

10年来中国冶金科学技术的发展*

冶金在我国有悠久的历史,远在公元前几百年的周朝后期我国就开始有了铁器,而春秋时(公元前 770—前 475)良冶刀剑的技术在我国历史上更传为美谈。炼铜在我国开始为时更早,著名的商彝周鼎都是用青铜铸造的,表现出我国在公元前 1000 多年炼铜和铸铜的技术已经有了相当的造诣。我们的祖先在远古时代对人类文化做出了这样卓越的贡献,然而由于封建统治在我国绵长达 2000 多年,生产发展极慢或停滞不前,我国古代科学技术没有得到应有的发展,近百年来是世界科学技术发展最快的时代,而我国则处于帝国主义和反动统治的双重压迫下,就进一步加深了我们的落后程度。

新中国成立以后,在中国共产党的正确领导下,遵循着优先发展重工业的建设方针,学习了苏联先进经验,得到了苏联和其他兄弟国家的大力支援,建立起自己的冶金工业,10年来,钢产量从 1949 年的 15.8 万吨增加到今年的 1200 万吨,有色金属工业则几乎是从无到有地建立了起来。冶金科学技术工作主要是围绕生产增长和工业建设高速度发展的需要来进行。以下将从三个方面介绍我国 10 年来冶金科学技术的发展和成就。

一、资源的综合利用

为了配合新钢铁基地的建设,进行了某种含氟铁矿综合利用的研究。这种铁矿是世界罕见的一种含稀土矿物和萤石的复杂铁矿,其地质构造、矿床成因和矿物组成的特点很多。选矿工作者根据矿石类型和条件确定了三种流程,即磁选-浮选法、焙烧磁选-浮选法及逆浮选法。铁精矿品位平均达 60%,收得率都在 80%以上,氟含量降低到 1%左右,满足了冶炼方面的要求。

冶炼含氟的铁矿,是冶金方面一个新的问题,因而有必要进行一系列的包括大型工业高炉在内的冶炼试验。高炉试验结果表明,由于矿石中的氟绝大部分进入炉渣使炉渣黏度和熔点显著降低,因而在高炉操作方面允许使用高碱度炉渣。我们发现氟对硫在渣铁间的平衡分配没有显著影响,在适当地提高渣的碱度的情况下可以得到含硫极低的生铁,并保证高炉顺行。

含氟炉气和含氟炉渣对高炉耐火材料侵蚀作用的研究结果表明,氟化物在高炉冶炼过程中的行为是比较复杂的,矿石中的萤石在高炉内下降至温度约 1000°C 的区域时,水解作用即显著进行,生成的 HF 随炉气上升,上升过程中一部分 HF 又被较冷的石灰或石灰石所吸收再随炉料下降。当矿石或含氟炉料下降到开始造渣的区域时,氟化物首先熔入熔体,然后随着温度的进一步升高氟化物随同其他化合物一起挥发又伴随炉气上升,由此可见,高炉中不同部位所接触到的氟化物的侵蚀作用是不同的。关于氟的侵蚀问题,含 HF 小于 0.1% 的炉气在 500—900°C 对硅酸铝耐火材料侵蚀作用甚微,含氟熔渣对耐火材料的侵蚀速度随温度增大的关系服从于指数方程式,耐火材料中 Al_2O_3 含量愈高,则含氟在 10% 以下的熔渣对它的熔解能力愈小, CaF_2 对各等级的高铝砖的侵蚀反应在 1200°C 才开始显著。大型高炉冶炼试验指出,高铝砖并不能抵抗含氟熔渣的侵蚀,因而必须

* 本文发表于《金属学报》,1959,4(3),i—viii

采用碳砖。

在含氟铁矿综合利用的研究中,还确定了从尾矿和炼铁炉渣提取稀土混合金属的工艺流程并找到了分离各种稀土元素的方法。

含铜铁矿中氧化铜的处理是利用流态化床进行硫酸化焙烧和浸取,溶液中的铜用铁置换,铜的回收率达80%以上。另一方法是用氯化焙烧使铜挥发,挥发率可达90%,但氯化铜冷凝回收的工业化问题还需进一步研究。

