

钢铁技术发展趋势丛书

工 具 钢

——作为日本产业基础的
工具钢发展史

〔日〕清永欣吾 著

陈洪真 沈梨庭 译



冶金工业出版社

钢铁技术发展趋势丛书

工 具 钢

——作为日本产业基础的工具钢发展史

[日]清永欣吾 著
陈洪真 沈梨庭 译

北 京
冶金工业出版社
2003

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2002-6743 号

Tool Steels

Historical Review of the Development in Tool Steels.

Supporting Japanese Industrial Ground

© 2000 The Iron and Steel Institute of Japan

图书在版编目(CIP)数据

工具钢:作为日本产业基础的工具钢发展历史/[日]清永欣吾
著;陈洪真等译. —北京:冶金工业出版社,2003.4

(钢铁技术发展趋势丛书)

ISBN 7-5024-3184-5

I. 工… II. ①清… ②陈… III. 工具钢—发展史
IV. TG142.45-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 005929 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 郭庚辰 美术编辑 王耀忠 责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 4 月第 1 版,2003 年 4 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32;6.625 印张;174 千字;194 页;1-3000 册

20.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

出版说明

冶金工业出版社在冶金行业出版工作中，始终坚持以“三个代表”重要思想为指导，认真贯彻党的十六大精神，紧紧围绕国家冶金工业发展的重点，积极组织出版了一批高质量的冶金专业图书，为冶金工业的发展做出了贡献。

20 世纪 90 年代末，日本钢铁学会组织日本国内钢铁界的专家学者，编写了《钢铁技术发展趋势丛书》。该丛书从不同专业，不同角度，对钢铁技术，尤其是对日本钢铁技术的发展历程进行了系统的回顾和总结，并对钢铁技术的现状及未来发展趋势进行了评价和预测。

日本是钢铁技术最先进的国家之一。虽然日本的国情及钢铁技术发展背景与我国不同，但其钢铁技术发展历程及经验教训对我国的钢铁工业会有一定的启迪价值。

冶金工业出版社在中国金属学会理事长翁宇庆同志及副理事长仲增墉同志的关心和支持下，准备陆续将此套丛书介绍给我国读者，并希望此套丛书（中文版）的出版，能对我国钢铁技术的发展有所裨益。

《钢铁技术发展趋势丛书》发刊词

我国的钢铁技术现在处于世界领先地位,这是先辈们长期不懈的努力所赐,令我们感到骄傲,同时也感到肩负着莫大的责任。为了构筑钢铁技术的工学体系,为了该领域新的研究和开发,我们作为当今的技术工作者,要承担起对技术中潜在的大量信息进行取舍和选择的基础性建设工作。

日本钢铁学会过去曾多次出版过反映我国钢铁技术状况的便览和技术资料。学术性刊物《鉄と鋼》也发表过许多研究成果,记述了不断进步的技术和我们在技术方面的成长过程。但是现在有种钢铁技术已经达到饱和点的感觉,弥漫着停滞的气氛。为了打破这种局面,以新的想像去发展钢铁技术,就要回顾一下我们曾经倾注了心血和努力所培养、积累的技术和研究经验,从中获取新的启示。有鉴于此,必须以先辈们积累的珍贵知识财富为背景来建立工学体系。

遗憾的是,我国的工程技术人员在这方面并不擅长。因此,我在副会长任上的 1991 年 12 月,曾向日本钢铁学会培训委员会提出出版具有以下特点的学术丛书,作为朝此方向迈进的第一步:

(1)作为展望技术发展历史的平台。其内容包括:技术是在怎样的背景下发生的,怎样展开的,又是怎样形成的。要从长远发展的目光来评述。

(2)组建“知识产权分会”,以该会的权威性来挑选执笔人。执笔人可按自己的意见对题材进行取舍、选择和评价,组织人员,确定内容等。

(3)基本内容应是《鉄と鋼》(或以此为基准的资料)所记载的具有历史价值的综述论文,并用现在的观点加以评价。

(4)经过数年形成一个系列之后,将它作为钢铁科学技术的路标,初级的知识财产。

幸运的是,此项工作得到了培训委员会和理事会的理解与支持,作为纪念日本钢铁学会成立 80 周年的规划,《钢铁技术发展趋势丛书》第 1 系列共 10 卷出版发行了。我们期待这一规划能在技术成就的背景下,为今后钢铁工学的研究及技术构成,提供积极发言的基础。

