

铸 造 轧 辊

生产理论与工艺基础

A. E. 克利渥谢耶夫著

王杰 应生 合译

中国工业出版社

鑄 造 軋 輥

生产理論与工艺基础

A.E. 克利渥謝耶夫 著

王杰 应生 合譯

中国工業出版社

原 序

由于軋鋼机的生产率、軋材質量以及軋材与軋輥金屬的消耗在很大程度上取决于軋輥的寿命，鑄造軋輥在压延生产的增長中，应当起着很大的作用。

俄罗斯的科学和技术革新家，切列帕諾夫兄弟、修捷夫、古里耶夫、格魯姆-格爾日迈洛等人，在改进制造鑄造軋輥的工艺操作中作出了很大的貢獻。

苏維埃的鑄造工作者和金屬学家在近几十年的期間內，对提高鑄造軋輥質量的問題給予了很大的注意。

在軋輥的鑄造生产領域中，苏維埃的理論与实践达到了很大的成就。軋輥的鑄造技术实现了根本的改进，因此軋輥的質量改善了，大量的原材料和燃料节约了，劳动生产率提高了。掌握高寿命軋輥的制造，能保証提高軋鋼机的生产率20~30%；改善軋材的質量，使有可能节约大量的軋材与軋輥金屬。

与此同时，苏联軋輥鑄造的理論与生产工艺的成就仍然推行得不够广泛，不能远及各地。

本書實質上是由四个主要部分組成的：在第一与第二部分中，討論鑄鋼与鑄鐵軋輥的組織和化学成分对其性質的影响；在第三部分中，討論軋輥的机械性質和使用条件对其耐用性的影响；在第四部分中，討論軋輥生产的理論与工艺基础以及鑑定軋輥質量的方法。本書以作者和作者所帶領的全体科学工作人員与生产-軋輥鑄造人員的實驗与理論研究为基础，其目的是要首先統一并綜合軋輥鑄造生产的理論与實驗研究，从而有助于改进制造軋輥的工艺操作。

作者对德涅泊彼得罗夫斯克鑄鐵軋輥鑄造工厂(ДЧВЗ)和魯圖金諾鑄鐵工厂(ЛЧЗ)的全体員工；德涅泊彼得罗夫斯克冶金学院劳动紅旗勳章鑄造生产和金相学教研室(ДМетИ)的工作人員；馬格尼托哥尔斯克鋼鉄公司的軋鋼与軋輥加工車間；馬凱耶夫斯克的基洛夫工厂；德涅泊捷尔任斯克的捷尔任斯基工厂；德涅泊彼得罗夫斯克的彼得罗夫斯基工厂；尼柯波耳斯克的尤日洛-鋼管工厂；新莫斯科馬口鉄板压延工厂；德涅泊彼得罗夫斯克的柯明捷耳工厂；斯大林工厂；新塔吉耳斯克冶金工厂等工厂的工作人員致以深切的感謝，感謝他們在作者編著本書時給予的巨大的幫助。

书中根据现代理论和各先进工厂的经验总结了生产铸铁轧辊和铸钢轧辊方面的科学研究和实际生产中的成果。

对每种形式的铸件（铸铁的和铸钢的）都研究了它们的结构形成和物理、化学、机械性能方面的问题。特别着重研究了铸件质量、轧辊的使用性能及寿命。

书中还阐述了生铁和钢的冶炼问题以及铸型制造、液体金属准备和铸型浇注等的工艺过程。

对轧辊中产生各种缺陷的原因及防止产生缺陷的方法亦进行了研究。

本书第一篇由应生译出，第二篇由王杰译出。

本书适用于冶金工业和机械制造业工程技术人员及科学研究人员，亦可供高等学校师生参考。

А. Е. Кривошеев

ЛИТЫЕ ВАЛКИ

(ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА)

Металлургиядет (Москва 1957)

鑄造 軋 輥

生产理论与工艺基础

王杰 应生 合译

冶金工业部工业教育司編輯（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 20 · 字数 465,000

1962年6月北京第一版·1962年6月北京第一次印刷

印数 0001—2,350 · 定价 (10-7) 2.75 元

統一书号: 15165 · 1560(冶金-258)

目 录

序.....	3
引言.....	7
第一篇 鑄造軋輥材質的性能及其使用	
第一章 軋輥的組織.....	13
鋼軋輥的組織.....	13
具有亞共析組織的鋼軋輥.....	13
具有共析組織的鋼軋輥.....	15
具有過共析組織的鋼軋輥.....	18
鑄鐵軋輥的組織.....	21
冷硬軋輥的組織.....	22
珠光體-碳化物-石墨(ПКГ)與珠光體-石墨(ПГ)軋輥的組織.....	37
結論.....	62
第二章 軋輥的化學成分.....	66
鋼軋輥的化學成分.....	66
鑄鐵軋輥的化學成分.....	69
結論.....	98
第三章 軋輥材質的機械性能.....	101
鋼軋輥的機械性能.....	101
鑄鐵軋輥的機械性能.....	106
具有片狀石墨包含物的軋輥鑄鐵.....	118
具有球狀石墨包含物的軋輥鑄鐵.....	120
軋輥鑄鐵在高溫時的機械性質.....	125
結論.....	126
第四章 軋輥的使用性能及耐用性.....	128
軋輥使用條件的意義.....	128
型鋼軋輥、軋管軋輥與鋼軌軋輥.....	129
板鋼軋輥.....	129
軋輥的使用性能.....	130
軋輥工作層.....	130
硬度沿軋輥切面的變化.....	131
軋輥的磨損.....	134
軋輥在工作中的耐用性.....	141
小型軋輥.....	141