我国含钒钛的铁矿极为丰富。某种钒钛铁矿的合理利用问题早已得到解决,其他资源则正在研究中。

为了使贫铁矿的利用更经济合理,我国正在试验一种稀相传热与浓相反应相结合的焙烧炉,初步试验结果指出,鞍山含铁35%的赤铁矿用上述方法进行磁化焙烧可得到含铁65%的磁选精矿,回收率可达90%。

为了适应铁矿石含磷范围广的特点,我国在解放后初期就开始发展用侧吹碱性转炉炼钢的技术,这种转炉不需用压力大的鼓风机,经过几年以来的经验积累,对炉型结构和操作方法都有改进,用含磷在0.2%—1.6%范围的生铁都能炼出合格的钢。

在耐火材料方面,结合我国铝矾土资源丰富的特点发展了高铝砖。电炉炉顶使用高铝砖后,寿命比硅砖炉顶一般提高数倍。高铝砖制造方面,研究结果指出,矾土的烧结性能与 Al_2O_3 含量及 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 的比例都有密切关系,而次生莫来石形成量对烧结起着决定性的作用。少量铁质和钛质氧化物的存在可以加速矾土的烧结,细度粉碎也有助于降低矾土的烧结温度。耐火材料方面的另一成就是用铝镁砖代铬镁砖以解决我国目前铬矿供应不足的问题。使用铝镁砖后,固定式中型平炉炉顶寿命达623次,倾动式大型平炉炉顶寿命亦达520次以上,这些结果与铬镁砖相差不远,为了稳定和提高铝镁砖的质量,系统地研究了各种工艺因素对铝镁砖性能的影响和添加尖晶石的作用,以及观察使用过程中铝镁砖组成的变化和导致损毁的主要原因等等,从而确定了合理的制造工艺过程。

在有色金属方面,我国过去处理铜、铅、锌、铁等共生的复杂硫化矿仅能回收其中的铜、铅、锌,而其他少量有用成分的存在往往被忽视,解放后改变了这种情况,通过加强化验分析,改进生产流程,对原矿、尾矿、矿尘、烟灰、炉渣、矿泥、半成品浸出液、返回液等的处理方法进行细致的研究,从而扩大了稀有金属的品种和产量。特别是根据矿石类型和共生矿物的特点采用多种选矿方法相结合、选矿与水冶相结合的联合的联合流程,解决了许多复杂矿的综合回收问题,同时还提高了金属的收得率。譬如,从钨矿中回收辉钼矿、辉铋矿、黄铜矿、锡石、白钨矿、黄铁矿以及其他有用成分,从锡矿中回收铅、铜、钨、铁、锌和其他金属,都得到了一定的收获,全面综合回收问题的试验研究还需继续进行。在冶炼工业中,仅就铜、铅、锌、锡等四种金属的冶炼而言,回收的有用成分共计18种。

在轻金属冶炼方面,由于我国铝土矿均属一水硬铝石型(α -水铝石),其中氧化硅含量很高(达17%左右),有必要寻找新的处理方法。通过试验研究,最后确定用串联联合法来处理这种铝土矿。方法是用浓苛性碱溶液加石灰做催化剂在26个大气压下进行拜尔法溶出,残渣再用烧结法处理,氧化铝总实收率达95%以上。烧结法适应高硅原料的基本关键,在于利用石灰石和矿石中的氧化硅化合生成溶解度极小的硅酸二钙,以避免用拜尔法所产生的大量碱和氧化铝损失。但硅酸二钙在熟料溶出后,能与铝酸钠溶液起二次反应,造成氧化铝和氧化钠损失。因此研究了减少或防止上述二次反应的方法,结果指出,二次反应的主要产物是水化石榴石,其成分为 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$ 。

$(6-2n)H_2O$,此外还形成若干硅铝酸钠($Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$)。当溶出液中游离氢氧化钠及碳酸钠的浓度减少时,赤泥粒子有凝集倾向,沉降容积增大,二次反应减慢。根据上述研究结果,确定用熟料二段溶出法并将铝酸钠溶液中的苛性碱比值降低到 1.25 左右,基本上防止了二次反应,以残渣的成分计算,净溶出率达到 92%—93%。

