

冷轧辊制造

上海重型机器厂 沈阳重型机器厂
第一重型机器厂 太原重型机器厂

(内部资料)

第一机械工业部第一、三局印

1966年10月

35

3

毛主席语录

我们的方针要放在什么基点上？放在自己力量的基点上，叫做自力更生。我们并不孤立，全世界一切反对帝国主义的国家和人民都是我们的朋友。但是我们强调自力更生，我们能够依靠自己组织的力量，打败一切中外反动派。

《抗日战争胜利后的时局和我们的方针》

社会的财富是工人，农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去介决问题，任何人间的困难总是可以解决的。

《书记动手，全党办社》一文中的按语

前 言

冷轧辊是冷轧机上的一个重要零件，技术要求高，制造工艺也较复杂，解放后随着我国国民经济的迅速发展，需要量日益增加，在较长的一段时间内，一直由国外进口供应。一九六〇年以后，苏联修正主义集团背信弃义，片面撕毁供货合同，停止了冷轧辊的供应，妄图破坏我国的经济建设，但结果呢？可耻的失败了。毛主席曾说过：“搬起石头打自己的脚”，这是中国人民形容某些蠢人的行为的一句俗话。各国反动派也就是这样的一批蠢人。他们对于革命人民所作的种种迫害，旧根结底，只能促进人民的更广泛更剧烈的革命。

一九六二年国家决定由上海，太原，沈阳，第一，四个重机厂，集中力量试制冷轧辊。广大职工，群情激昂，高举毛泽东思想的伟大红旗，活学活用毛主席著作，突出无产阶级政治，在各级领导的重视和支持下，破除迷信，解放思想，发扬敢想敢干的革命精神，多快好省地取得了试制的成功。在将近两年的时间内试制和生产了六种材质二十多种规格（直径350—1300公厘）的各类冷轧辊，质量与使用寿命正常，可以与苏、英、进口轧辊寿命相比拟，而较日本进口的好。从此冷轧辊的生产，完全立足于国内，基本上满足了国内现有轧机的需要。

这是毛泽东思想的光辉胜利，是党的社会主义建设总路线的胜利，是自力更生方针的胜利，也是反对帝国主义和修正主义的胜利。

在冷轧辊的试制和生产过程中，我们遵照毛主席的教导，坚决贯彻了鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线及自力更生的方针。

毛主席说：“社会的财富是工人，农民和劳动知识分子自己创造的。只要这些人掌握了自己的命运，又有一条马克思列宁主义的路线，不是回避问题，而是用积极的态度去解决问题，任何人间的困难总是可以解决的。”当国家决定在国内自己动手，试制冷轧辊的时候，大大地激发了广大职工群众的革命干劲和奋发图强自力更生的精神，争先恐后接受任务，把冷轧辊试制看成是一个政治任务，是反帝反修的一个具体行动，总路线的光辉，鼓舞着职工群众，决心苦战三年，一定要攻下这个关键。精神变物质，革命干劲化为克服困难自力更生的巨大力量，如沈阳重机厂，依靠群众，自己动手，土法上马，搞了一套简易的工频热处理设备，终于在三无的条件下（一无大电^七劲和酸性平炉，二无深孔钻，三无井式炉），胜利试制成功了冷轧辊。上海重机厂，条件不够，积极创造，组织了大协作，因陋就简，克服了薄弱环节，突破了一个又一个的技

术难关。如以一个炉子完成了一般要二个炉子才能完成的加热技术操作，是国内外少见的。

在冷轧辊的试制和生产过程中，我们还遵照毛主席的教导，毛主席说：“人民只有人民才是创造世界历史的动力。”又说：“人民群众有无限的创造力。”在工作中认真地贯彻了群众路线，充分发动群众，依靠群众，调动了广大职工群众的积极性和创造性，广泛实行了厂内外的三结合，遇到难题共同商量，在技术上发扬民主，集思广益，重大技术关键，都做到了深入现场，群策群力现场解决问题。

說

在冷轧辊的试制和生产过程中，我们还遵照毛主席的教导，毛主席：“你对那个问题不能解决么？那末你就去调查那个问题的现状和它的历史吧，你完完全全调查明白了，你对那个问题，就有解决的办法了。”遵照这一指示，组织有关人员，深入生产现场和工人同志一起对国内外生产的各类冷轧辊，进行了使用情况的调查和技术分析检验，增长了感性认识，掌握了第一手资料，同时也组织了一定人力，收集和编译了一些有关文献和技术资料，供工作参考。

在冷轧辊的试制和生产过程中，我们还遵照毛主席的教导，毛主席说：“…每战集中绝对优势兵力（二倍，三倍，四倍，有时甚至是五倍或六倍于敌之兵力），四面包围敌人，力求全歼，不使漏网。”遵照这一教导，部局，厂院，所，校都抽调一定力量，集中起来，统一组织协同作战，连续打了三个歼灭战。第一组织起来，收集资料调查研究，进行准备。第二集中力量攻克关键，试出成品。第三，巡回检查，交流经验，稳定工艺，提高质量。由于每个战役，目标明确，力量集中，战果也就较大。

毛主席又教导我们，“人类的历史，就是一个不断地从必然王国向自由王国发展的历史。这个历史永远不会完结。在有阶级存在的社会内，阶级斗争不会完结。在无阶级存在的社会内，新与旧、正确与错误之间的斗争永远不会完结。在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进……。”为此，在一机部第三局的组织下，将冷轧辊生产的现有资料加以正理，供有关人员参考。由于冷轧辊生产历史较短，许多轧辊还在使用中，不少数据还不完善，有些论点，尚待以后验证，错误之处希读者指正。