中型軋輥	142
軋管軋輥	145
大型与軌梁軋輥	145
板鋼軋輥	148
結論	152

第二篇 鑄造軋輥的生产

第五章 鑄型	154
砂型	157
帶外冷鉄的鑄型	160
冷型	178
結論	201
第六章 金屬的制备	202
鉄水的物理性能	203
熔体物理性能的确定	209
熔煉时改善軋輥鑄鉄的質量	216
用加制法改善軋輥鑄鉄	228
結論	239
第七章 鑄型的澆注和軋輥的冷却	241
軋輥鑄型的澆注	241
澆注系統与金屬在鑄型中的旋轉	244
軋輥凝固与冒口的作用	251
鑄型澆注的特殊方法	260
冲洗法	260
半冲洗法	261
結論	269
第八章 軋輥缺陷的預防	271
鑄造軋輥的缺陷	271
气孔产生的原因及其消除的方法	272
縮孔及其防止的措施	285
裂縫形成的原因及其消除的方法	291
軋輥的組織及硬度不合格	302
鑄造軋輥的尺寸不合格、粘砂和夾杂	305
結論	309
第九章 鑄造軋輥生产發展前途的某些問題	311
参考文献	316

引 言

在国民经济的许多部门中鑄造軋輥的作用是非常巨大的。在冶金、造纸、橡胶、面粉及其他工业部门中产品的质量与生产率，都取决于軋輥的使用性能。

早在全世界冶金工业的发展初期，俄罗斯的工程师和技师就掌握了制造各种各样的鑄鉄軋輥的技术。他们在当时首先发明生产軋身光滑和鑄槽的硬面軋輥的先进方法[1, 2, 3, 4]。在十九世纪初，这些生产鑄鉄軋輥的方法在沃龙涅什（1812年）、叶卡捷林布尔格斯克、卡明斯克（1880年）、薩勒金斯克及其他工厂里获得了广泛的运用。

俄罗斯的鑄工远远地超过了外国技师，从而在軋輥鑄造生产中牢固地巩固了优先地位。应当说明，德国只是在1822~1832年才开始掌握硬面軋輥的鑄造。在这十年中那兒总共鑄造了35根軋輥，其中只有5根是合格的[5]。

在生产鑄鉄軋輥的领域中获得成就的同时，制造鑄鋼軋輥的方法也在我国得到顺利的发展。著名的俄罗斯冶金学家格魯姆-格爾日邁洛在这个领域中达到了巨大的成功，他于十九世纪末期与廿世纪初叶在广泛的工业范围内建立了含0.9~1.8%C的过共析鑄鋼軋輥与含2.0~2.8%C的半硬(260~340H_B)面低碳鑄鉄軋輥的生产。

外国的技术工作者攫取了切列帕諾夫、古里耶夫、修节夫及其他等人的先进工艺观念与俄罗斯鑄造技师革新家的成功的生产经验，但是，由于他们不了解这些观念的实质，将其作了曲解，并应用在很多工艺上有错误的专利中[6]。

可惜，在沙俄时代的俄国，在外国资本压倒一切势力的条件下，我国同胞的卓越的、创造性的观念与富有成果的实践活动没有得到支持，而被置之脑后。所以，在伟大的十月社会主义革命以前的那些年代中，沙皇时代的俄国的軋輥鑄造生产处于落后状态。产品的品种仅限于用軟鑄鉄制造的具有冷硬的光面軋輥与亞共析鋼軋輥，而制造軋輥的工艺操作则是不完善的。下述几点是属于当时工艺上的缺点。

1. 生产率低与造型工作质量低劣（模型-砂箱装置有很大的缺点、加工裕量及公差的金屬消耗很大，这些都是产品成本费高的原因）。
2. 必须采用极为缺乏的木炭生鉄作为主要的爐料。
3. 化鉄的反射爐在每次熔煉之后必须完全冷却（因此極大的降低了爐子的生产率，并提高了化鉄的重油消耗，达到爐料重量的100~130%）。
4. 很高的鑄鉄軋輥廢品（气孔、夾渣、裂縫、不均匀的白口、縮松、不合格的尺寸），达到了30~40%。

