

• 信息平台 Information Plattform •

中国古代灌钢法冶炼技术

庚 晋, 白 杉

(76140 部队, 广西 桂林 541001)

摘要:介绍中国古代冶炼技术的演变,从“块炼法”、“块炼渗碳钢”、“百炼法”、“炒钢”发展到“灌钢法”,运用“灌钢法”提高钢的品质和产量,且操作简便。“灌钢法”是中国古代炼钢技术的重大成就,为推动中国古代刀剑技术的发展做出重大贡献。

关键词:冶炼技术;灌钢法;刀剑双液淬火

中图分类号:TG232 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-8365(2003)04-0349-02

Smelting Technology of Ancient Perfusing Steel Method in China

GEN Jin, BAI Shan

(No. 76140 Army, Guilin 541001, China)

Abstract: The evolution process in China ancient from aspects of block smelting method, steel cementited by block smelting method, hundredfold steel smelting method, puddling steel method smelting to perfusing steel method, is introduced. Perfusing steel method can increase the quantity and quality of steel, and operating simply. It is important to improve quenching technology of ancient swords in China.

Key words: Smelting technology; Perfusing steel method; Double Liquid quenching of swords

灌钢法又叫团钢法,或生熟法,是中国早期炼钢技术一项最突出的成就。17 世纪以前,世界各国一般都是采取熟铁低温冶炼的办法,钢铁不能熔化,铁和渣不易分离,碳不能迅速渗入。中国发明的灌钢法,成功解决这一难题,为世界冶炼技术的发展做出划时代贡献。

1 古代冶炼技术的演进

春秋以前,中国的冶炼技术处于比较原始的阶段,当时使用的冶炼方法称为“块炼法”。当时炼铁使用木炭作燃料,热量少,加上炉体小,鼓风设备差,因此炉温比较低,不能达到铁的熔炼温度,所以炼出的铁是海绵状的固体块,称为“块炼铁”。块炼铁冶炼比较费时,质地比较软,含杂质多,经过锻打成为可以使用的熟铁。

钢铁冶炼技术的进一步发展到“块炼渗碳钢”。出土文物表明,中国最迟在战国晚期已经掌握这种最初期的炼钢技术。人们在锻打块炼铁和熟铁的过程中,需要不断地反复加热,铁吸收木炭中的碳份,提高了含碳量,减少夹杂物后成为钢。这种钢组织紧密、碳分均匀,适用于制作兵器和刀具。

进一步发展到“百炼钢”技术。人们在打制器物的时候,有意识地增加折叠、锻打次数,一块钢往往需要烧打打、打打烧烧,重复很多次,甚至上百次,所以称之为百炼钢。百炼钢碳分比较多,组织更加细密,成份更加均匀,所以钢的品质提高,主要用于制作宝刀、宝剑。

在西汉中晚期,中国出现新的炼钢技术“炒钢”,这是在生铁冶铸技术的基础上发展起来的一种炼钢技术。大约在春秋末期,中国就已经发明生铁冶铸技术,以后经过长时间的实践和探索,逐渐形成利用生铁为原料的炒钢技术。其基本方法是将生铁加热成半液体和液体状,然后加入铁矿粉,同时不断搅拌,利用铁矿粉和空气中的氧去掉生铁中的一部分碳,使生铁中的碳含量降低,去渣,直接获得钢,这就是炒钢技术。这项技术的发明是炼钢技术的重大突破,使冶炼业能向社会提供大量廉价、优质的熟铁或钢,满足生产和战争的需要。

炒钢的出现促进百炼钢技术的发展,人们以炒钢为原料,经过反复加热、折叠、锻打成质量很好的钢件。但是炒钢和百炼钢技术还存在一定缺陷,如炒钢工艺复杂,不容易掌握;百炼钢费工费时。

2 蔡母怀文发展灌钢法

大约在东汉末,可能出现炼钢新工艺“灌钢”法的初始形式。南北朝时,蔡母怀文对这一炼钢工艺进行了重大改进和完善。南朝齐、梁时的陶弘景首先记载了灌钢法,北朝魏、齐间的蔡母怀文曾用这种方法制成十分锋利的“宿铁刀”。

蔡母怀文,姓蔡母,名怀文,是中国南北朝时期著名冶金家。他生活在公元 6 世纪北朝的东魏、北齐间,具体生卒年代历史上缺乏记载,只知道他好“道术”,曾经作过北齐的信州(今四川省奉节县一带)刺史。

据史书记载,蔡母怀文的炼钢方法是:“烧生铁精,

收稿日期:2002-10-23; 修订日期:2003-05-18

作者简介:(1953-),广西南宁人。研究方向:中国冶炼历史。

以重柔铤,数宿则成钢”,就是说,选用品位比较高的铁矿石,冶炼出优质生铁,然后,把液态生铁浇注在熟铁上,经过几度熔炼,使铁渗碳成为钢。由于是让生铁和熟铁“宿”在一起,所以炼出的钢被成为“宿铁”。

