

铸钢铸铁工艺技术进展与展望

——第75届世界铸造会议铸铁铸钢工艺技术论坛评述

何靖宇¹, 陈祥^{1, 2}, 王云霞³

(1. 清华大学材料学院, 北京 100084; 2. 先进成形制造教育部重点实验室, 北京 100084;

3. 中国机械总院集团沈阳铸造研究所有限公司, 辽宁沈阳 110022)

摘要: 铸铁铸钢技术历史悠久, 为国家的工业发展做出了巨大的贡献。铸铁铸钢方向作为铸造领域的传统基石, 时至今日仍在工业建设中发挥重要作用。2024年10月25-30日, 第75届世界铸造会议在四川省德阳市顺利召开。本次会议设置铸铁铸钢工艺技术国际论坛, 收录了来自12个国家的55篇相关论文, 安排了6篇论坛邀请报告和10篇专题报告。本文梳理了铸铁铸钢论坛中相关论文报告, 阐述了当今铸铁铸钢领域关注的重要问题, 总结铸铁铸钢工艺技术发展新方向。

关键词: 铸造; 大型铸件; 喷射成形; 铸铁; 铸钢; 工艺优化

铸铁和铸钢作为现代工业的重要基础材料, 广泛应用于机械、汽车、能源和航空航天等诸多领域。铸铁铸钢的发展历史悠久, 其工艺技术的发展成果更是不胜枚举, 组成了推动人类文明向着大工业时代迈进的重要引擎。近年来, 随着现代工业的深度发展, 对传统的铸造领域又提出了新的要求, 例如更高的材料性能, 更绿色节约的生产工艺, 以及更稳定的生产技术。新的要求意味着对传统的铸铁铸钢技术提出了新的挑战, 迫使研究者与工程师们不断探索, 共同构建一个持续发展的铸造产业。

本次2024世界铸造组织铸铁铸钢工艺技术国际论坛伴随着第75次世界铸造大会, 于2024年10月26—27日在四川省德阳市德阳文德国际会展中心召开, 来自十多个国家的100余名代表参加了本届国际论坛。论坛旨在为全世界的研究者和工程师们提供一个开放的学术交流平台, 共同探讨当前铸铁铸钢技术中的关键问题与发展趋势。本届国际论坛共收到12个国家的55篇扩展摘要, 安排了6篇论坛邀请报告和10篇专题报告。报告与论文内容涵盖了世界各地工业界与学术界在先进成形技术、铸件成形加工技术改进与应用、铸铁铸钢组织研究与先进铸铁铸钢材料的研发等方面的前沿进展, 展现了不断涌现出的新的理论与实践成果, 推动了铸铁铸钢工艺技术下一步的革新与进步。本文针对2024世界铸造组织铸铁铸钢工艺技术国际论坛的学术报告与扩展摘要的主要内容, 以系统全面为原则, 梳理总结近年来铸铁铸钢行业内的最新研究成果, 希望能够为行业内的研究人员提供有益的启发与帮助。

作者简介:

何靖宇(2000-), 男, 博士研究生, 主要从事高性能钢铁材料的研究工作。
E-mail: he-jy22@mails.tsinghua.edu.cn

中图分类号: TG142;

TG143

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2025)

08-1029-09

收稿日期:

2025-01-21 收到初稿,

2025-02-14 收到修订稿。

1 先进铸造成形技术

1.1 大型铸件铸造成形技术

各式各样的铸铁铸钢件在机械领域有着广泛的应用, 但由于各类机械零件形状不一, 其铸造工艺常常需要具体情况具体分析, 对于近年来需求的超大型铸件的生产, 更是遇到了前所未有的挑战。二重(德阳)重型装备有限公司的林平关于650℃超超临界机组大型高温合金钢铸件的制造技术做了邀请汇报, 他们通过对材

料工艺特性和热物性参数的研究,以及实体化模拟优化铸造工艺设计,为650℃超超临界机组大型高温合金钢铸件的制造提供了有效方法^[1]。中信重工机械股份有限公司的徐恩献总结了中信重工在重型装备大型铸钢件关键成形技术及应用方面的工作^[2]。公司采用电炉初炼+LF精炼冶炼工艺+复合终脱氧方案,严格控制S、P

含量($S \leq 0.010\%$, $P \leq 0.015\%$)及非金属夹杂物,最大限度减少有害元素对铸件质量的影响。通过型腔无氧铸造、多包浇注和凝固模拟技术,实现了大型磨机齿轮、端头、破碎机底梁和轧机机架等大型铸钢件的生产,见图1和图2。

