈钢应当作为一件长远性的工作来进行。结合此种工作可以研究制造精密仪器用的合金以及钛和锆系统的合金。

(七) 加强合金钢生产中具有普遍性的科学问题的研究

如钢中气体、非金属夹杂、钢锭结晶和偏析的控制、脱氧、去硫、去磷以及冶炼过程中合金元素的回收、不同合金钢的加工特性等,这一类的问题在合金钢生产方面更为重要。

二、低品位碎矿和非焦煤炼铁问题

我国南部散布的小铁矿体甚多,而且缺乏好的焦煤,这些矿体迟早必须加以利用。在西欧如比利时、奥地利、法国、希腊、荷兰、意大利、卢森堡也有这种情形,这些国家在 1951 年曾经组织起来共同研究利用低品位碎矿(颗粒在 10 毫米上下)和碎焦或非焦煤炼铁,经过几年来的研究已取得初步结果。方法是用矮炉富氧鼓风,炉生产量为每日 40 吨。我国目前虽从事大钢铁基地的建设,但不能不同时考虑到将来对分散的低品位小铁矿体的利用问题。应该尽早着手在这方面进行研究工作。用不着说,进行这种工作还能够帮助我们对有关一般高炉炼铁操作中某些理论方面的了解。

三、提高平炉热效率问题

热效率低是平炉炼钢的最大缺点之一,在一般情况下,平炉热效率不超过 20% 上下,即使采取种种措施如尽量增加热料、附加废气锅炉利用废热,提高火焰亮度以增强辐射等,现有的平炉热效率在理论上也很难提高到 50% 以上。因此,最近有人建议从改变设计着手来提高平炉热效率,提出了一些研究方向,某些国家正在讨论此事,但尚未见诸行动。这对于我国确是一个值得考虑的问题,由于新的钢铁基地将不断出现,如果能够在平炉设计和构造方面有所改进,及时地应用到工业建设中去,将对于国民经济有很大意义。即使这种工作一时难于收到预期的效果,但只要在研究过程中对平炉热效率有点滴改进,也可以帮助平炉操作提高钢的产量和劳动生产率。

四、锑的扩大使用问题

我国产锑占全世界总产量的大部分。据目前所知锑的用途是很有限的,少量用作合金,氧化物则用作油漆涂料。作为金属锑的用途不广,主要是因为它很脆,不能加工成型。我们如果能够设法改变它的脆性,使它能够被压延成薄片或拉成细丝,就有可能用来代替一部分铅锡作电缆包皮和保险丝之类,其他用途还多,甚至可以考虑把它用来作货币。要改变锑的脆性的可能途径有二:①高度提纯;②配制各种合金,研究它们的各种性能。

最后,谈谈冶金科学中一些基本理论问题的研究。这方面的问题应该结合冶金科学所包括的范围来考虑。

冶金是一门边缘科学,牵涉到的范围很广,一般的讲它与物理、化学和某些工程(特别是机械和燃料工程)方面都有密切关系。我们通常根据服务对象把它分为黑色冶金和有色冶金,但也有人按工作性质分为物理冶金和生产方法冶金。最近有人主张用冶金工程和冶金学作为大的分类,其内容如下:

1. 冶金工程

可以从三个方面来叙述其内容:①热工方面——热平衡,燃料与燃烧,流体动力学,热传导,对流与辐射,耐火材料……②冶炼方法——金属硫化物的焙烧,氧化物的还原,精炼与提纯,气相与固相反应……③复合冶金流程——包括黑色金属与有色金属,从冶金原料的配制一直到做成成品所经过的生产程序和处理方法。

2. 冶金学

包括四个方面:①金属物理化学——有关金属溶液和炉渣的热力学,组成和基本性质,溶质原子间的交互作用,平衡图……②动力学——包括扩散,结晶的成核与长大,凝固过程,沉淀现象,马氏体类型的相变,金属的氧化及腐蚀,表面化学处理,钢液去硫和去磷,气体的吸收和放出……③金属结构——显微组织,晶体结构,内应力……④金属的形变与加工——在应力作用下的变形规律,断裂机构,机械性能等。

如果根据上述两个分类内容来确定冶金专业所包括的范围,我们可以说我国现有的冶金科基础是极其薄弱的。在考虑这门科学的长远计划中,如果要求将来能够有效地配合国家建设,必须筹

划本门学科的全面发展,空白点与薄弱环节应该赶快填补和充实起来。

填补和充实冶金学科中的空白点与薄弱环节的办法是:①结合研究工作来培养干部。②在高等学校中增设专业或教学科目。这两方面应同时进行。在目前,若干综合性大学中的物理系已有金属物理专业,某些冶金学院中也有金相热处理和加工专业,这对于金属结构,形变及加工和动力学所包括的一部分内容可能已经照顾到,但对金属物理化学和冶金工程中的热工方面则注意很少,建议综合性大学化学系和冶金学院应分别增设这两种专业。在科学院方面,应该就现有的研究所内指定应该在哪些方面创造条件开展工作,培养干部来填补空白点和充实薄弱环节,要争取在我国尽快地做到冶金专业所包括的范围全部充实起来,这样才能逐渐地保证完成国家建设对我们的要求,并且把我国冶金科学推向国际的先进水平。