二、强化生产过程,提高产量

强化黑色冶金过程的成就综合地表现为高炉、平炉和电炉利用系数逐年升高。

1951 年全国大中型高炉平均利用系数为 1.068,而 1958 年则达到 1.437,先进单位如本溪钢铁公司的高炉利用系数在 1958 年第四季度一直保持在 2.1 以上,1959 年 5 月达到了 2.44。强化高炉冶炼过程的技术措施一般是:加强原料准备,包括原料混匀、按粒度分级装入、球形团矿和自熔性烧结矿等,运用炉顶调剂,采用高温与高风量,加湿鼓风,高压操作和改进造渣制度。但是,我国高炉生产之所以获得比较突出的成就,主要是抓住了上述措施中主要环节,大胆地使用高温和提高冶炼强度,同时对其他方面作相应的改进以保证高炉顺利并降低焦比。实践证明,这种做法是高炉增产的正确道路。目前我国高产高炉如本溪、鞍山、太原等炼铁厂使用风温一般都在 1000℃左右。

根据过去经验,正常生产的高炉如果加大风量,往往会产生过吹,破坏高炉顺行,引起悬料,造成炉瘤;提高干风温可能导致燃烧带的缩小,并使成渣层下降,也不利于高炉顺行;提高冶炼强度同时还会导致焦比的升高。由于上述原因,高炉冶炼强度就受到一定的限制,大高炉为 1.1,小高炉为 1.2。1957 年以前我国高炉原料准备的条件和技术经验是与上述限制相适应的。在 1958 年大跃进的鼓舞下,我国高炉工作者进一步改善了高炉原料准备,根据“风量的增加必须与炉料透气性相适应”的规律,来进一步提高冶炼强度并保证高炉顺行。在实际操作中,当冶炼强度提高到一个新的水平以后,再进一步寻求最低焦比的操作条件。这样可以使冶炼强度不断提高,而在一定的条件下,焦比反而有所降低。譬如,本溪高炉的冶炼强度由 1957 年的 1.013 逐渐提高到 1958 年的 1.4—1.5,高炉利用系数平均上升了 33.8%,综合焦比却降低了 10.8%。太原高炉的冶炼强度由 1957 年的 1.003 提高到 1958 年的 1.201,利用系数上升了 36.8%,而焦比却降低了 15.7%。

根据我国大跃进以来创造的高炉操作经验,随着冶炼强度的提高,风速也必然加大,但风速过高,又将使煤气的分布恶化,必须采取上部与下部调剂紧密配合的办法,本溪炼铁厂把风口直径加大以减小风速改善炉内煤气分布,冶炼强度由 1.338 提高到 1.542,太原钢铁公司的一个高炉通过减少料批重量,改变装料制度来调剂边缘气流,并逐渐增加自熔性烧结矿的使用量等措施,冶炼强度已提高到 1.4 以上。在提高干风温的同时,可以相应地增加焦炭负荷来帮助吸收由于风温提高而带入炉内的热量,实践证明,这样做法既有助于高炉顺行,又能降低焦比。

在炼钢方面,全国平均利用系数在 1952 年平均为 4.6,1958 年达 7.81,而先进的上钢三厂平炉利用系数则达 13 左右。全国冷装电炉平均利用系数在 1952 年为 6.67,1957 年为 17,1958 年上升到 22.6,而先进的大连钢厂达到 30 以上,平炉与电炉的增产途径主要通过下述几项措施:

(一) 减少停炉时间,提高作业率——平炉上采用铬铝砖或铝镁砖碱性炉顶,水冷部件改为汽化冷却,采用厚层铺烧、铁皮浸渗的烧结炉底等。上述烧结炉底的方法是苏联炼炉的先进经验,我们学习了这种炼炉方法并阐明了它的优点:①FeO 能在较低温度和短时间内完全熔于 MgO 内形成连续固溶体,促使镁矿晶粒长大并消灭气孔;②在氧化气氛下,生成的铁酸镁也有助于 MgO 晶粒的发育,进一步降低气孔率。在电炉方面主要是采用了高铝砖炉顶和备用炉体。