参加本资料正理及编写工作的有上海重机厂、太原重机厂、沈阳重机厂、第一重机厂等的有关人员。

1965年10月

目 录

前言

第一章: 概述.....	(1—5)
一、冷轧板材的发展概况.....	(1)
二、冷轧板带轧机的发展情况.....	(1)
三、工作辊和支承辊.....	(2)
四、冷轧辊生产情况.....	(3)
五、我国冷轧辊的制造情况.....	(4)
第二章: 冷轧辊的技术要求及生产工艺过程.....	(6—8)
一、冷轧辊的技术要求.....	(6)
二、冷轧辊的生产工艺过程.....	(7)
第三章: 碱性电炉冶炼冷轧辊钢.....	(9—17)
一、原材料的烘烤和干燥.....	(9)
二、碱性电炉冶炼冷轧辊钢的工艺特点.....	(9)
三、熔毕碳与配料.....	(10)
四、脱磷操作与脱氧反应相结合.....	(11)
五、钢液的沸腾与去气.....	(12)
六、氧化末扒渣时碳的控制.....	(14)
七、合金化.....	(15)
八、强电石渣的作用时间和脱氧程度.....	(16)
第四章: 碱性平炉冶炼 $9\text{Cr}_2\text{W}$ 钢.....	(18—25)
一、熔炼工艺要点及其分析.....	(18)
二、沈重厂熔炼 $9\text{Cr}_2\text{W}$ 钢的实践.....	(21)
第五章: 酸性平炉冶炼冷轧辊钢.....	(26—42)
一、炉体要求.....	(26)
二、炼钢用材料.....	(26)
三、液体半成品热兑.....	(27)
四、精炼.....	(27)
五、脱氧与合金化.....	(35)
六、化学成份控制.....	(38)
七、出钢.....	(40)
八、炉后加铝脱氧.....	(40)
第六章: 冷轧辊钢的鑄錠操作.....	(43—57)
一、钢錠模的准备.....	(43)
二、盛钢桶的准备.....	(48)
三、钢的浇注.....	(48)
四、钢錠热运.....	(56)
五、結論及其他.....	(56)

第七章: 冷軋軋的鍛压	(58—76)
一、冷軋軋用鋼的工艺塑性	(58)
二、鋼錠的加热	(61)
三、鍛压工艺过程	(65)
四、支承軋的鍛压	(70)
五、鍛粗次数和鍛压比	(74)
六、鍛件的余量和鋼錠的利用率	(75)
第八章: 冷軋工作軋的預备热处理	(77—89)
一、鍛后退火	(77)
二、調質	(81)
第九章: 冷軋工作軋的正体淬火	(90—109)
一、最終热处理的生产准备	(90)
二、最終热处理工艺的編制原則	(92)
三、最終热处理工艺	(100)
四、最終热处理操作	(105)
五、冷軋軋的缺陷和处理	(107)
第十章: 工頻淬火	(110—131)
一、工頻淬火机床	(110)
二、冷却系統	(112)
三、供电系統	(113)
四、感应器設計及制造	(114)
五、工頻感应加热工艺	(120)
六、沿导磁体宽度方向的磁場及溫度分布	(123)
七、冷却强度	(129)
第十一章: 冷軋支承軋的热处理	(132—139)
第十二章: 冷軋工作軋的机械加工	(140—158)
一、調質前的加工	(140)
二、淬火前的車削	(150)
三、軋軋淬火后的机械加工	(151)
第十三章: 冷軋支承軋的机械加工	(156—166)
一、正鍛支承軋的加工	(159)
二、組合支承軋的加工	(160)
第十四章: 冷軋軋生产的質量分析	(167—178)
一、大型支承軋产生白点及其原因分析	(167)
二、工作軋內部裂紋及其原因分析	(169)
三、支承軋套表面缺陷及其原因分析	(175)
第十五章: 冷軋軋的質量檢驗及使用調查	(179—184)
一、冷軋軋質量檢驗	(179)
二、国产首批軋軋的使用調查	(182)

第一章 概 述

冷轧辊是冷轧机上的一个重要零件，是轧制薄板的重要工具，它的质量好坏，对轧材质量及生产效率有着密切的关系，因此，许多国家对冷轧辊的制造技术非常重视。

冷轧辊除了轧制薄钢板（碳素钢，合金钢，硅钢片）以外，还轧制有色金属，如铝、铜合金，钼合金，钛合金，钽、锌、锡、铅、金、银、镁等，此外还有现代化的造纸工业也使用冷轧辊。

冷轧板材的质量比热轧板材质量高。近代由于汽车工业、航空工业、电机工业、工具与仪器生产、容器制作、自行车及生活用品等方面的迅速发展，各种冷轧薄板和带材的需要量与技术要求日益提高，因此，冷轧板材的比例也迅速增长。

1. 冷轧板材的发展概况

目前各主要资本主义国家中，薄板的生产在所有轧材中均占了很大的比重。美国薄板的比重占全部钢材的50%以上，它共有120多台冷轧机，总的生产能力为年产3700万吨。美国薄板生产，1929年热轧占总量的99.8%，冷轧仅占0.2%。到1949年，所有适用冷轧的薄板几乎均用冷轧生产。目前，苏联、西德、法国等国家的薄板生产，55%以上是冷轧的。实践证明，冷轧硅钢片代替热轧硅钢片制造电机和变压器，可以减轻自重30%以上，并能减少电能损耗。

日本的薄板生产，近年来也在迅速发展，1949年板材产量占钢材总量的52.2%，而薄板占板材总量的24.4%。1960年板材占总产量的56%，其中薄板占28.4%。1955—1960年间，冷轧薄板由5.2%增加到10.9%，而在同期内，热轧薄板却由10.7%降至1.9%。

2. 冷轧板带轧机的发展情况

冷轧板带轧机一般可分为下列几种：

(1) 单张钢板冷轧机：用热轧钢板作为原料，成单张冷轧或薄板迭轧；

(2) 单机架可逆式卷板冷轧机：机架多为四辊式，机架前后装有卷取机。近代的宽带钢冷轧机轧辊，辊身长度一般为1000—2000毫米，工作辊直径大致为400—500毫米，支承辊直径为1200—1400毫米，轧制成品的厚度为0.25—2毫米，最高轧制速度可达15米/秒。

(3) 连续式冷轧机：连续式冷轧机一般由三至六台冷轧机串列组成，轧制钢板的通常由三组机架或四组机架组成，轧制薄钢板的通常由五机架组成。

三机架冷轧机：三机架冷轧机的辊身长度都较大，最大的达2500毫米，用于轧制宽幅度的钢板，成品厚度最薄可达0.6毫米左右，如苏联的2500毫米轧机。现在冷轧方面发展的趋势是轧制更薄的薄板，因此三机架式冷轧机已不太适用，各国很少再装设三机架轧机，已有的部分三机架轧机有的已进行了改装，增添机架，改为四机架式的轧机。如英国的 Shotton 厂将1940年安装的1420毫米三机架式冷轧机改为四机架式轧机。美国 Bethlehem 钢厂，1955年将两台三机架1905、1370毫米冷轧机改为四机架式轧机。