大型铸件的生产一直都是铸造业内关心的课题。



(a) 下横梁



(b) 立柱

图1 8000 t压机的下横梁(275 t)与立柱(99 t)

Fig. 1 Lower beam (275 t) and column (99 t) of 8000 t press



(a) 上横梁



(b) 下横梁

图2 120 MN的大型拉丝机上下横梁

Fig. 2 Upper and lower beam of 120 MN drawing machine

梁红成等从铸造和熔炼两个方面介绍了长18.5 m的超重球铁横梁的工艺设计与生产过程^[3]。浦晓良等人针对大型导轨磨床床身铸件的关键控制技术,提出了新的铸造方法,包括分段成形、组合配模、防止气孔和设计浇注系统等,以确保铸件的尺寸精度、直线度和硬度符合要求^[4]。周棣华等人结合尺寸检查和3D激光线投影仪的优化措施来改进固定环的热处理过程,验证了通过添加拉杆等措施可以有效预防大直径涡轮环铸造过程中的变形,控制变形范围^[5]。山西中设华晋铸造有限公司开展了超大型高强高韧合金钢履带板制造技术的研究、开发和应用,通过金相分析、性能测试和CAE模拟建模,确定了合理的生产工艺流程^[6]。

随着计算机科技的发展,运用仿真模拟技术协助大型铸件工艺的确定也愈来愈受到研究人员的青睐。林平等通过应用3D设计和模拟技术成功制造了符合

高精度要求的300 t超大复杂空间结构桥梁钢铸件^[7]。优化的设计结构和先进的制造技术不仅提高了产品的加工性能,还确保其内部质量和尺寸精度达到高科技要求。四川大学杨刚等提出了热处理工艺设计和喷丸清理等新方法,利用3D模拟验证了柴油机机体毛坯零件的最佳铸造工艺^[8]。黄建华等利用AnyCasting软件对铸造方案进行模拟分析,并根据模拟结果提出了充型和凝固工艺,完善了大型CNC球铁机床的关键铸造工艺^[9]。

1.2 铸造工艺流程优化

为了提升铸件的性能,研究人员需要对铸件内部的气孔与缺陷进行控制,一些高性能的铸件,更是对铸造流程进行严格把控,使得铸件能够获得预期的组织与优异的性能。郑州机械研究所李克锐的特邀

汇报介绍了高端机床铸件应力与精度控制技术,已经形成了一套完整的高精度机床铸件加工技术,推荐的时效组合方法是热时效+振动时效+自然时效,可以控制导轨变形小于 $4\ \mu\text{m}/4\ 000\ \text{mm}$,精度提高了30%^[10]。Andrea Montagnoli等人通过精确的过程控制和持续监测来确定凝固过程中的关键参数,实现了对关键参数的精确控制,从而成功消除了球墨铸铁件中的微孔缺陷^[11]。

铸造生产过程中的缺陷控制一直是重点关注的问题。中东威墅塄所邓哈等人探讨了QY26N耐热钢铸造过程中出现热裂纹的原因,发现裂纹部位的最大拉应力明显高于材料的高温屈服极限,缺陷部位存在稀土元素的偏聚和枝状碳化物的沉淀,导致热裂的形成^[12]。时坚等人采用物理模拟技术与高温压缩热模拟试验,建立了磷化不锈钢变形阻力模型和加工图,解决了磷化不锈钢热加工时容易出现的开裂问题。通过对现有工艺的改进来获得更高的产品性能也是铸造领域持续不断的研究重点^[13]。Kamińska Jadwiga等人通过应用形状转换来减轻铸件重量,同时保持其强度参数,以改善部件的热性能和减少能源消耗。在实际案例中,作者通过在铸件中采用减压孔并取消有问题的加强筋,成功地减轻了炉排的重量,并减轻了炉排的结构应力^[14]。RD Li等人通过失蜡铸造技术加入不同含量的TiC微粒和CeO₂纳米颗粒改善球铁的性能,特别是在耐磨性方面^[15]。验证了添加不同颗粒对球铁性能的影响,并验证了添加双尺度颗粒对耐磨性的优化效果。Biju Karakkunnummal等通过控制浇注温度和热处理时间,改变高锰钢的微观结构和性能,从而达到提高冲击性能的目的^[16]。