最后,对出版本丛书给予充分理解并鼎力支持的地人书馆表示衷心感谢。

(社团法人)日本钢铁学会 培训委员会 知识产权分会
委员长 增子 昇

1995 年 1 月

第二系列丛书发刊词(前言)

有关出版“钢铁技术发展趋势丛书”的宗旨,在第一系列丛书的发刊词中已有阐明。第二系列丛书发行目的亦是相同的,如果说稍有不同之处,便是此系列丛书的作者大多年轻一些,他们正好是日本钢铁工业独立自主、蓬勃发展时期,活跃在第一线的学者们。因此,在阅读第二系列丛书时,似乎能感受到他们的朝气与活力。

作者们在百忙之中勤于笔耕,使此丛书得以在进入 21 世纪前顺利出版,在此向作者们诚致敬意。同时向日本钢铁学会生产技术部事务局渡边昭子女士致谢,感谢她在本系列丛书编辑工作中的辛勤劳动。

(社团法人)日本钢铁学会 培训委员会 丛书 WG

主编 崔部实

1999 年 12 月

前言

目前使用的钢铁材料已在几千种以上,但不仅是日本,即使是世界各国,也只是 19 世纪中叶以后才开始使用合金钢,此前所使用的全部都是由铁与碳组成的碳素钢,碳素钢的性质随碳含量的不同而变化,所以是根据用途来选择合适的碳含量。以后人们在碳素钢中加入了合金元素,使钢材具有不同的性能,就成了适于使用的各种特殊钢,其中刀具及工具用钢称为工具钢。在我们的生活中,举目皆是由工具制造的物品,如汽车、自行车、办公机械,以至厨房用具锅、铲、炉子等,还有制造桌子等木器所用的木工工具,塑料制品的成形工具,制造玻璃制品的滚子、模具以及各种的电器制品的构成部件,一切都必须利用工具。可以说现代工业产品全部是使用工具制造的,而这些工具的大部分均是由工具钢制成的。

目前工具钢的产量不足钢材总产量

的 0.3%。自古以来人们便使用工具,并且深知只有好的工具才能制造出好的产品。不同工具需要不同的性能,因此对质量的重视尤胜于数量。伴随着工业的不断进步,工具也必须随之发展进步。工具因材料的成形、加工方法的改变而变化,作为工具原材料的工具钢也在变化。为适应各方面技术的进步,近年来开发了大量的新型工具钢,如冷、温锻造技术,压铸技术,塑料成形技术,高效率自动切削加工技术等所需要的工具钢。

工具钢的性质优劣,不仅仅是指使用性能而言。为向用户提供品优且价格适当的材料,必须研究改良材料的易切削性能、磨削性能、研磨性能、耐蚀性能等,并且在满足上述要求的同时,研制最经济的合金元素组成以及冶炼制造方法,开发新型的工具钢。

另一方面,人们还研究利用工具钢特有的良好耐磨性及强韧性,将工具钢使用在工具以外的方面。这样,随着时代的进步,产生了很多的新工具钢,一些旧的品种便被淘汰。目前采用的工具钢大多是 20 世纪以来所开发的品种。

人类最初使用铁器时,便是以用具、工具形式开始的,如刀具、斧、刨、铍、刀、剑等,如果将铁作为工具钢的起始,也并不言过。因此可以说,工具钢的历史至 19 世纪中叶以前就是铁的历史。