四机架冷轧机：目前轧制薄板应用最广的是四机架冷轧机，其辊身长度在1000—2000毫米之间。战后辊身长度由1370增加到2030毫米，轧制的薄板厚度可达0.25毫米，宽度达1850

毫米。目前这种轧机所采用的最高轧制速度已达20米/秒。美国于二次世界大战前有13套四机架冷轧机，现有29套。世界各资本主义国家到1964年，共有47套（不包括正在安装的5套），轧制成品厚度为0.25—2.5毫米，每套生产力可达120万吨/年左右。

五机架冷轧机：大部分五机架冷轧机均用于生产厚度为0.11—0.38毫米的薄钢板（马口铁皮），轧辊长度已达1450毫米，并且还在继续增加，如意大利科尼雅罗公司把四机架1675轧机改为五机架式的。现代化的轧机轧辊直径也有所增加，如：

工作辊的直径从 $\phi 455$ — $\phi 475$ 增至 $\phi 533$ — $\phi 610$ 毫米；

支承辊的直径从 $\phi 1245$ — $\phi 1260$ 增至 $\phi 1346$ — $\phi 1422$ 毫米。

六机架冷轧机：1961年3月美国 Youngstown sheet & tube Co. 安装了一套1320毫米六机架连续式冷轧机，用于轧制厚0.089—0.6毫米，宽560—1170毫米的卷钢，每卷重量达28.2吨。现在美国 United States Steel 公司的一个厂以及日本的八幡钢铁公司和川崎钢厂都设置了新的六机架连续式冷轧机。

多辊轧机：上述由三至六组机架组成的连续式冷轧机以及可逆式单机架冷轧机，多为四辊式（两个工作辊，两个支承辊）的，可轧制的最小厚度约为0.09毫米左右。现代电子工业及无线电技术等工业迫切需要更薄的合金钢有色合金和其他材料的带材，厚度0.1—0.002毫米或更薄，因此就建立了6辊式、12辊式、20辊式，4—12辊复合式，4—20辊复合式和Y形多辊式等冷轧机。

20辊轧机之工作辊直径通常为6—90毫米，辊身长度为142—3100毫米，支承辊的直径为48—406毫米。工作辊用高速钢、高铬钢、碳化钨及其他材料制成。

美国一台20辊轧机(Granite city steel Co.)用于轧制薄钢板，工作辊直径89毫米，辊身长度1120毫米，中间支承辊直径138毫米，传动辊直径235毫米，最外面的支承辊直径406毫米。轧制速度17.8米/秒，轧制的薄钢板厚度为0.1毫米，毛坯原始厚度为0.38—0.51毫米，卷重18.2吨。

日本一台20辊轧机(ZR 32型)，用于轧制不锈钢、硅钢、铝、镍钢和磁性合金，成品厚度为0.0025毫米。工作辊直径6.35毫米，辊身长度257.2毫米，材料为碳化钨。

到目前为止，全世界已有180多台多辊式轧机投产，日本及美国几乎占了全世界的三分之二。

3. 工作辊和支承辊

冷轧辊分工作辊与支承辊。四辊式冷轧机工作辊直径一般为 $\phi 400$ — $\phi 700$ 毫米。多辊式冷轧机工作辊更小，最小的工作辊直径只几毫米。支承辊直径较大，四辊式冷轧机支承辊辊身直径为1200—1500毫米，为使支承辊更好地承受工作辊所传的力，使二者更好的接触和防止工作辊的损害，支承辊的表面硬度较工作辊低。

支承辊分整锻（铸）支承辊与组合支承辊两种。整锻（铸）支承辊是刚性好、强度高、稳定性大和使用性能可靠。如果整锻能力能满足生产需要宜采用整锻的。组合支承辊，系由一个锻（铸）成的辊轴和套在上面的辊套所组成，它的优点是节约合金元素，不需要特大的水压机，但装配工艺要求高，也多费加工台时，这种轧辊在资本主义各国用得较多，在苏联，两种支承辊经过比较后，逐步多用整锻的。

图1—1为冷轧机座中工作辊和支承辊常见的布置示意图，从图中可以看出，除三辊轧机

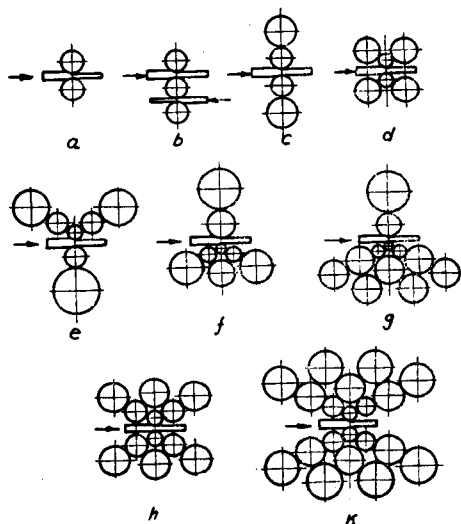


图 1-1 冷轧机轧辊布置示意图:

a—二辊式 b—三辊式 c—四辊式 d—六辊式
e—七辊(复合)式 f—八辊(复合)式 g—十二辊(复合)式
h—十二辊(复合)式 k—二十辊式

(图1-1,b)的三个辊子都是工作辊以外,其他类型的冷轧机均只有两个工作辊,从四辊轧机(图1-1,c)起,每种轧机除两个工作辊外,还有几个支承辊,在某些多辊轧机上,不仅有数个支承辊,而且有若干个中间辊(图1-1,e—k)。普通结构的冷轧机,轧辊的布置是对称的(对轧制线而言),而复合式轧机的轧辊在机架上下部分的布置也可以是非对称的。

4. 冷轧辊生产概况

冷轧工业中最初使用的轧辊为铸造轧辊,并至今为止,尚有部分轧机仍使用着铸造轧辊,如美国在1961年在 Youngstown Steel & Tube Co. 所装设的六机架连续式 1320 冷轧机,第一第二组机架的工作辊就是用合金铸铁制造的。轧辊直径为486—548毫米。支承辊也是铸造的。

从冷轧辊制造的历史来看,各主要资本主义国家均花费了数十年的时间,才逐渐摸索到制造现代高质量冷轧辊的技术的。欧洲国家最早创造高硬度的锻钢轧辊。美国在1926年将第一个整锻的小支承辊投入生产,同年由锻造辊套、辊轴装配组成的组合支承辊也投入使用。美国1930年制作了一个辊身直径1118毫米,辊身长3660毫米,总长6550毫米,重达32.8吨的大轧辊,用于轧制铝材。