当然，如此的軋輥鑄造生产水平决不能够满足伟大的十月社会主义革命之后国家需要的增长。

在第一个五年计划期间，苏維埃的軋輥鑄造者，利用俄国技师、工程师与技术員的

成就，制定了先进的軋輥鑄造工艺，并在理論上加以論証。

第六个五年計劃規定了軋材將获得極大的增長（靠更好的組織工艺过程与更好的發揮生产能力）。

冶金設備的生产，其中包括压延設備的生产是应当加以提高的。

为此目的，一批新的工厂已經建成并投入生产，并且原有的压延設備工厂，其中包括軋輥鑄造工厂，經過改建，日趋完善。

除此以外，还必须靠改造和采用新的設備、在生产上各方面机械化和自动化以及工艺过程根本的改善，来保証現有企業生产能力的提高。

在提高軋材产量和改善軋材質量方面，起头等作用的乃是提高軋輥質量与增加軋輥耐用性的問題。

正确的掌握軋輥的使用条件，确定軋輥最适宜的使用性能，适当的扩大品种，創立合理的生产工艺及發展調整軋輥質量方法的水平等等具有重大的意义[7]。

苏联軋輥鑄造生产最重要的成就，在于創立了激冷性的理論和制定了精煉軋輥液体金屬的熔渣规范与热工制度，用普通焦炭生鉄代替極为缺乏的木炭生鉄，即是根据这种成就而获得成功的；在于制定了全面研究各种軋輥金屬的組織及机械性質的方法，以便于最令人滿意地选择軋輥的使用性質，使适合于具体使用条件；在于广泛的采用異型冷型来鑄造供型钢軋机、钢管軋机及軌梁軋机用的各种不同类型与尺寸的帶槽軋輥；在于大量生产和使用以鎂或其他元素加制的鑄鉄軋輥，特別是用以鎂加制的軋輥来代替成本高而抗磨性較低的鋼軋輥；在于一些大型工厂成功的掌握了鑄造各种鋼軋輥用的冷型；在于利用馬丁爐来熔煉軋輥鑄鉄和給反射爐装备蓄热裝置；在于借确定合理的化学成分、采用冷型与适宜厚度的造型絕热材料的方法来調整軋輥的耐磨性与强度；在于制定出提高冷硬層的耐磨性与耐热性的方法、增加中心与輥頸的强度的方法及在用鎂加制的鑄鉄軋輥中，包括用固体的和液体的鎂合金加制的鑄鉄軋輥，形成具有过渡組織的区域的方法，并广泛的采用；在于在軋輥鑄造生产中采用計算-实验并行的方法来确定适宜的澆口与冒口尺寸、澆注时金屬在型內的旋轉速度、軋輥的凝固与以后的冷却规范等等。

在对低合金的与高合金的鑄鉄軋輥采取热处理方面，在利用鑄鋼軋輥的范围内，包括共析鋼軋輥与过共析鋼軋輥在荒軋机架与初軋机上的利用[45]，在采用电热軋輥冒口方面[46]，在帶有水冷裝置的軋輥鑄型的实验应用上[135]，在制定改进的便携式硬度計直接在輥身表面測定金屬的硬度上[136, 166]，其他国家也有良好的經驗。

对于使用性質固定不变的軋輥，稳定的軋輥使用制度，軋輥“頂值”压力的限制，溫度波动及过热（高于最小必需溫度）的消除（保証加热金屬到对产品质量最有利的程度，很高的金屬軋制强度）等等，是使軋輥良好工作特別重要的条件。

軋輥的使用性質主要取决于金屬的組織、軋輥的金屬基体类型、殘余相的数量与形狀、組織沿輥身截面及長度的变化等等，而这些因素又取决于軋輥的化学成分、鑄型的热阻和热处理的规范。

根据各种各样的使用条件，軋輥可用亞共析鋼、共析鋼与过共析鋼来制造，也可用冷硬的灰口与麻口的非合金、合金及加制鑄鉄来制造。

最近7~8年以来，在扩大鑄鐵的生产与使用方面，达到了巨大的成就。

亞共析鋼軋輥对破断的抵抗是足够結实的，但很迅速的磨損，所以采用亞共析鋼軋輥是無利可圖的。共析鋼軋輥具有好得多的使用性能。这种軋輥是耐磨的，并可靠着使珠光体具有微化的与粒狀的組織而提高它的韌性。

过共析鋼軋輥是更为耐磨的。它的工作表面在工作过程中非常均匀的磨損是这种鋼軋輥的特点，所以，甚至具有粒狀組織的非合金过共析鋼軋輥，在耐磨性方面，也可以超过具有分散組織的合金共析鋼軋輥1~3倍。

过共析鋼最可贵的品質在于，它的耐磨性与韌性可以借助于热处理在广泛的範圍内变化。

共析鋼軋輥与过共析鋼軋輥的内部由于碳的偏析而增加的脆性，可以借采用金屬型鑄造的方法来限制，或者在收縮过程中利用低碳鋼液补充鑄件，或者采取使軋輥内部石墨化的方法，也可以限制这类軋輥的脆性[8]。

改变鑄鐵軋輥組織中的石墨包含物与殘余碳化物的数量和形狀，可以調整軋輥的使用性能[9, 10, 11]。

灰口鑄鐵軋輥能令人滿意地抵抗破断应力，但是却相当迅速地磨損。

較低的含碳量，特别是球狀石墨包含物，对于提高灰口鑄鐵軋輥的耐磨性和强度方面發生十分有利的影响。帶有球狀石墨包含物的灰口鑄鐵軋輥具有如此高的强度与韌性，以致可以非常成功地用它来代替在各种不同軋机上使用的鋼軋輥。

随着軋輥工作層組織中的殘余碳化物数量的增加，鑄鐵軋輥的耐磨性有所增高。組織为珠光体碳化物-石墨的軋輥与改善孔型設計相配合，用来代替灰口鑄鐵軋輥有很大的成效。为了防止軋輥横断，可降低它的内部地区的殘余碳化物的数量，或者尽量使其具有珠光体-石墨組織。在这种情况下，帶有球狀石墨包含物的軋輥具有最大的抗断性能。

硬面軋輥的耐磨性与抗断性，取决于工作層的硬度与深度、过渡区的深度以及灰口中心的組織。

例如，在薄板軋輥中，必須使冷硬層非常純潔，不含任何灰口包含物。

在不高的加热条件下（300°以下），在薄板軋輥与型鋼軋輥的工作过程中，冷硬層的硬度可以靠提高含碳量到3.4~3.8%而提高到68~76 H_{m} ，其后靠着使金屬基体具有馬氏体-奧氏体或馬氏体-屈氏体組織而提高到78~90 H_{m} 。

当軋輥中的含碳量很高时，如果其中出現大量的片狀石墨包含物，它的灰口区的强度是可能被削弱的。如果用冲洗法降低軋輥内部地区的含碳量，或者使石墨包含物呈球狀，这一現象就可能消除。

在受热較高的条件下（高于300°）工作的鉄皮与屋面板軋輥，为了避免工作表面崩裂起見，必須將其硬度限制在60~68 H_{m} ，在这种軋輥中，碳含量应限制在2.9~3.3%之間。