(二) 炉子超装——平炉超装要求对炉子本身和附属设备做适当的修改,如升高炉顶、减薄炉底、加大上升道、接高烟筒、加固吊车、接高钢缶等。此外,采用双槽或三槽出钢可以帮助解决由于超装而产生的吊车负荷能力不够的问题。目前,我国 15 平方米炉底的小平炉装料量达到了 60 吨,94.5 平方米的大平炉装料量达 660 吨。电炉超装问题首先决定于如何充分发挥变压器的潜力,采用强制油冷可提高变压器负荷 30%。其次,电炉超装后,熔池加深,温度不易提高,向熔池吹氧可以帮助提高熔池温度。

(三) 缩短熔炼时间——平炉方面采用了提高热负荷,缩短纯沸腾期,对一般钢种取消炉内预脱氧的措施。在电炉方面,采用氧气炼钢是缩短熔炼时间的首要因素。吹氧助熔可使熔化期缩短 15—20 分钟,使用煤气渗氧助熔则可缩短半小时左右。并且,在大量吹氧助熔的条件下,去磷可以提早完成,清洁沸腾期亦可大大缩短。采用电石直接造还原渣或先用硅锰等合金进行预脱氧然后造还原渣进行扩散脱氧的综合脱氧操作,电炉还原期一般可缩短到 50 分钟左右甚至更短。上述研究试验结果已在我国电炉炼钢生产中推广,对提高电炉钢产量起了重要作用。

(四) 采用新技术——我国除学习国外已有的平炉-电炉、电炉-电炉混合炼钢技术以外,还研究了转炉-电炉混合炼钢的技术。试验结果指出,转炉钢与电炉钢渣混合处理后,氮和氢的含量都显著降低,夹杂物含量与同种电炉钢无甚差别。应用转炉-电炉混合炼钢的方法来增加某些优质钢的产量看起来很有前途,但还需要进行更系统性的试验。连续铸锭能提高钢锭的收得率,几年以来我国某些钢厂和科学研究机构先后开始了这方面的研究并建立了最大断面可达 210 毫米×210 毫米的拉速为 0.5—5.0 米/分钟的立式连续铸锭机,并进行了掌握铸锭工艺的试验。由于立式连续铸锭厂房基建投资较大,在试验立式连续铸锭的同时又开始了卧式和倾斜式连续铸锭的研究工作。倾斜角为 30°、断面为 100 毫米×100 毫米的倾斜式连续铸锭试验最近已有满意的结果,现正在进一步准备较大规模的工业生产试验。

在轧钢方面,初轧采取双锭轧制和加大压下量,型钢通过改进孔型设计减少道次,使原有轧钢设备的生产能力不断提高,目前相当于 1949 年的 2 倍到 5 倍不等。过去,我国用横列式轧机轧制 12 毫米以下的圆钢及线材时,只能使用正围盘,由椭圆进入方孔或圆孔的轧件,仍靠人工夹钳。1958 年某厂创造了一种简单而轻便的围盘结构并改进了入口导板,小到 6.5 毫米的线材成品孔也可以用这种围盘引入,并且可以多根轧制。在此以前,线材轧机趋向于连续式,但连续式轧机设备重电机容量大,投资比一般横列式轧机高出几倍。因此,上述围盘的出现有利于横列式轧机的应用和发展。

在金属采矿方面,通过改进采矿方法、采矿新型设备和爆破技术,提高了井巷掘进速度和采矿效率。就地下采矿而言,1958 年比 1952 年平均提高效率 3 倍左右;此外还大大地改善了矿井中的劳动条件。

有色金属选矿和冶炼过程强化的具体标志是回收率和技术经济指标的提高。为了这个目的,几年来在下述几个方面进行了工作:

(一) 推广先进技术——选矿方面应用多段磨矿和多段选矿使锡矿回收率提高 5%,采用重力浮选法大量回收了钨锡矿中的共生金属。冶炼方面推广沸腾焙烧并采用湿法冶金包括高压浸取、有机萃取、离子交换等等,譬如用硫酸化焙烧与湿法冶金处理高铁泥质难选氧化铜矿,铜溶出率达 96%。又如用高压釜氨液浸取高钙镁质的氧化铜矿,铜溶出率达 85%。

(二) 采用新型设备——选矿设备如水力旋流器、螺旋选矿机、弧面自动溜槽、细泥摇床、电磁

振动溜床及摇床、永久磁铁磁选机、无介质磨矿机等等。例如某砂锡矿应用螺旋选矿机后比原用的溜槽的回收率平均提高14%。某铅锌矿选矿使用水力旋流器辅助分级实行中矿再磨,回收率增加1%—2%。冶金方面譬如用烟化炉直接发挥氧化铅锌矿,铅锌发挥率可达90%。

(三) 发展浮选药剂——在药剂制造的试验研究方面,要求利用国产原料,成本低、效能高。在黄酸盐制造方面,采取了不用稀释剂,在强烈搅拌低温冷冻条件下直接合成的方法;产品可以直接使用,不需另行干燥。用大豆油为原料制成低凝固点脂肪酸,适用于寒冷地区的选矿厂。进一步用大豆油脂肪酸作原料制成大豆油脂肪酸硫化皂,其特点是在硬水中使用并且捕收力强、消耗量少。例如用这种药剂在硬水中浮选萤石,回收率达92%,比过去提高7%。用石蜡、松香等制成的氧化石蜡脂肪酸和氧化松香皂来浮选赤铁矿,回收率可达90%。

(四) 改进生产流程和冶炼方法——这是提高回收率的一个重要措施,进行的工作是很多的。例如,在选矿方面用硫化钠分选铜钼混合精矿,分选作业中铜的回收率达97%—98%,钼的回收率达92%—93%,钴的回收率达93%—94%。又如用浮选-氨浸的联合流程处理难选氧化铜矿,铜的回收率比单独浮选提高了30%左右。在冶炼方面,改进了鼓风机熔炼工序,粗铅冶炼实收率由1952年的90.9%提高到96%;通过提高团矿质量和蒸馏罐的上中下温度,使蒸馏锌炉的日产量超过设计能力40%,残渣含锌由6%—8%降到1.5%。

电解铝方面,我们在学习苏联的氟化钠和氟化铝分子比值低的方法基础上,研究了添加剂对电解质的作用。用氟化镁代氟化钙作添加剂可以显著地降低电解质的熔点。由于电解质的改进,阳极电流密度从过去的0.977安培/平方厘米提高到1.05安培/平方厘米以后,电解质的温度反而比过去略低,电流效率则提高了2%—3%。除了降低电解质的熔点以外,加氟化镁还能促进炭渣分离,使每吨铝少用8公斤氟化铝,并有稳定电流的作用,电解铝方面的另一技术革新是我们找到了无阳极效应的操作方法,阳极效应由过去的1.5降到0.03以下,有的电解槽可以完全没有阳极效应。由于这项革新,平均降低电压约0.15伏特,相应地减少了电能的消耗。更重要的是,水银整流器的效率提高了,原来的生产车间可以增加5%的电解槽数量而不需另添整流器。

三、扩大品种、提高质量

1952年我国重工业部正式颁布了有关合金钢的七项部颁标准,包括159个合金钢种。这个部颁标准是参照苏联国家标准制订的,所列合金钢种基本上是以镍铬钢为基础的。在建设初期,为了易于接受苏联的整套技术经验,统一技术规格,以达到迅速发展工业生产的目,这个方针是完全正确的。同时,我们也注意到我国镍铬资源尚待开发,随着钢产量的增长和品种的扩大,必须建立一个适合我国资源的合金钢系统。因此,1953年有的研究机构就开始了节约镍铬的代用钢种的研究。1957—1958年冶金工业部、中国科学院和第一机械工业部先后召开了三次镍铬合金钢代用问题的专业会议,大大地推动了这方面的试验研究工作。1958年总结了过去几年来合金钢生产和使用的经验和研究成果,并着重吸取了苏联及民主德国的先进经验,初步确定了各专业用钢系统,最后综合成为结合我国资源的新合金钢系统。这个新系统共有合金钢246种,分列为九项国家暂行标准草案:合金结构钢、低合金高强度钢、合金工具钢、高速工具钢、不锈钢耐酸钢、耐热不起皮钢及电热合金、低合金钢轨、滚珠与滚柱轴承钢及弹簧钢等。