采用锻钢轧辊代替铸造轧辊以后,轧辊寿命大大增加,轧机产量及轧材质量亦均有所提高。到1942年为止美国用 500 余个组合支承辊代替了整铸支承辊,(几乎是把这个国家全部的热轧机和冷轧机的整铸支承辊均换成了组合支承辊)结果使轧制吨位提高了两倍,收到了很大的经济效果。此外、英、日、法、德、苏、捷、奥等国家也都生产冷轧辊,这些国家制造冷轧辊的历史虽然一般都是较长的,但是其中有的国家生产的冷轧辊,质量上并未完全过关。

苏联乌拉尔重型机器厂和新克拉玛托尔斯克重型机器厂是1933和1934年先后投入生产的。1950年以前,新克拉玛托尔斯克重机厂采用铬锰镍钼钢铸造支承辊,其中50%的轧辊在使用时因折断而报废。1950年末改为锻钢制造支承辊,起初是制作小的。后来制造支承辊用的钢锭重量不断增大,1950年至1952年只能用52吨以下的钢锭作支承辊,1953年钢锭重量增至87吨,1955年以后已经可以用 103 吨的大钢锭制造冷轧辊了。不过,该厂虽然大小冷轧辊都能制造,而且曾经对冷轧辊的生产工艺作了一系列的努力,包括钢号与化学成分的选择,工艺研究等。但质量直到五十年代后期才较稳定,如1954年,仅由于内部裂纹而产生的废品就达12.8%,1955年为3.7%,1956年为1.55%,至1957年(采用工频淬火后)才基本上消除了因内部裂纹而使整锻支承辊报废的情况。

乌拉尔重机厂于1936年开始试制冷轧辊,并对生产工艺作了一系列的试验研究工作,但生产质量也和新克拉玛托尔斯克重机厂一样,直到五十年代后期才较稳定。

苏联的另一个冷轧辊制造厂——电钢城重型机器厂，采用9 Cr、9Cr₂等钢号制造冷轧工作辊及整锻支承辊，工作辊是用工频淬火的，该厂制造的 $\phi 370$ 毫米冷轧工作辊寿命很低，据1963年5月红十月特殊钢厂使用后的报告表明，电钢城重机厂的轧辊只能轧制板材359—957吨（磨削次数为7—24次）。而乌拉尔重机厂供给该厂的同样轧辊却能经受54—80次磨削，轧制量能达2690—3105吨。实践表明，电钢城重机厂的冷轧辊到1963年为止，质量尚未过关。用Y3Л-7型超声波探伤仪检查发现有内部裂纹，用PBП-456型中心孔潜望镜检查内孔有长达数毫米的纵向裂纹，并在交变负荷作用下，轧辊辊身变成椭圆形，表面开始剥落。由中心孔表面开始的疲劳裂纹逐步发展加深，最后导致冷轧辊完全报废。

苏联自1957年以来，冷轧辊开始采用工频淬火，在这以前，工作辊和支承辊都是采用整体淬火的。整体淬火是一种比较激烈的处理方式。巨大的淬火应力往往使内部有冶金缺陷的冷轧辊淬裂，因此而报废的较多。采用工频淬火后，一般的工件因淬裂而报废的情况消除了。工频淬火是一种经济合理的处理方法，但是，在目前苏联用工频淬火处理的冷轧辊，表面特别容易剥落，以新克拉玛托尔斯克重机厂的425轧机为例，该轧机全部使用工频淬火轧辊，只有10%的轧辊使用到了应有的寿命，因自然磨损而报废，其他因剥落而报废的冷轧辊超过80—85%。该厂740轧机使用的轧辊，大都是整体淬火的，有50—60%的轧辊可以使用到最终尺寸，因自然磨损而报废。1959年马格尼托哥尔斯克钢铁公司1680可逆式冷轧机、1200可逆式冷轧机以及查波罗什钢厂1680可逆式冷轧机所用的冷轧辊，全非因自然磨损而报废，其中因淬火层剥落而报废的约占50—60%。

乌拉尔重型机器厂，1961年制造了一批 $\phi 202 \times 470$ 毫米工作辊，采用工频淬火处理，使用结果寿命极低。根据该厂有关人员分析结果，是由于工频淬火的轧辊，中心孔附近有很大的拉应力（35公斤/毫米²）。与工频淬火的同时，采用中心孔水冷的办法试制了一批工作辊，结果质量很好，中心孔35公斤/毫米²的拉应力变成了10公斤/毫米²的压应力。轧辊使用寿命大大增长，不次于整体淬火的轧辊。

由于对冷轧辊的质量要求非常严格，故在冶炼，锻造，热处理和机械加工等方面的操作技术都较复杂。许多国家对此都采用了一系列的先进工艺，如美国的一部分轧辊，采用自耗电极真空冶炼以保证钢的纯洁度。除此之外，有些国家还安装了真空浇注装置以便改进钢锭质量，减少钢中气体（氮，氢，氧）并防止和减少白点产生的可能性。

在冷轧辊的热处理方面采用工频淬火，对消除或减少因淬裂而报废的情况，可以肯定，起了显著的效果。如果工艺制度正常，也能保证产品质量。

近几年来，铸造支承辊发展很快，日本大部份采用了铸造的。除了铸造，锻造轧辊外，又出现了用焊接方法堆焊的支承辊。

5. 我国冷轧辊的制造情况

解放前，我国钢铁工业基础非常薄弱，根本谈不上有什么象样的轧钢工业，更没有冷轧板材。解放后在短短的十余年里迅速的建設了鞍山、武汉、包头、重庆，太原等钢铁基地，并有很多地方生产冷轧板材，如鞍钢冷轧厂設有年产20万吨的1700四辊可逆式冷轧机，用于轧制厚度0.35—2.5毫米，宽700—1500毫米的薄板，鞍钢尚有一台1200四辊式冷轧机，用于轧制合金钢板。撫順钢厂有一台1400四辊可逆式冷轧机，轧制薄钢板，此外还有许多工厂可以生产各种规格的黑色及有色金属薄板、带材及箔等。