由于石墨包含物被細化并使其呈球狀而清除了薄板軋輥白口中的灰点和提高了它内部地区的强度，就可以显著的提高这种軋輥的耐用性与改善軋制的鉄皮和屋面板的質量。

在軋輥使用性能的構成中，鑄型的热阻、金屬的化学成分、非金屬的結晶核心以及热处理规范起着最重大的作用。

如果鋼軋輥在金屬型中或者在热阻最小的强烈金屬化的砂型中鑄造，則不論化学成分如何，这种軋輥都具有最高的使用性能。

当合理地組織澆注这种鑄型的过程时，甚至在冒口消耗鋼液較小的条件下，也可获得沒有縮孔的軋輥。此外，这种軋輥还具有不大的偏析、致密的金屬組織，并且能很好地接受所必需的热处理。

当利用同一种鑄型时，鋼軋輥的使用性質取决于它的化学成分与热处理规范。

改变含碳量，就可調整过剩相的数量，而利用热处理，則可使过剩相及金屬基体具有需要的組織。

合金元素能促使晶粒細化，并使鉄素体稍稍强化，但合金元素的主要作用还在于提高热处理的效果。当鋼軋輥組織的細化程度增加时，它的耐磨性增高，而抗断性則有所降低。与此相反，当获得極為細化的或特殊的粒狀組織时，則抗断性有所提高，而耐磨性則降低。

同时，具有微化共析体組織的軋輥經常表現比有細化的亞共析体組織的軋輥有更好的耐磨性，而有微化过共析体組織的軋輥經常表現比有細化的共析体組織的軋輥有更好的耐磨性。因此，应当把必須普遍扩大采用过共析的与共析的鋼軋輥，以及必須徹底限制采用亞共析鋼軋輥的問題認為是有根据的。

鑄鉄軋輥由于化学成分的改变以及由于鑄型的影响（如果其热阻有适当地改变），可以获得需要的使用性質。

通常采用刷塗料的冷型，即采用热阻最小的冷型來鑄造硬面軋輥。因此硬面軋輥的使用性能可用改变鑄鉄的化学成分、遵守合理的鑄鉄冶煉与加制的制度等方法进行調整。用这些方法就可保証使用便宜的爐料来获得高質量的軋輥，特別是給不采用木炭生鉄提供了可能性。借助于这些方法可使获得的軋輥具有需要的深度与硬度的純白口、給定的过渡区与灰口区的性能、細片狀的或球狀的石墨包含物。

由于改变金屬的化学成分、金屬的熔煉及加制制度的影响，以及由于改变鑄型热阻的作用，可使組織为珠光体-石墨的灰口鑄鉄軋輥获得需要的使用性能。刷厚塗料的（1.5~4.0毫米）或敷薄襯料的（6~10毫米）金屬型与鉄磚鑄型对于这种軋輥來說是最合理的。这种鑄型不致使軋輥的表面層中生成硬的、难于加工的激冷表皮，并且有助于改善石墨包含物的形狀。

由于金屬基体为石墨包含物削弱的程度取决于碳的数量，所以在珠光体-石墨軋輥成分的元素中間，碳起着最大的作用。碳量較低的（3.0%以下）非合金珠光体-石墨軋輥，具有比高碳的（高于3.2%）合金軋輥大得多的耐磨性与抗断性。这种降低含碳量的良好作用系由于減少了石墨包含物的数量所引起的。

軋輥中較低的含碳量（低于3.0%）、很低的含磷量（低于0.2%）以及組織中存在殘余碳化物（体积的2~5%），这些都是决定珠光体-石墨軋輥質量优良的因素。只有在这个基础上，对珠光体-石墨軋輥进行促使其使用性質額外的改善的合金化，才可能証明是正确的。

靠鉄液加制使石墨包含物呈球狀是提高珠光体-石墨軋輥耐用性的另一个方法。采用这个方法生产珠光体-石墨軋輥可以增高軋輥的耐磨性和抗断能力，可以提高合金化的效果和减小軋輥質量依赖于其碳濃度的程度，可以使鑄鉄的使用性質接近于鋼的性質。最后一点为在广泛的工業範圍內用較便宜而耐磨性好得多的鑄鉄軋輥代替价值昂貴的鋼軋輥提供了可能性。

适当的改变鑄鉄的化学成分和鑄型的热阻可使帶有过渡組織的軋輥具有需要的使用性質。在这种具有珠光体-碳化物-石墨組織的軋輥中，使含碳量与硬度相協調是合理的。

在高硬度軋輥中 ($360 \sim 460 H_B$)，允許較高的含碳量 ($3.1 \sim 3.5\%$)，而在硬度較低的軋輥中 ($240 \sim 300 H_B$)，降低含碳量到 $2.4 \sim 3.0\%$ 是合理的。如果向合金中加入其他元素 (硅、鎳、鉻) 或者改变鑄型的热阻，就可調整軋輥的硬度和硬度沿截面降低的速度。如果改变金屬型或鉄磚鑄型上的塗料 ($1 \sim 4$ 毫米) 与襯料 ($6 \sim 14$ 毫米) 的厚度，以及改变鑄鉄中的硅、鎳、鉻的含量，可以鑄制具有任何硬度和硬度沿截面变化的任何梯度的珠光体-碳化物-石墨軋輥。