本书首先叙述铁的历史概论,然后记叙 19 世纪以后,工具钢由钢中分类出来发展的过程,再后阐明 20 世纪随着工业社会的发展工具钢进步的历程。

清永欣吾

2000 年 3 月

目 录

1 铁的曙光	(1)
1.1 人类和工具的曙光	(1)
1.2 铁器时代的开始	(1)
1.3 古代炼铁技术	(5)
参考文献	(9)
2 日本铁器时代的开始	(10)
2.1 铁器的使用	(10)
2.2 铁的加工	(11)
2.3 炼铁的开始	(11)
2.4 古代炼铁的状况	(12)
参考文献	(15)
3 欧洲炼铁技术的进步	(16)
3.1 向高炉发展的过程	(16)
3.2 高炉的引入	(20)
3.3 精炼技术的开发	(22)
3.4 渗碳法炼钢	(23)
3.5 坩埚炼钢的诞生	(24)
3.6 高炉使用焦炭炼铁	(25)
3.7 搅拌法炼铁的发明	(26)
3.8 产业革命	(28)
3.9 近代炼铁法的确立	(29)
参考文献	(32)

4 脚踏风箱式炼铁技术在日本的发展	(33)
4.1 初期矿砂冶炼法的形成	(33)
4.2 矿砂冶炼法的形成	(35)
4.3 近代矿砂炼铁法的形成	(36)
4.4 日本欧美式炼铁的开始	(36)
4.5 日本与欧洲炼铁技术流派的比较	(38)
参考文献	(41)
5 特殊钢的发明	(42)
5.1 合金钢的开发	(43)
5.2 马谢特自硬钢的发现	(44)
5.3 向 Cr-W 系合金钢转变	(45)
参考文献	(46)
6 高速工具钢的诞生	(47)
6.1 泰勒、怀特的实验	(47)
6.2 过热处理的发现	(47)
6.3 其后的发展(至 1945 年)	(48)
6.4 解说	(52)
参考文献	(54)
7 其他工具钢的开发	(55)
7.1 各种特殊钢的开发	(55)
7.2 高碳高铬钢的开发	(56)
7.3 其他合金工具钢的开发	(57)
7.4 从坩埚钢转向电炉钢	(60)
参考文献	(62)
8 日本工具钢的发展	(63)
8.1 由军方引起坩埚钢的制造	(63)

8.2 进口工具钢的增大	(65)
8.3 战前工具钢	(67)
参考文献	(69)
9 战后各种工业的发展	(71)
9.1 金属冲压工业	(74)
9.2 塑料工业	(74)
9.3 锻造工业	(75)
9.4 压铸工业	(75)
9.5 汽车工业	(76)
9.6 机床工业	(77)
参考文献	(77)
10 高速工具钢的进展	(78)
10.1 钨系高速工具钢的变迁	(78)
10.2 钼系高速工具钢的出现	(80)
10.3 冷锻技术的发展	(85)
10.4 金属组织学的研究	(86)
10.5 高速工具钢的力学性能	(91)
10.6 改善铸态组织	(96)
10.7 塑性加工用高速工具钢的开发	(98)
10.8 超硬高速工具钢的出现	(103)
参考文献	(112)
11 粉末高速工具钢的开发	(114)
11.1 粉末高速工具钢的生产方法	(114)
11.2 粉末高速工具钢的特性	(116)
11.3 高性能粉末高速工具钢的开发	(120)
11.4 类热等静压状态工艺的应用	(122)
11.5 烧结高速工具钢	(124)
参考文献	(127)