几年来,我国已研究出一些节约镍铬或不含镍铬的新钢种,其中投入生产的有十余种已列入上述九项标准草案。各类合金钢在我国的发展情况大致如下:

(一) 合金结构钢——新标准草案中没有含镍的合金结构钢,过去在机器制造方面大量应用的七种铬钢和镍铬钢都已由锰钢、硅锰钢、锰钒钢及硼钢等代替,以节约铬和镍。

(二) 低合金高强度钢——新标准草案中的低合金高强度钢共 13 种,主要是以锰、硅等为合金元素,个别的钢种含有铜铝及钛等元素。

(三) 合金工具钢——发展了含镍较低及不含镍而以硅锰为主的新品种,例如以 60SiMnV 代替部分 55CrNiMo 的用途,又如在高速钢中加硅或钼以节约部分铬。

(四) 滚珠钢——扩大渗碳钢的应用,例如用 18CrMnTi 及 20CrMnMo 等作为制造质量要求较高的滚珠轴承钢种,并研究降低现用钢种中的含铬量及加入其他元素如硅、锰等。

(五) 不锈钢——主要为了节约镍采取了下述三种途径:①扩大铁素体不锈钢的品种和应用;②推广节约镍的及无镍的奥氏体不锈钢种并研究提高其抗蚀性,如发展 Cr-Mn-N 奥氏体钢等;③扩大复合钢板的生产和应用。

(六) 耐热钢——①发展铁素体及珠光体型耐热钢以提高其耐热性能,例如在 12CrMoV 钢的基础上适当调整成分并添加其他元素,得到的热钢种其持久强度在 580℃、35 公斤/平方毫米的负荷下断裂时间超过了 700 小时。②为了节约铬研究在低碳钨铬钒钢上镀硬铬以代替 1Cr13 作为汽轮机叶片材料的可能性。③发展新型耐热钢系统,例如研究 Fe-W-Si 三元系。(4)改进 Cr-Mn-C-N 奥氏体型耐热钢的性能,特别是它在高温使用后的变脆现象。

(七) 不起皮钢与电热合金——取消了高镍钢号,采用含 Al、Si、Ti、Cr 等元素的钢种。在 Fe-Cr-Al 电热合金的生产基础上寻求以 Fe-Al 为基不用铬或少含铬而耐热性能更好的新合金。

提高钢的质量是随时代的前进而日益发展的,在我国这样一个产量飞跃增长生产潜力不断地被挖掘的情况下,保证质量和提高质量往往具有特殊的复杂性,因而为研究试验工作开辟了广阔的园地。为了适应这种情况,我国冶金工作者在第一个五年计划初期就积极创造条件为解决这方面的问题而努力,譬如掌握并改进测定钢中气体含量和夹杂物的技术,了解生产过程钢中含氢的变化,改进钢和炉渣的分析检验方法等等。在钢中含氢问题上,对生产过程中氢的来源和钢锭中氢的分布进行了系统性的研究试验工作,阐明了钢锭中氢偏析的规律。研究结果表明,凝固过程对钢锭中氢的偏析起着决定性的影响,而在退火钢锭中氢的分布除了遵从扩散规律以外还决定于钢锭的内部疏松程度。

减少大型沸腾钢锭中有害元素偏析的研究提出了与传统方法相反的途径,向未凝固的钢锭头部吹氧或吹压缩空气以加强沸腾使硫、磷、碳等元素的最大偏析度显著降低,效果远远地超过了抑制钢锭沸腾的方法。关于钢锭沸腾过程中元素被氧化所需的氧来源问题,实验结果证明前人提出的来自空气中的氧占 70%的说法基本上是正确的。