当鑄造帶有溝槽的軋輥时，軋輥將获得特別良好的使用質量。在这种情况下，軋輥在其整个使用期間內將具有均一而耐磨的工作層。所以就耐用性来講，这种軋輥超过車槽軋輥 $2 \sim 7$ 倍。当生产鑄槽軋輥时，金屬的消耗降低 $25 \sim 35\%$ ，并且可使其第一次加工与車槽的加工時間減少二分之一。由于采用这种軋輥的結果，軋机的生产率能提高 $20 \sim 30\%$ ，軋材質量有所改善，軋輥的消耗和在換輥之后調整軋机时型鋼的廢品損失均可降低 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 。

在改善軋輥鑄造生产和在工業上广泛运用高耐用性軋輥的問題上，社会主义高生产率的工作合理地使用材料的組織原則起着主要的作用。上述关于生产和使用軋輥的原則，于短期內在工業上得到了广泛的采用，并已大大提高了軋輥車間的利益，同时軋輥在各种軋机上与設備上的耐用性也获得了提高。

当制造軋輥时，采用改进了的鑄型操作工艺、合理的熔煉热工制度与熔渣規範、对鑄鉄进行加制处理、采取合理的补縮，可以大大降低木炭生鉄的消耗和液体燃料的消耗，以及减小加工裕量与冒口金屬的消耗，降低廢品和提高鑄鉄的質量。这就保证了生产鑄鉄軋輥时能節約資金 (仅根据两个軋輥鑄造工厂的資料，每年就節約了一千万盧布)。

当使用改善了質量的軋輥时，可达到很大的技术經濟效果。这类軋輥能保证提高軋鋼机的生产率，改善軋材質量，减小金屬的廢品損失，降低軋輥的消耗率。

大約的計算表明，根据上述原因，采用改善了質量的軋輥全年能節約：一座小型軋机超过一百万盧布，一座中型軋机超过二百万盧布，一座大型軋机超过三百万盧布。

当軋輥的耐用性这样提高后，軋鋼机的工作可以达到如此显著的改善。

在連續式鋼坯軋机、型鋼軋机、連續式薄板軋机及其他軋机上，利用共析鋼与过共析鋼的鑄造軋輥来代替亞共析鋼鍛造軋輥能使軋輥的耐火性增加了 $2 \sim 9$ 倍。可以恰当地指出，采用具有球狀石墨包含物的鑄鉄軋輥能够代替鋼軋輥。这种鑄鉄軋輥的强度比好的鋼軋輥低得不多，而其耐磨性則往往超过鋼軋輥。

在鋼板軋机上，冷硬鑄鉄軋輥的耐用性靠改进軋輥的化学成分和在制造时采用合理

的熔煉制度与对鉄液进行加制处理而可增加1~2倍。因此，軋制的鉄皮、屋面板与薄板的表面質量达到了極大的改善。

在型钢-鋼管及鋼軌軋机上，可以利用改善軋輥的品位和在生产軋輥时采用最完善的工艺操作（特别是当增加鑄槽軋輥的产量）来提高各种軋輥的耐用性2~11倍。这就保証了一級产品的产量極大的提高，保証減少軋鋼机的停工時間，降低調整軋机时金屬的廢品損失，減少軋輥的消耗。

可見，在广泛的工業領域中使用新型的鋼軋輥与鑄鉄軋輥証明，完全有必要繼續推广与进一步改善这类軋輥。

为此，必須实现下述措施。

1. 增加鋼軋輥的含碳量到共析鋼的碳濃度，或者最好使达到过共析鋼的碳濃度（高于0.95%C）。

2. 广泛的采用硬度为200~300H_B的与組織中具有球狀石墨包含物的鑄鉄軋輥代替鋼軋輥。

3. 借助于合理的熔煉制度与对鉄液进行加制处理来消除板鋼軋輥白口層中的石墨包含物和强化其內部地区。

4. 靠确定适宜的鑄鉄化学成分和进行加制处理，以及靠采用具有适当的热阻的鑄型来提高型钢軋輥与軌梁軋輥的耐磨性及强度。

5. 增加供所有各种型钢及軌梁軋机用的鑄槽軋輥的生产。

上述措施是目前在組織方面与技术-經濟方面的最有效的方法，可以絕對地改善軋輥鑄造及軋制生产中整个环节的工作。

第一篇 鑄造軋輥材質的 性能及其使用

第一章 軋輥的組織

鑄造軋輥工作时要承受来自軋鋼机和軋制金屬方面的各种机械作用和热作用。所以，必須使軋輥材質具有适当的組織和規定的化学成分，为的是在軋輥的制造过程中，或者当軋輥使用时，使它能抵抗各种热作用和机械作用。

軋輥的組織是其質量的主要特征，因为軋輥金屬的强度、韌性、摩擦系数、耐热性及耐磨性都取决于它的組織。可見，在鑑定軋輥的質量时，金屬組織的特性和类型（亞共析、共析或过共析鋼；灰口、白口或麻口鑄鉄等等）应当是主要的指标。

当然，应当考虑到合金元素和加制元素对軋輥金屬的物理-机械性能的重大影响。但是，單是金屬中存在有合金和加制元素（鉻、鎳、鉬、鎂等等）总还是不能保証获得具有需要的粗型組織与显微組織的軋輥。像結晶速度和热处理这样重要的因素也同时决定軋輥金屬組織的特性。所以，关于金屬化学成分の規格的数据（鉻-鎳、鉻-鉬、鎂等等）不应当認為是軋輥質量的主要特征，而要認為是輔助特征。

鋼軋輥的組織

鑄鋼軋輥是用各种化学成分極不相同的普通碳鋼或合金鋼制成的[7,8]。

迄至現在仍是采用热阻有非常显著区别的各种鑄型来鑄造鋼軋輥。鑄鋼軋輥在鑄型中冷却并經清砂之后，再进行普通退火或复杂的热处理。在許多实际情况下，鑄鋼軋輥都是以鑄造状态就在軋鋼机上使用，甚至未經过任何最簡單的热处理。