冷轧机用的轧辊，开始投入生产时，依靠进口解决。其中大部由苏联进口。不仅花费了大量的外汇，而且从订货到交货的周期也很长，有些轧辊质量还很不好。

1960年以来，赫鲁晓夫修正主义集团，背信弃义，停止供应我国冷轧辊，妄图窒息我国冷轧板材的生产。但我们坚决地贯彻了自力更生，奋发图强的方针，从1962年起，先后在上海重型机器厂，太原重型机器厂，第一重型机器厂，沈阳重型机器厂等进行了试制和生产。成功的生产了各种规格的冷轧工作辊和支承辊。经过技术检验及实际使用，轧辊质量较好。目前我国自己生产的冷轧辊在数量和品种上均已基本满足了生产要求。使冷轧辊的供应完全立足于国内。

在鞍钢，为了满足生产的急需，曾用高镍合金铸铁制造了冷轧工作辊，硬度达到了肖氏硬度(Hs)85左右，一对轧辊最高可以轧制碳素钢板8000多吨，平均可以轧制2000—3000吨。当然，这种轧辊也有它的某些缺点，如硬度偏低，只能轧制1毫米以上的普通碳钢板，易生麻点，加工时铁屑易粘砂轮，影响轧辊表面光洁度等。但这种轧辊成本低，每吨只需2000元左右，制造周期短。鞍钢还曾生产一对球墨铸铁支承辊，硬度为Hs 40以上。目前，铸造轧辊在国内已有好些工厂能够制造了。

此外，第一重机厂经过一年多的摸索，已经初步试制成功了堆焊支承辊，并已试用，这是我国在冷轧辊制造方面的又一重大成就。该支承辊的尺寸为 $\phi 1050 \times 1400$ 毫米，基体材料是34CrMo，堆焊材料为30CrW₄MnV。堆焊和热处理后辊身硬度为Hs 72—75。辊颈基体调质后硬度为Hs 41—42，经济效果很好，成本较锻钢轧辊低很多，但因试用效果尚未得出最后结论，目前尚未正式生产。

冷轧辊钢的冶炼，有用碱性电炉的，有用酸性平炉的，也有用碱性平炉的。冷轧工作辊的最终热处理，有采用整体淬火的，有采用工频淬火的。本书介绍的仅限于锻钢轧辊。

参 考 文 献

- [1] 一机部重型所：美国轧钢生产与轧钢机制造业，1963.3.
- [2] 一机部重型所：日本轧钢生产及轧钢机制造业，1963.3.
- [3] 一机部重型所：苏联轧钢生产与轧钢机制造业概况。1963.3.
- [4] J. R. Adams: Forged steel rolls, Steel metal industries, 1938 December.
- [5] G. A. Succop: Backing up rolls, Iron and steel Engineer, 1942. September.
- [6] F. W. Jones: Hardened steel rolls, Steel and coal, 1962, August.
- [7] A. A. Bradd: Material and Design Defects in Forged steel rolls, Iron and steel Engineer, 1961 № 1.
- [8] W. H. Corlett: Iron & steel 1960 vol. 33 № 6.
- [9] 金子美明：轧辊制造技术的进步及其发展趋势日本金属学会会报，1962.6.
- [10] A. B. Третьяков: Стойкость валков станов холодной прокатки, металлург, 1961 № 12.
- [11] B. A. Липухин: Листопркатное производство в капиталистических странах, 1964.
- [12] Н. Н. Крейндин: Производство листов и лент из легких сплавов., 1957.

第二章 冷轧辊的技术要求 及生产工艺过程

1. 冷轧辊的技术要求

冷轧辊的工作条件很繁重，要承受很大的动负荷和静负荷，轧辊表面与被轧金属之间存在巨大的表面摩擦力，使表面激烈磨损。因此，冷轧辊应具有很高的强度、韧性和耐磨性，如达不到要求，则辊身表面经常遭到破坏，需要换辊重磨，严重影响生产或使轧制出来的产品质量达不到技术要求。

冷轧辊的寿命取决于很多因素，但主要是轧辊的表面硬度和有效淬硬层深度，因而可以认为，高的表面硬度和淬硬层深度是冷轧辊质量的主要指标。

工作辊辊身表面硬度一般为肖氏(Hs)硬度 90—102，支承辊为 Hs 45—85，也有的大型支承辊 Hs≥45 的。辊颈硬度包括工作辊与支承辊通常均为 Hs 30—55 左右。根据 ГОСТ 3541-57，整锻冷轧辊，按辊身淬火表面层硬度分为四级

A级（工作辊）……肖氏硬度95—102；

B级（工作辊）……肖氏硬度90—94；

B级（支承辊）……肖氏硬度70—85；

Г级（支承辊）……肖氏硬度45—69。

工作辊有效淬硬层深度：一般规定辊身直径在 250 毫米以下的，不小于 5 毫米；辊身直径在 250—500 毫米以内的，不小于辊身半径的 4 %；辊身直径在 500 毫米以上的，不小于辊身半径的 3 %。不过上述淬硬层深度指标，一般只作为冷轧辊生产单位的技术标准，而不作为交货条件的技术指标。

鉴于冷轧辊的表面硬度要求很高，所以需经过极为激烈的淬火，整体淬火时容易开裂，故对用于冷轧辊用的钢，首先必须对钢的冶炼和浇注保证得到高的纯洁度和最小的偏析。为了检查熔炼质量，每炉钢中挑出部分钢锭（也有全部的）进行低倍检查与金相检查。

冷轧辊用钢的化学成分

表2—1

钢 号	化 学 成 分									
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo	Ni	W	V
9 Cr	0.85—0.95	0.20—0.35	0.25—0.45	≤0.030	≤0.030	1.40—1.70	—	≤0.30	—	—
9 Cr ₂	0.85—0.95	0.20—0.35	0.25—0.45	≤0.030	≤0.030	1.70—2.10	—	≤0.30	—	—
9 CrSi	0.85—0.95	0.30—0.60	1.20—1.60	≤0.030	≤0.030	0.95—1.25	—	—	—	—
9 CrV	0.85—0.95	0.20—0.45	0.20—0.40	≤0.030	≤0.030	1.40—1.70	—	≤0.30	—	0.10—0.25
9 Cr ₂ Mo	0.85—0.95	0.20—0.35	0.25—0.45	≤0.030	≤0.030	1.70—2.10	0.20—0.40	≤0.30	—	—
9 Cr ₂ W	0.85—0.95	0.20—0.35	0.25—0.45	≤0.030	≤0.030	1.70—2.10	—	≤0.30	0.30—0.60	—
9 Cr ₂ MoV	0.85—0.95	0.20—0.35	0.25—0.45	≤0.030	≤0.030	1.70—2.10	0.20—0.40	≤0.30	—	0.10—0.20
GCr 15	0.95—1.05	0.20—0.40	0.15—0.35	≤0.020	≤0.020	1.30—1.65	—	—	—	—
55Cr	0.50—0.60	0.35—0.65	0.17—0.37	≤0.040	≤0.040	1.00—1.30	—	≤0.30	—	—