仿真模拟技术与统计算法也被用于铸造工艺的优化中。曹衡等利用数值模拟方法研究电渣过流成形及孤立液相的出现,并针对试验结果提出了最优化的铸造工艺参数^[17]。丛建臣等人提出了一种基于黄金比和K均值聚类算法计算浇注系统阻塞段的一般方法,并结合各种形状与尺寸的铸造试验,验证了计算方法的有效性^[18]。Pawel Popielarski等人提出了一种针对铸铁合金铸造过程的大规模数据集中参数选择排序的方法,并应用统计工具研究参数对所选铸件缺陷的影响^[19]。中北大学李杰强等人使用了新颖的参数优化模型和算法,针对S30432连铸二冷工艺的多因素优化,结合遗传算法和粒子群算法等优化算法,寻找最优的工艺参数组合,最终实现铸件生产过程的优化^[20]。杨帅等人使用MAGMA软件进行流场、凝固场和收缩准则的模拟,解决了球墨铸铁齿轮箱的铸造工艺设计问题^[21]。

1.3 先进成形技术

随着对铸件性能要求的不断提高,研究人员也不断开发出新型的成形工艺以获得高性能的产品。来自佛山峰合精密喷射成形科技有限公司的杨云峰董事长的邀请报告介绍了高性能合金材料的精密喷射成形技术^[22](图3)。精密喷射成形制备的模具钢和高速钢具有工艺流程短,节约成本的优点,凝固时的冷却速度可达10 K/s,不存在宏观偏析,显微组织均匀细小,可使高合金钢由脆变韧,与ESR熔炼的合金相比较,在相同硬度下,拉伸强度提高25%,冲击韧性提高50%~200%,且具有更好的冷热加工性。所制备合金已经用于制备挤压模具、锻造模具、冲孔模具、采矿工具、隧道掘进机刀具、剪切刀片、精冲工具、轧辊和注塑机冲头等。

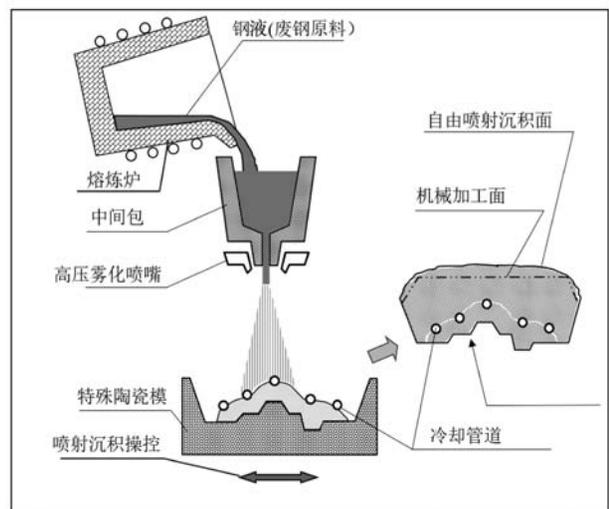


图3 精密喷射成形技术示意图

Fig. 3 Schematic diagram of precision spray forming technology

绿色铸造是符合可持续发展的必要要求,如何减少铸造工艺中的资源损失,污染排放是必须要考虑的问题,为此研究人员也付出了大量努力。废钢的回收重熔是资源循环过程的重要环节。襄阳聚力公司应用FactSage相图软件分析了在铸造和熔化过程中感应炉中最常见废钢对硅基干振动耐火材料(DVR)的影响。研发了一种新型的DVR衬里,用于高废钢比例的熔化环境,并与传统衬里材料相比,其性能得到了显著提升^[23]。Per Larsen提出如果铸钢件能够在湿型砂中生产,相较于壳型铸造和不同的无粘砂工艺会有很大效率提升以及更加环保,并证实了在湿型砂中生产的铸钢件能够满足质量与成本的要求^[24]。

电渣熔铸技术是一种环保高效的铸造熔炼技术,具有能量转换率高,铸件性能优异的特点,相关的研

究前景广阔,郝学卓等提出数字化控制、全封闭保护气氛、三相直供短网格、恒定熔化速度控制等关键词,探讨了这些新技术在电渣熔炼和铸造中的应用^[25]。王宇等采用了模具导电电渣重熔方法,通过设计传统和双回路两种传导模式控制电极熔化形态,并最终实现较好的微观组织,有效确保了电渣熔铸焊接制造的铸锭完整性^[26]。