12 在其他领域中高速工具钢的发展	(128)
12.1 在冶炼高速工具钢中改善被磨削性.....	(128)
12.2 节约资源高速工具钢.....	(129)
12.3 与超硬合金的竞争.....	(131)
参考文献.....	(133)
13 冷加工用工具钢的发展	(134)
13.1 JIS 标准中合金工具钢的分类	(134)
13.2 从 SKD1 向 SKD11 的转移	(134)
13.3 工具钢淬透性的研讨.....	(136)
13.4 锰系冷作工具钢的开发.....	(137)
13.5 火焰淬火钢的开发.....	(138)
13.6 耐磨耐冲击工具钢的趋向.....	(139)
13.7 剃须刀片用材的进步.....	(141)
13.8 耐蚀耐磨工具钢.....	(142)
13.9 高温回火冷作模具钢.....	(146)
13.10 锯齿用工具钢的趋向	(147)
参考文献.....	(150)
14 应用断裂力学对韧性评估	(151)
14.1 断裂力学的进步.....	(151)
14.2 工具钢的断裂韧性.....	(153)
参考文献.....	(156)
15 热作工具钢的发展	(157)
15.1 锻造模具钢.....	(157)
15.2 热作模具钢.....	(158)
参考文献.....	(171)
16 塑料模具	(172)

16.1 研磨性·····	(174)
16.2 蚀刻加工性·····	(175)
16.3 焊接性·····	(175)
参考文献·····	(176)
 17 结语·····	 (177)
在世界和日本工具钢关联技术的历史年表·····	(181)
[附表] JIS 标准工具钢钢种(1983)的化学成分 (质量分数)/% ·····	(188)
 后记·····	 (193)

1 铁的曙光

1.1 人类和工具的曙光

在人类漫长的发展历史中,可以称为划时代的创造性的发明是工具、火以及语言,其中工具的发明是最早的。大约 200 万年以前的猿人制作了称为石钵的石器,用来破碎果实、杀死动物或获取骨髓。

大约 100 万年前的原始人使用称为“握斧”的万能石器,狩猎和制作食物。20 万年前的所谓“旧人”进一步发展制作了剥片石器。

3~4 万年前的“新人”出现以后,使用火石(打火石)和黑曜石制作锐利的刀具,这样便能加工材料、骨料、进行雕刻。

约 1 万年以前,人类进入了新石器时代,制作了钺(大斧头)和手斧等伐木及加工用的大型磨制石器,进入了初期的农耕时代^[1]。

人类是伴随着工具的进化发展而进化来的。而且,刀具与工具是人类最早使用的用具,其材质从石头变化到铜、铁,人类也随之发展,可以说刀具、工具是人类发展不可分割之源。

1.2 铁器时代的开始

人类最初使用铁器大约于 5000 年前,当时接触的“铁”是上天所赐之物,公元前 3000 年及此前时期,是用陨铁加工成武器和装饰品的。如公元前 3000 年的埃及金字塔中所发现的铁环首饰,还有中亚细亚赫梯(Hittite)地区出土的黄金装饰的铁剑及铁装饰板,均是含有一定镍的材质,应是陨铁加工而成的物品。最初使用人工制作铁器应该是公元前 2000 年左右。这个时期在小亚细亚地区似有使用铁器的人群居住。青铜时代用铁熔剂冶炼铜,在炉

底余留了与渣一起被还原的铁,有研究认为这便是开始使用铁器的契机^[2]。虽然不能确定是谁最早开始了人工炼铁,但是阿那多利亚(土耳其)地区发现了最古老的铁剑。这个时期人工铁还是很少很少的,以后逐渐增加,公元前 1500 年前后赫梯王国掌握了炼铁技术,建立起铁王国(图 1-1)^[3]。