註：55 Cr 为组合支承辊的辊轴用钢

为了使鍛鋼軋輥获得高硬度和高强度，軋輥材質均选用高碳合金鋼。目前国内采用的鋼号有9 Cr, 9 Cr₂, 9 Cr₂Mo, 9 Cr₂W, 9 Cr₂MoV, 9 CrV 和 GCr 15等。其化学成分見表 2—1。

当軋身直径大于500毫米时，通常采用9 Cr₂W, 9 Cr₂Mo 及 9 Cr₂MoV 等。

当軋身直径介于300—500毫米时，鋼号采用9 Cr₂, 9 Cr₂Mo 或 9 Cr₂W 等。

当軋身直径等于或大于400毫米并用于高速度軋制时，鋼号常用 9 Cr₂MoV 或 9 Cr₂W。

軋身直径小于300毫米的，鋼号多用9 Cr 或 9 Cr₂等。

冷軋軋除表面硬度及淬硬层深度外，軋輥軋身硬度的均匀性也很重要，当軋輥軋身表面硬度波动較大时，会影响軋材質量并在使用中容易引起勒輥与格輥現象，使用时要增加換輥次数。軋輥軋身边緣的硬度，在規定的长度范围内，允許低于規定值，如表 2—2 所列。

軋輥边缘允許低于要求硬度的尺寸范围

表2—2

軋 身 长 度	边 緣 长 度
600毫米以下	25 毫 米
601—1000毫米	35 毫 米
1001—2000毫米	45 毫 米
2000毫米以上	55 毫 米

軋輥軋身及軋頸的切削加工应保証表面光洁度不低于 7 級，中心孔和腹孔的表面光洁度不得低于 4 級。加工后軋輥外表面、中心孔及腹孔表面均不应有肉眼能見的缺陷，如裂紋，重皮，气孔，砂眼，折痕、凹陷及深的刀痕等，外表面还不能有非金属夹杂物。

如所周知，冷軋軋应具有較大的工作稳定性，即不易产生脫皮、裂紋等。当軋輥表面存在气孔，砂眼、裂紋等缺陷时，不仅会使軋制的产品产生缺陷，并且会成为冷軋軋直接产生剝落的起点。同样，軋輥内部亦不应有缺陷。例如在軋輥内部有显著的偏析、内部龟裂、白点等缺陷时就会成为破坏的起点，是造成軋輥断裂的原因，在淬火时还不能因此引起炸裂。另外，巨大的內应力也是使軋輥破坏的原因。

为了保証軋輥的内部質量，除炼鋼与鑄錠要特別慎重操作外，鍛造与热处理的工艺操作同样特別重要，有的国家标准規定冷軋軋鍛件的鍛造比应不小于 3，其目的是促使鋼錠中固有缺陷尽量在鍛造中得到改善，如焊合内部裂紋，消除疏松，細化鋼錠内部偏析，使鍛件内部得以致密。热处理时，既要保証得到高的硬度要求，又要避免出现裂紋，防止淬火时冷却过快。

2. 冷軋軋的生产工艺过程

冷軋軋生产的工序較多，在热加工方面包括：炼鋼，鑄錠，鍛造以及鍛件和軋輥的热处理，其中包括退火、正火、調質、淬火及低溫回火。冷加工方面包括：車、鉗、銑、磨等工序。

图2—1为一重厂 $\phi 500 \times 1700$ 毫米冷軋工作軋的生产过程图。

国内四个重机厂各种軋輥的生产工艺过程，基本上与一重厂是一致的，仅在某些細節方面，根据軋輥尺寸、結構特点、用途以及各厂所采用的生产工艺的特点，各个阶段的生产工

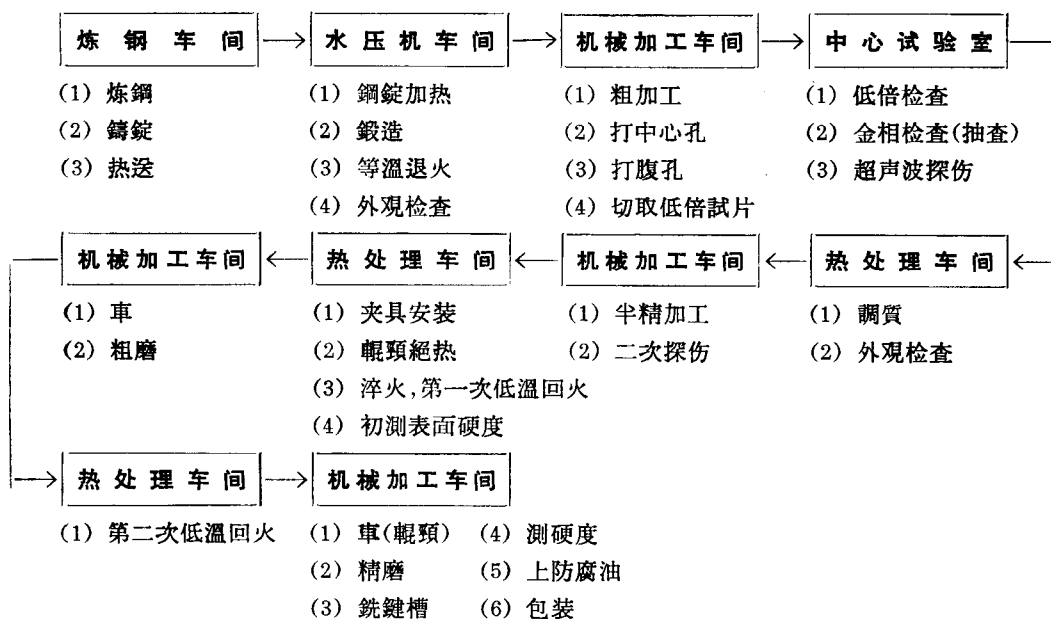


图2—1 $\phi 500 \times 1700$ 毫米冷轧工作辊(整体淬火)生产过程图

序数目有所不同。

整锻支承辊的制造工艺过程与工作辊的制造工艺过程,基本上大同小异。组合支承辊的制造,因辊套与辊轴需经过加热装配工序,与整体锻造的支承辊相比,技术上更复杂些,工序也要多些。