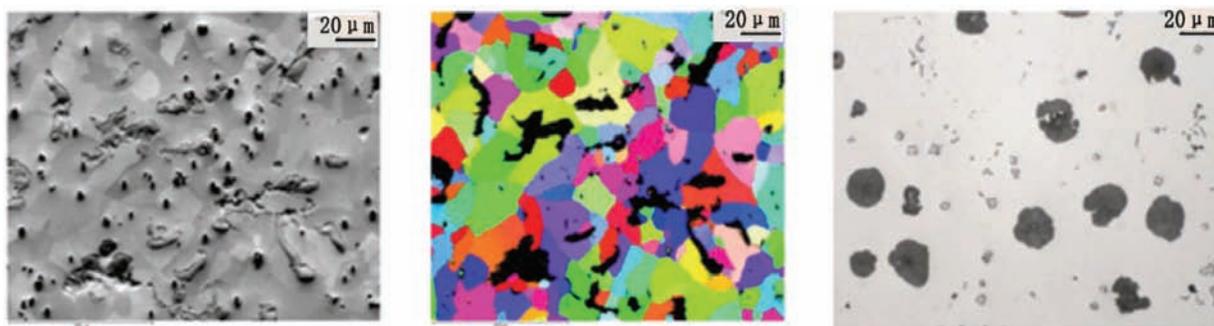
2 铸铁铸钢组织与性能研究

2.1 铸铁组织性能研究

铸铁中的碳化物对性能有着重要的影响,来自波

兰克拉科夫AGH科技大学的Górny Marcin教授探讨了铸铁的凝固过程、组织形成和性能,特别强调了不同形态特征的碳化物及其分布对铸铁的影响^[27]。研究还分析了碳化物对初生组织即奥氏体枝晶形成的影响,以及碳化物对提高铸铁热稳定性的作用。采用电子背散射衍射(EBSD)等方法,揭示了铸铁初生和共晶凝固过程中的宏观和微观组织特征,如图4所示。

灰铸铁作为产量最大应用最广的铸铁产品,关于其组织的研究十分广泛。东华大学范金辉等人通过多元线性回归分析得出了灰铸铁抗拉强度和导热性与石墨特性之间的回归方程,表明通过降低石墨含量、精



(a) 蠕墨铸铁中的TiC微观结构 (b) 蠕墨铸铁中的TiC微观结构 (EBSD) (c) 球墨铸铁中的TiC微观结构

图4 薄壁铸件(3 mm)蠕墨铸铁中的TiC微观结构(a)(b)与球墨铸铁中的TiC微观结构(c)
Fig. 4 Microstructure of CGI + TiC EBSD (a, b) and SGI + TiC in thin walled casting (3 mm) (c)

细化石墨和增加弯曲度可以提高铸件的抗拉强度^[28]。Abdul Razaq等人探讨Ni、W和Ti等合金元素对灰铸铁微观结构和力学、热力学和摩擦学性能的影响,这些合金元素的添加能够提高灰铸铁的布氏硬度和拉伸性能,可以显著改善磨损抗性,降低灰铸铁的磨损速率和表面粗糙度^[29]。Tohru Mizuki等人研究了灰铸铁在浓硫酸中的腐蚀性能,试验结果证明在60%~90%浓度范围内硫酸,其耐腐蚀能力较不锈钢更强,且其耐腐蚀能力随着Si含量增加而增强^[30]。G. Alonso等研究制动盘所用铸铁件中,碳当量CE的提高,导致Type-A薄片状石墨转变为粗化的蛛网状Type-C石墨的转变过程,进而导致性能的下降^[31]。

当铸铁中的石墨形态转变为蠕虫状时,就得到了蠕墨铸铁。蠕墨铸铁的蠕化率受到多种因素的影响,石德全等人分析了氧活性和氧势对蠕化效应的影响,建立了氧活性、氧势和温度对蠕墨铸铁蠕化性的影响模型,并提出了相应的评估标准^[32]。河北工业大学刘金海等人围绕蠕墨铸铁(CGI)在凝固过程中的石墨生长和缩孔形成展开研究,提出了基于热分析曲线的观察方法,他们发现共晶CGI具有最大的石墨膨胀和最低的凝固收缩趋势。这使得CGI铸件具有最大的自我补偿