电炉冶炼中采用先进行预脱氧然后造还原渣的综合脱氧操作方法在我国得到了发展,应用于滚珠钢的冶炼使钢中夹杂含量降低一半以上并且把还原期时间缩短到 50 分钟以内。用电石直接造还原渣的研究结果表明,只要碳化钙含量适宜并保证在还原后期变成白渣,含碳化钙的炉渣就不会像某些研究工作指出的一样进入钢液,而且还可以得到较大的脱硫效果。

合金钢中发纹问题的研究阐明了发纹的性质和生成条件。结合我国生产条件,在脱氧方法、锭模形状和加工程序等方面做出改进,完全消灭了某些合金结构钢中的发纹。通过吹氧冶炼、改善还原操作、出钢前加钛铁并适当提高出钢温度和浇铸温度,加大钢锭模锥度与减小模壁厚度等一系列的措施,高铬不锈钢中的发纹可以大大减少,钢材合格率达 90%以上。研究结果还指出,在 30 毫米

汞柱或者更低的真空下冶炼和浇铸高铬不锈钢,可以完全消灭发纹。

在高合金钢的晶粒细化问题上,向铁铬铝合金中加少量钛显著地改善了锭的结晶组织,大大地减少了热锻开裂的现象。同时,还提高了上述合金中的铝含量,拉成丝后成品收得率达60%以上,按标准进行寿命试验,在1170℃能保持200小时以上。不锈钢耐热钢方面,采用孕育剂,添加稀土合金金属或稀土氧化物,以及采用震动浇铸等方法,以细化晶粒改善钢锭组织,都分别得到了好的效果,例如消除或减少了18CrNiV钢中的枝晶。超声波技术的应用已经开始,不久以前我国试制出功率为50千瓦频率为20千赫的大型超声波震荡装置,在钢厂中进行细化晶粒、去除钢中气体、减少碳化物液析等试验,已有初步结果。

硅钢片方面,通过真空处理与真空浇铸和改进热处理方法,在实验室中已能制造出铁损 $P_m=0.68-0.73$ 瓦/公斤的厚0.35毫米的热轧硅钢片。同时,还做出了具有94%取向度的立方织构冷轧硅钢片,钢片厚度为0.06—0.08毫米,其磁转矩曲线的两峰比值为1.25,这些工作都正在扩大规模,以便逐步应用到生产中去。

转炉钢在我国占相当大的比重,采用自动记录、自动控制以改进转炉操作提高质量对国民经济有十分重要的意义。我国若干研究单位共同协作研究试制出一套控制系统仪表,包括下述各项:①用红外线辐射高温计测量火焰温度和钢水温度并自动记录;②采用双色高温计的W曲线方法作为停风标志,进行终点控制和高碳停风;③参照法国使用的Volume Debitgraph测量和记录风量与累积风量;④用超声液面计和风压式液面计比较法测定钢水液面;⑤通过交流电桥装置和二次仪表自动记录摇炉角度,准确度为 $\pm 0.5^\circ$ 。这套控制系统和仪表的实际应用正在进行试验。

从以上可以看出,10年来我国冶金科学技术的发展是迅速的,成就是巨大的。我们的冶金科学技术队伍虽然还很年轻,但是已经胜利地担负起国家建设提出的任务并且做出了创造性的贡献,其原因主要是由于党的正确领导和社会主义制度的优越性,是与社会主义阵营各兄弟国家特别是苏联对我们的真诚无私帮助分不开的。

虽然10年来我们在工作中获得了上述成就,但毫无理由因此自满。从冶金科学技术的整个领域来看,我们目前在工作中还有一些薄弱环节,若干方面距世界上先进水平还有一定的距离。但是我们坚信,在中国共产党的正确领导下,随着社会主义建设的飞速发展,我国冶金科学技术必将以更快的速度向前迈进,在世界科学宝库中愈来愈多地增加我们的贡献。