参 考 文 献

- [1] A. C. 彼得罗夫, A. N. 卡尔曼诺夫著: 刘家驊等译, 冷轧辊生产, 1963。
- [2] 苏联国家标准 ГОСТ 3541—57。
- [3] 第一重机厂技术室: 冷轧辊制造工艺介绍, 1962。
- [4] 项程云: 高硬冷轧辊之热处理, 1958。
- [5] 日本金属学会会报 益子美明: 轧辊制造技术的进步及其发展趋势, 1962.6。
- [6] 第一重机厂: 苏联、捷克几个工厂冷轧辊锻造资料摘译, 1963.7。

第三章 碱性电炉冶炼冷轧辊钢

利用碱性电炉冶炼冷轧辊钢，在我国近几年来已取得了一定的成绩。目前国内采用碱性电炉生产冷轧辊钢的，有太原重机厂，上海汽轮机厂及第一重机厂等。太重厂采用电炉生产的冷轧辊钢，熔炼检验结果都很正常。根据78根钢锭的锻件毛坯检验结果。由于钢的质量不良锻造时产生裂纹而报废的占2.6%，由于超声波探伤有内部缺陷但仍可使用的为7.6%。上海汽轮机厂用电炉生产的冷轧辊钢，根据36根钢锭的锻件毛坯检验结果，由于内部有缺陷淬火时开裂的1根，用超声波探伤发现内部有缺陷的2根（另有4根虽有内部缺陷，但钻孔后即全部消除了）。

各厂的生产实践证明，电炉冶炼冷轧辊钢与其他类型炉子一样，需注意炉料的清洁、干燥、和挑选。炉体一定正常，需注意高温加矿，活跃沸腾。

1. 原材料的烘烤和干燥

原材料，尤其是石灰和萤石等造渣材料，对电炉炼钢的质量影响较大，因此要求这些材料含水份最低。由于在全部扒除炉渣进入还原期，接着就在裸钢面上完全重新造渣。并在以后不断加入石灰和萤石造还原渣，这样，给钢液带入的氢气就不易沸腾去掉，因而它的危害也就特别明显。

上海汽轮机厂曾经采用含水量高达9%的石灰冶炼，结果造成钢锭发生大量气孔的情况。太重厂亦曾有采用高达8.6%的受潮石灰作垫炉底用，而发生高锰钢铸件产生大量气孔以致报废的教训。故在冶炼冷轧辊钢时，各厂所使用的石灰应是新烧的新鲜石灰。非新烧的石灰必须在冶炼前进行烘烤，石灰中的水份量不宜超过0.5%，粉状石灰应禁止使用。同样，铁矿石和萤石也必须进行干燥，含水量不超过0.10%。

上海汽轮机厂冶炼冷轧辊钢时，各炉有关辅助材料的实际水份如下：

石灰含水量0.29~0.45；萤石含水量0.07~0.15%；

铁矿石含水量0.07~0.15%。

为了减少原材料中的水份，所有铁合金，铁矿石必须在800℃的高温炉内进行烘烤4小时以上。萤石，碳粉，硅铁粉应在200℃、氧化铁皮应在500℃的烘烤炉内保持4小时以上。

2. 碱性电炉冶炼冷轧辊钢的工艺特点

冷轧辊钢的冶炼应在炉体良好的情况下进行。各工厂的工艺规程均规定冷修（中修或小修炉体）后前三炉，大补炉后第一炉，新修的出钢槽第一炉，以及在炉体严重损坏等情况下都不能冶炼冷轧辊钢以免修炉材料所含水份和有机化合物在高温下分解成氢，而直接溶于钢水，或者通过炉渣间接溶于钢中造成含氢量过高。如所周知，熔化后含氢量高的钢水如于氧化期未得到良好地沸腾去气，锻后等温退火时氢气又未得到足够的扩散，则可能导致白点及内在裂纹。另外，新修好的炉衬表面尚未很好烧结，因而也容易被浸蚀和冲刷而染污钢水。在冶炼过程中产生炉底翻起、炉坡侵蚀严重或炉顶塌入钢水等情况时，都会增加钢中的非金属夹杂物。

根据太重厂4炉钢的实际生产经验证明：在炉体正常的情况下，钢中的含MgO夹杂物

为0.0004~0.0009%，（占鋼中非金属夹杂物的1.8~4.6%）。而当炉底翻起的情况下，則鋼中 MgO 急增至0.0039%（占非金属夹杂物的16.2%）。表 3—1 为非金属夹杂物中 MgO 含量与炉体的关系。

非金属夹杂物中的 MgO 含量与炉体的关系

表3—1

熔 炼 炉 次	鋼 号	夹 杂 物 总 量 (%)	夹杂物中MgO含量 (%)	鋼 中 MgO 含 量 %	炉 体 状 况
D—1051	9 Cr ₂ Mo	0.0160	4.4	0.0007	正 常
D—1052	9 Cr ₂ Mo	0.0150	2.7	0.0004	正 常
D—1102	9 Cr ₂ Mo	0.0242	16.2	0.0039	炉底鎂砂翻起
D—1653	9 Cr ₂ Mo	0.0220	7.7	0.0017	氧化末炉底翻起

装入炉料应由清洁少锈废鋼和含硫、磷較低的生鉄組成，生鉄配入量不大于炉料总量的10~15%，配碳量应保証化清后氧化期去碳0.40%以上，不足的碳由电极块补足。

装炉前炉底应装入占炉料总量的1~2%的石灰和适量的氧化鉄皮或碎矿石，以利提前造渣，早期去磷，同时亦保护炉底不产生回坑。

当炉料熔毕后，鋼中含碳量如不能保証氧化期去碳0.40%以上时，应先增碳，而后加矿氧化。

冶炼 9Cr₂Mo 鋼时，熔化末期按下限計算加入鉬鉄。炉料化清后、測溫22秒結膜不沾勺。或測量鋼水溫度在1450℃（未校正之光学高溫計以下同）以上方可开始加矿氧化，矿石应分批、定量、按时加入。氧化期应大量扒渣或讓炉子自动流渣，并造新渣以利去磷。同时应作到高溫薄渣，活跃沸騰。如发现鎂砂浮起应立刻扒除，重造新渣。但若系氧化末期或还原期炉底鎂砂浮起及产生其他不正常情况时。須修改鋼号，不适宜繼續冶炼冷軋輥鋼。