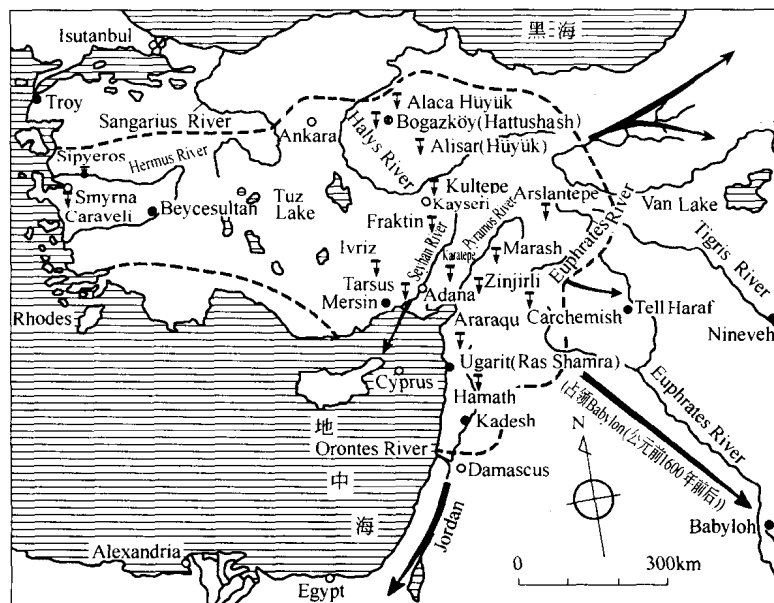


图 1-1 公元前 1400 年的 Hittite 王国

---当时的国境线;→Hittite 的扩张方向(短时间统治);↓重要的 Hittite 的发掘地点;
●古代的都市;○现代的都市

当时炼制的是近似纯铁,由于温度低,不能像炼铜那般冶炼,是在固体状态还原的。其炼铁方法是通过反复锻打、将杂质夹渣压挤出来,锻冶是炼铁的基础。赫梯人的锻冶作坊便是铁器时代最早的技术工场。赫梯人对自己掌握的炼铁技术是保密的,直到公元前 1200 年,赫梯王国灭亡后,锻冶作坊也分散到各国,其他民

族与国家才普及了铁制武器及用具的技术。各国以铁刀具与此前的铜刀具相比,明显看到铁刀具有优越的强韧性,不易折断,希望尽快掌握炼铁技术。阿西利亚(公元前 13~7 世纪)使用了赫梯人的铁剑以后,将金箸、金槌、金钉等也均用铁制造。到公元前 1000 年前发展到了巴勒斯坦的海岸。

自公元前 1200 年前后,所谓“海的民族”腓尼基人开始活跃,将铁器普及向地中海、卡塔戈方面,至公元前 900 年向希腊普及了铁器,不久又向北经意大利、西班牙、欧洲,到公元前 500 年有关铁的知识传到 Britain 国。同时,从伊朗传到印度,可能还传到了中国。不过中国是惟一的、使用了与欧洲不同的炼铁技术发展起来的国家。中国的炼铁技术是源于西方的传入,还是独自发源的,还有些不同的观点。

印度的铁的知识技术的起源可能是雅利安(Aryan)人移民(公元前 1500 年左右)时传入的,古代印度的诗歌中,除了提到金、银、铜以外还提到了铁。同时期印度的入侵者雅利安人的英雄是使用着铁制的棍棒。据记载,公元前 1000 年巴基斯坦的坎德拉地区使用了铁器,公元前 800 年印度北部地区使用着铁镞和尖矛。公元前 6~4 世纪,以马加达作为基地建立起印度最初的王国,据说是因为这个地方南邻的德干半岛东部可以获取铁器。公元前 6~5 世纪 Avanti 王国强大起来,可能就是由于大量地使用了铁器^[6]。公元 400 年小亚细亚与欧洲大致达到同样的炼铁技术水平。有名的德里铁柱是公元 300 年的作品^[1],是由印度独特的二段炼铁法炼制的印度钢铁伍茨钢制成的(图 1-2)^[7]。伍茨钢的起源时间不甚明确,据 Aristoteles (公元前 384~322)的记载,大约是在公元前 350 年^[8]。另外,3 世纪有炼金术师——记述了从印度传入的这个冶炼方法(二段炼铁法),波斯人(Persia)用来制造剑。由此看来,最迟也在 3 世纪以前有了这种印度伍茨钢^[9],印度伍茨钢在 3 世纪向 Orient 输出,作为大马士革剑赏于十字军骑,声誉极高。

中国在公元前 1400 年(殷代)便有铁刃铜斧,铜制的大斧以铁作刃,这时的铁是陨铁。至公元前 5 世纪为止黄河流域都是用的