灌钢法是中国古代炼钢技术上一个了不起的成就。同百炼法或炒炼法比较,其优点:(1)生铁作为1种渗碳剂,因熔化后温度高,加速向熟铁中渗碳的速度,缩短冶炼时间,提高生产率。(2)熟铁因为碳的渗入而成为钢,生铁由于脱碳也可以变成钢,增加了钢的产量。(3)在高温下,液态生铁中的碳、硅、锰等与熟铁中的氧化物夹杂发生反应,去除杂质,纯化金属组织,提高金属品质。(4)灌钢法操作简便,容易掌握。要想得到不同含碳量的钢,只要把生铁和熟铁按一定比例配合好,加以熔炼,就可获得。

3 推动中国古代刀剑技术的发展

綦毋怀文是一位出色的制刀专家,对前人造刀经验进行研究、比较,经过不断实践,创造一套新的制刀工艺和热处理技术。

綦毋怀文造刀的方法是:先把生铁和熟铁以灌钢法烧炼成钢,做成刃口,然后“以柔铁为刀脊,浴以5牲之溺,淬以5牲之脂”这样做出来的刀称为“宿铁刀”,极其锋利,能够一下子斩断铁甲30札。对于含碳量比较高的钢,理想的淬火介质应该是:当工件在比较高的温度 $650\sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$,具有较大的冷却速度,在低温 $300\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,具有较慢的冷却速度。这就需要采用双液淬火法。綦毋怀文先用动物尿、后用动物油进行双液淬火,能够造出品质很高的“宿铁刀”。

中国早在战国时代就使用了淬火技术,但是长期以来,人们一般都是用水作为淬火的冷却介质。虽然三国时的制刀能手蒲元等人已经认识到:用不同的水作淬火的冷却介质,可以得到不同性能的刀,但仍没有突破水的范围。而綦毋怀文则实现了这一突破,他在制作“宿铁刀”时使用了双液淬火法,即先在冷却速度大的动物尿中淬火,然后再在冷却速度小的动物油脂中淬火,这样可以得到性能比较好的钢,避免单纯使用1种淬火(即单液淬火)的局限。双液淬火法,即在工件的温度比较高的时候,选用冷却速度比较快的淬火介质,以保证工件的硬度;而在温度比较低的时候,则选用冷却速度比较小的淬火介质,以防止工件开裂和变形,使其有一定的韧性。双液淬火法是1种比较复杂的淬火工艺,这在当时没有测温、控温设备的条件下,完全依赖操作及经验,是一个了不起的成就。

在綦毋怀文之前,中国古代的钢刀大都用百炼钢制成,这样制作的刀剑虽然性能优异锋利,但也存在不少缺陷,整把刀全部用百炼钢制成,价格昂贵;如一把

东汉时期的名钢剑的价钱可以购买当时供7个人吃2年9个月的粮食。而且百炼钢制作刀剑费时费力。三国时,曹操命有司制作宝刀5把,用了3年时间。为此,綦毋怀文对制刀工艺进行了重大更新。这表明綦毋怀文对钢铁的性能有比较深刻的认识,而且能根据不同的用途合理选择材质,发挥各种材质的优点,节省某些贵重材料,降低成本和费用。1把刀的背部、刃口实际起着不同的作用,因而要求具有不同的性能。一般来说,刃口主要起刺杀作用,因而要求有比较高的硬度,这样才能保证刀的锋利,所以应该选择含碳量较高、硬度较大的钢来制造。而刀背主要起1种支撑作用,要求有比较好的韧性,使刀在受到比较大的冲击时不致折断,这样就要选择含碳量较低、韧性较大的熟铁。綦毋怀文正是有了上述类似的认识,在制作刀具时才能够将熟铁和钢巧妙的结合起来,将2者恰到好处地用在合适的地方,既满足了钢刀的不同部分的不同要求,又节省大量昂贵钢材,利于钢刀的推广和普及。这种制刀工艺,今天还在沿用。

由于綦毋怀文和千百万工匠的辛勤劳动,使中国古代冶金技术自立于世界之林。因此,当我们研究和总结古代科学技术成就的时候,不应该忘记綦毋怀文的功绩。这是中国冶金史上的一项杰出成就和伟大创新,在世界炼钢史上占有一定地位。

4 灌钢法的进一步革新

灌钢法的出现,使钢的产量和品质大大提高,为隋唐以后生产力的大幅度增长提供了条件。后来,灌钢法又不断发展。宋代又把生铁片嵌在盘绕的熟铁条中间,用泥巴把炼钢炉密封起来,进行烧炼,效果更好。明代又有改进,把生铁片盖在捆紧的若干熟铁薄片上,使生铁液可以更好均匀地渗入熟铁之中。不用泥封而用涂泥的草鞋遮盖炉口,使生铁可从空气中得到氧气而更易熔化,从而提高冶炼的效率。

明中期以后,灌钢法更进一步发展为苏钢法以熟铁为料铁,置于炉中,而将生铁板放在炉口,当炉温升高到 $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,生铁板开始熔化时,既用火钳夹住生铁板左右移动,并不断翻动料铁,使料铁均匀地淋到生铁液;这样,既可产生很好的渗碳作用,又可产生剧烈的氧化作用,使铁和渣分离,生产出含渣少而成份均匀的钢材。直到现今,在芜湖、湘潭、重庆、威远等地人们还在使用;可见其影响的深远。

在17世纪以前,中国的炼钢技术长期居于世界领先地位,受到各国地普遍赞扬。公元1世纪时,罗马博物学家在其名著《自然史》中说:“虽然铁的种类很多,但没有一种能和中国来的钢相媲美。”