整个氧化期的总脫碳量不小于0.40%，其中矿石沸騰期脫碳量不小于0.30%，矿石沸騰期脫碳速度为0.5~0.7%/小时（脫碳速度系以加矿前一个試样到清結沸騰前一个試样的区間計算）清結沸騰15~20分鐘。炼 9Cr₂W 鋼时，可于清結沸騰末或还原初期加入鉬鉄。当碳含量低于規格下限（但最多不低于下限0.15%），含P≤0.01%，鋼液溫度高于出鋼溫度，即測溫25秒結膜不沾勺，或1480℃以上即可扒渣还原。

清結沸騰5分鐘后可以加入錳鉄，調整含錳量至0.20%，其余錳鉄于还原初期加入。

还原期先加石灰螢石、火砖块造稀薄渣，其量为鋼水重的2—3%，其配比：石灰：螢石：火砖为4:1:1；待稀薄渣形成后，按鋼中含鉻量的下限計算加入鉻鉄，同时加入碳粉渣料造电石渣，碳粉加入量为每吨鋼3—5公斤。（或直接加入电石碎块造电石渣，电石加入量为每吨鋼4~6公斤）。在电石渣下保持20分鐘，其后加2~4批硅鉄粉繼續还原，硅鉄粉用量为每吨鋼5~7公斤，在白渣下两次取样作全分析，根据分析結果，調整鋼的化学成分。

出鋼前，渣子必須呈白色，且流动性良好，渣中 FeO 应≤0.5%。待含硅量分析报出，FeO 合格，于出鋼前10~15分鐘补加硅鉄。測溫 22—27 秒結膜不沾勺或 1460℃~1480℃，脫氧試样平靜下縮，化学成分合格即可出鋼。出鋼前2—3分鐘，炉內插鉛每噸鋼0.3公斤，进行最后脫氧。出鋼前吹淨炉頂和出鋼槽。

3. 熔毕炭与配料

配碳工作是氧化期能否按工艺順利进行的先决条件。按生产实际数据統計，結合所用鉻

铁的增碳量，冷轧钢炉料配碳应控制在1.1~1.3%的范围内较适宜。太重厂最初曾采用大块废电极配碳，由于电极块过大，熔化期未能为钢液所全部吸收，因而造成熔毕后碳量偏低现象。有的炉次则又由于电极块加入量过大，没熔化之电极块没有及时扒除，造成熔毕碳偏高，这样，使熔毕碳波动在0.83~1.48%的较大范围内，当熔毕碳在1.1%以下时，则必须进行扒渣裸钢面增碳操作，使氧化期时间延长；而熔毕碳高于1.3%时，则造成脱碳量过大。增加矿石批量，延长沸腾时间，容易造成炉衬恶化。实践证明，炉料中采用低硫、磷生铁配碳，对熔毕碳容易控制，生铁用量一般为10~15%。

4. 脱磷操作与碳氧反应相结合

磷在钢锭中最易产生偏析，并形成有害的磷化铁元素，影响钢的质量。操作中必须注意磷的含量。

一般脱磷操作均应在熔化期或全熔后温度较低的阶段进行。

按太重厂39炉冷轧钢的生产统计，熔毕磷含量在0.022%以下的炉次有24炉，占62%左右。含磷量最高的为0.047%，因之就没有必要在熔化完毕后全部扒渣，重造新渣，进行较长时间的脱磷操作。而只须利用等待熔池达到加矿温度的空隙时间，加入炉内适量石灰和氧化铁皮组成的一定氧化铁和碱度的炉渣。从太重厂39炉冷轧钢的实际证明，此时的FeO在4~9.5%之间，碱度在1.5~2.8之间，在这一阶段，钢中含磷量一般都能降到0.016%左右。

充分利用矿石沸腾初期同时进行脱磷操作。矿石沸腾阶段采用自动流渣和不断加入石灰、萤石多次造渣的方法，不断地提高炉渣碱度与FeO含量，不断地打破(P)与(P₂O₅)的平衡，对脱磷效果甚为显著。一般在清洁沸腾期前，钢中的含磷量都降至0.010%以下，个别可达到0.006%。

按18个炉次氧化期平均含磷量的变化，得出图3—1的曲线图。

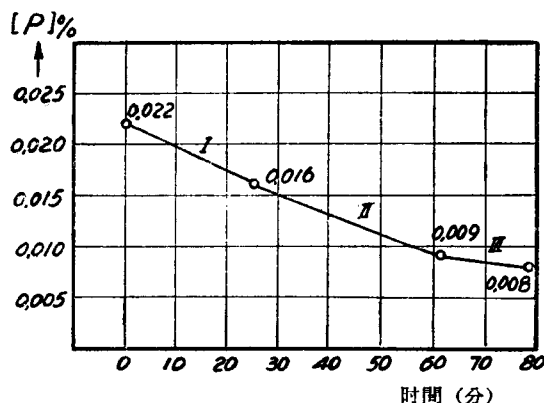


图3—1 氧化期各阶段的脱磷

从图中的各段折线的斜率可以看出：第一阶段与第二阶段的斜率相差无几。接近成一直线，而第三阶段的清洁沸腾期的脱磷速度则甚为缓慢，含磷量基本变化不大。

在从全熔到加矿前的第I阶段去磷主要依靠除磷反应常数降低的热力学条件，因此时温度较低，且有一定碱度故去磷较有利。

从加矿到清洁沸腾前的第II阶段去磷则主要依靠动力学条件。伴随着碳氧反应生成的CO气体的逸出而形成的沸腾，搅拌了金属和炉渣，因而加快了磷的氧化反应的进行。

在清洁沸腾的第III阶段，此时钢液温度已较高，渣中FeO含量减少，而沸腾搅动又渐趋平静，因之脱磷反应处于极不利的地位。

在炼钢实践中，就该抓住前两期的各自特点，大量脱磷。太重厂39炉冶炼中虽然在清洁沸腾前渣的碱度 $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}=1.8\sim3.0$ ，FeO=10~14.6%，钢中含磷量仅存0.006~0.009%，