根据軋輥的化学成分及其在鑄型中由鑄型的热阻决定的冷却速度以及根据依热处理的特性，鑄鋼軋輥材質具有各种各样的組織。实际上采用的鑄鋼軋輥根据各种使用条件而有極为不同的組織。

具有亞共析組織的鋼軋輥

成分为 0.45~0.65% C; 0.20~0.45% Si; 0.50~0.90% Mn; 0.02~0.05% P; 0.02~0.04% S 的普通鋼軋輥一般具有亞共析組織。

鑄型的热阻对亞共析鋼軋輥組織的影响表現如下:

a) 当在热阻很大的鑄型中鑄造軋輥时, 未經热处理軋輥鋼中形成粗粒組織 (圖 1 a);

б) 当在热阻略小的鑄型中 (攪砂的金屬鑄型) 鑄造軋輥时, 鑄态組織的晶粒是大小相掺杂的, 其中有些地区的鉄素体網狀組織的連續性消失不見 (圖 1 б);

в) 当在热阻極小的鑄型中 (刷塗料的金屬鑄型) 鑄造时, 鉄素体網狀組織的連續性破坏的程度还要更大, 并且在共析移殖区之間的某些地区鉄素体夾層完全消失。这样的結晶条件促使殘余鉄素体大量析出, 其形态为單独的晶粒 (圖 1 в)

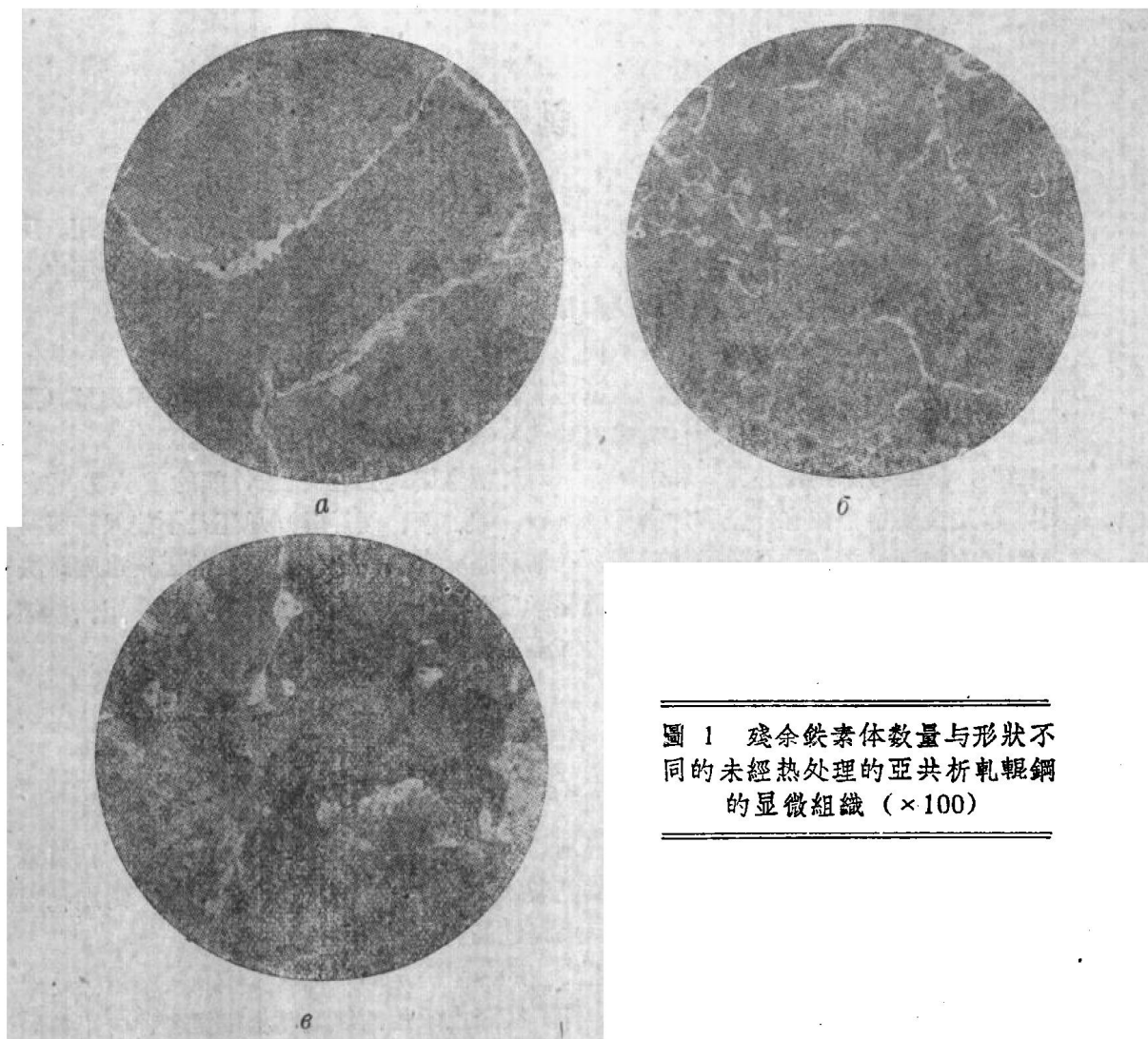


圖 1 殘余鉄素体数量与形狀不同的未經热处理的亞共析軋輥鋼的显微組織 ($\times 100$)

适当的热处理有可能按照需要的意圖改变亞共析鋼軋輥的組織。于 $A_{c_3} + 15' \sim 25^\circ$ 溫度長期保温并在靜止空气中正常化之后, 形成足够的細粒組織, 这种組織由珠光体晶粒和鉄素体網狀組織的某一种变态所組成: 含 0.65~0.75% C 的軋輥中的薄鉄素体網狀組織 (圖 2 a); 含 0.54~0.60% C 的軋輥中的中等厚度的鉄素体網狀組織 (圖 2 б); 含 0.42~0.48% C 的軋輥中的厚鉄素体網狀組織 (圖 2 в)。

在遵守同样的正常化条件但提高加热温度到 $A_{c3} + 30^\circ \sim 40^\circ$ 的条件下, 为铁素体网状组织包围的晶粒略有增大 (圖 2 *в*)。当加热温度不高 ($A_{c3} + 10^\circ \sim 15^\circ$) 并在单相范围内短时间的保温而以后在正常化过程中加速冷却时, 铁素体结晶的形态为受到破坏的网状组织及一小部分尺寸或大 (圖 3 *а*) 或小 (圖 3 *б*) 的零散析出物。

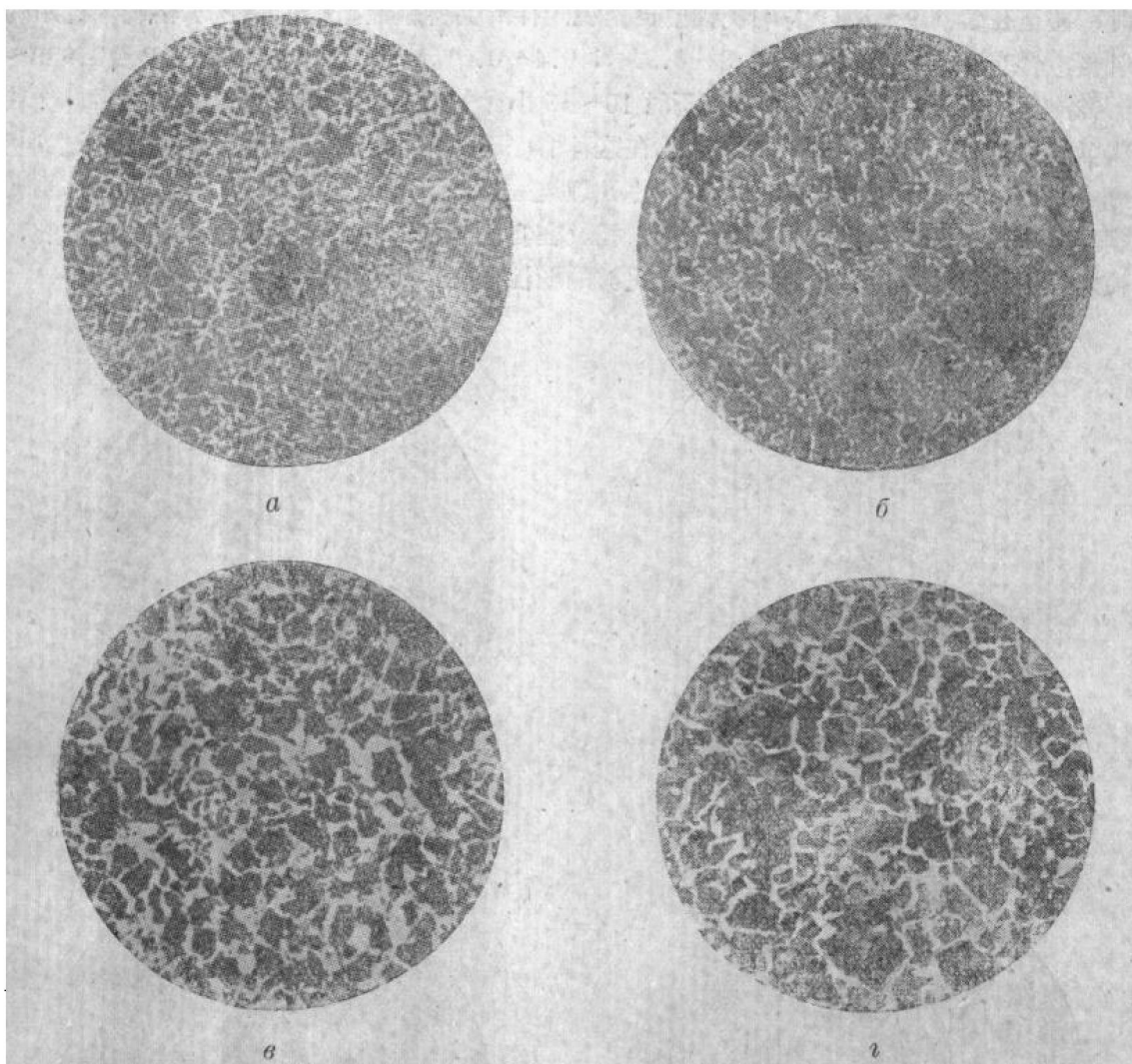


圖 2 经过热处理的具有薄的(*а*, *б*)和厚的連續铁素体網狀的亞共析軋軋鋼的显微組織 ($\times 100$)

含 0.50~0.65%C 及 0.6~0.8%Cr 与 0.8~1.1%Ni 的合金鋼軋軋, 和含碳相同但含錳 1.3~1.6% 的合金鋼軋軋一样, 于 $840^\circ \sim 860^\circ$ 温度正常化之后具有分散的珠光体組織及少量很細小的組織遊离的铁素体包含物 (圖 3 *в*)。

具有共析組織的鋼軋軋

这类軋軋是用含 0.75~0.85%C 的普通碳鋼或用含 0.6~0.8%C 但加有鉻 (0.8~1.6%) 与鎳 (0.6~1.2%) 或加有錳 (0.9~1.8%) 与鉻 (0.8~1.4) 或者仅加有錳

(0.9~1.3)的合金鋼制造的。

非合金的共析鋼軋輥在正常化之后，一般具有比較強烈微化的珠光体組織（圖4*z*）。如果在普通碳鋼軋輥中含0.75~0.8%C同时硅量不超过0.6%，当在正常化过程中加速冷却时，一般会形成微化度較小的珠光体組織。同时，当提高軋輥的硅量到0.7~1.0%时，甚至在含0.9~1.1%C的軋輥中也呈現同样的共析組織。例如，供皮尔格軋管机用的軋輥，含有0.95~1.10%C, 0.8~0.9%Si, 0.4~0.6%Mn, 0.018~0.036%P及0.020~0.028%S，在 $Ac_1+25^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 溫度历时10~15小时然后緩慢冷却的退火处理之后，会获得共析組織，而沒有殘余碳化物标誌。在这种情况下，共析組織所以在如此明显的过共析鋼中形成，是因为有0.1~0.2%C在热处理过程中已石墨化了（圖4*a*, *b*, *c*）。这会使得上述軋輥的耐磨性受到明显的損失。相反在我們这种情况下，由于殘余碳化物球化，使軋輥能保持很高的耐磨性并保証有足够的韌性。

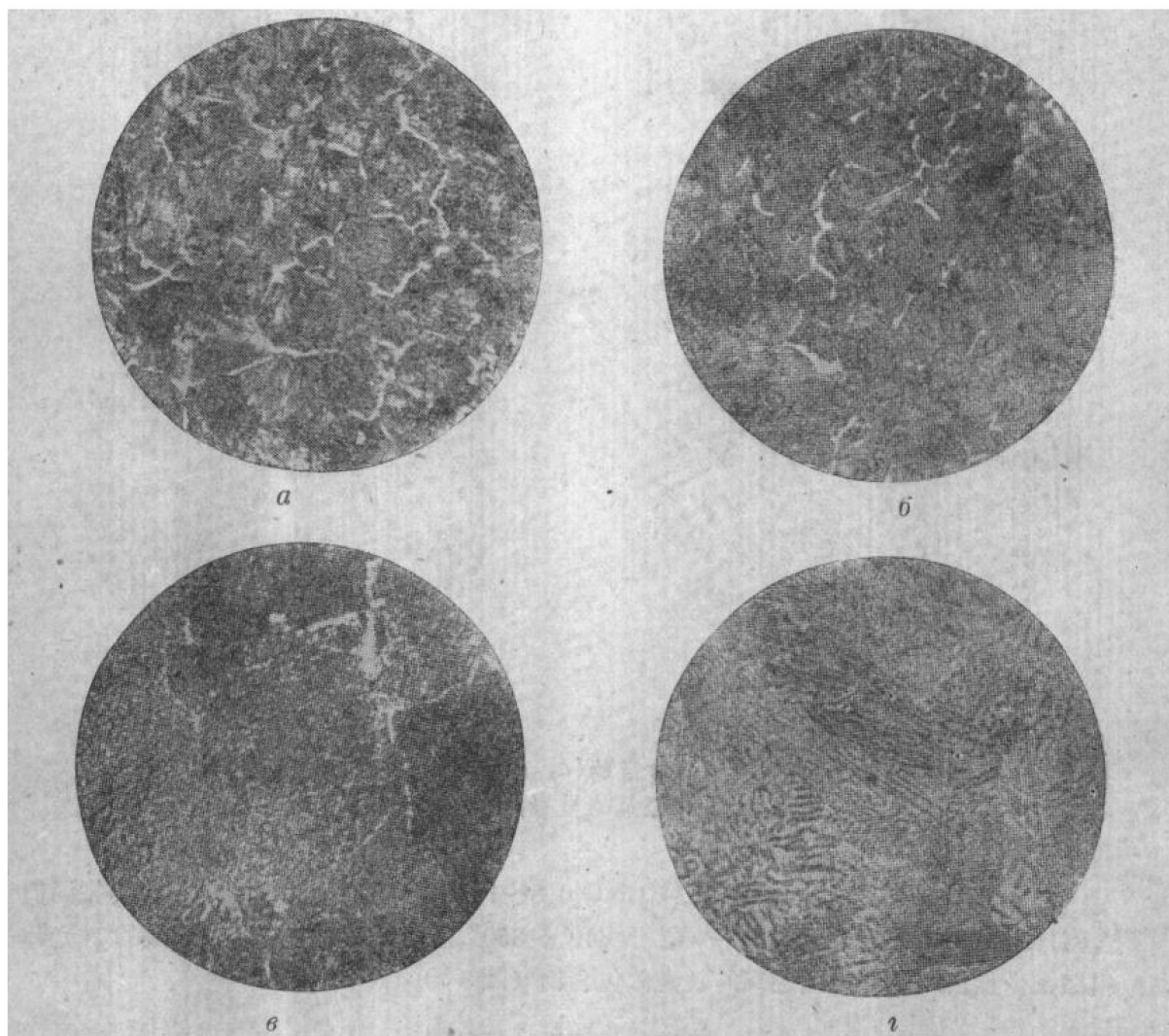


圖3 經過热处理的共析(*a*, $\times 400$)和亞共析軋輥鋼的显微組織，这种鋼的铁素体形态为破坏的網狀組織及少量尺寸或大(*a*, $\times 400$)或小(*b*, $\times 200$)或非常細小的(*c*, $\times 900$)零散析出物