能力和有利于消除气孔^[33]。

近几十年来中最受人瞩目的便是球墨铸铁,其具有接近于钢的综合性能使得它的应用前景非常广泛。球墨铸铁的孕育处理是研究的重点。斯洛文尼亚卢布尔雅那大学的Mitja Petric的特邀报告介绍了复合钡孕育剂颗粒的孕育过程及其对石墨形核的影响,在孕育剂还未完全溶解的情况下,石墨颗粒已经在固体硅颗粒上成核生长,熔体中Ba和Ca浓度较高的区域会形成了BaO·CaO相,也可以为石墨生长提供核心,整个过程如图5所示^[34]。Cathrine Hartung等人研究了孕育处理、剖面尺寸与冷却速度对球铁显微组织和夹杂物特征的影响,对比了加入含有Ce的孕育剂与不孕育处理在不同冷却速度下的冷却曲线与组织,孕育处理后球化率更高,慢冷下孕育处理后的夹杂物也有所增加^[35]。Iuliana Stan等人研究含孕育处理后的两种分别含高Si与高SiMo的球墨铸铁的形态与组织特征,前者基体呈现铁素体,后一种为珠光体,两者在高温情况下都表现出了很高的抗氧化性能^[36]。喂丝孕育处理采用包芯线(内部为稀土镁合金),用喂丝机喂入到铁液处理包底部,使得铸铁内部石墨得以球化,常州朗锐铸造公司通过精确控制铁液的成分和孕育温度,设计专门的

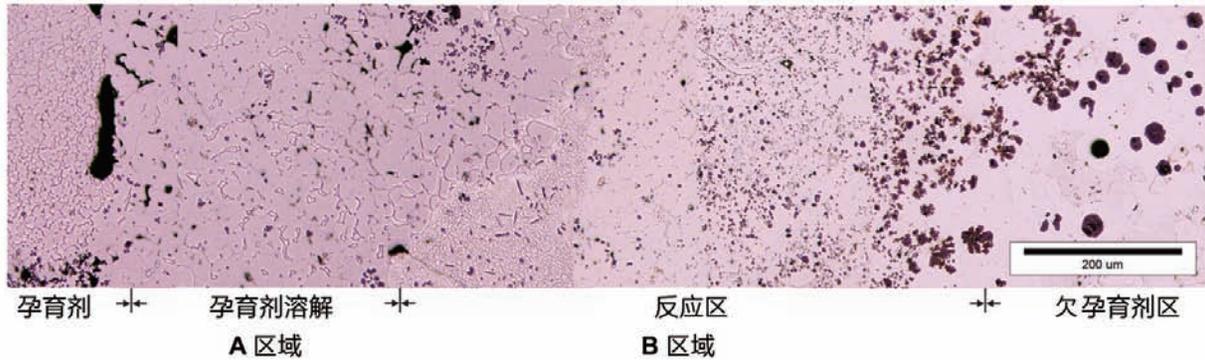


图5 不同区域的孕育剂颗粒图 (光学显微镜)

Fig. 5 Inoculant particles at different zones (Optical microscope image)

线材喂丝包装和线材喂丝工艺,并建立基于PLC的自动化线材喂丝站来实现环保,一次性稳定的球化处理工艺,最终得到组织与性能均优异的球铁^[37]。

将球墨铸铁进行等温淬火处理,使得其组织内部产生贝氏体组织便得到等温淬火球墨铸铁(ADI),ADI综合性能优异,甚至能代替钢件以降低重量与成本。闫启栋等综述了中国的等温淬火球墨铸铁(ADI)现状、问题与发展趋势,指出中国ADI前景好,发展潜力巨大,但新型轻质创新ADI开发能力不足,这是之后研究人员努力的方向^[38]。来自埃及的Central Metallurgical R&D institute 探索ADI在组织细化、超声振动凝固、冷加工、热加工、高应变速率变形和防弹等方面的应用,讨论了CMRDI实验铸造厂生产的ADI铸件的应用实例,例如高性能齿轮、农业设备部件和钢厂轧制线的非运动零件^[39]。

在铸铁中添加合金元素或涂敷合金粉末,可以得到更耐磨、耐腐蚀的特种铸铁。暨南大学王永喆等人探讨了硅对Cr12高铬铸铁微观结构和性能的影响,揭示了高铬铸铁的典型亚共晶结构,硅的添加促使铸铁硬度增加,冲击耐磨性得到提高^[40]。四川大学孙兰等人研究了不同镍含量的高NiMn奥氏体铸铁在3.5wt.%NaCl溶液和10wt%石英砂中的腐蚀行为,采用SEM技术的观察结果,发现点状腐蚀优先发生在石墨和金属橄榄石相附近的母材区域。镍铸铁在砂溶液中的冲刷腐蚀过程主要表现为塑性变形和。R González Martínez等人在砂型表面涂覆含Cr、Ni和Mo等元素的合金粉末,在高硅球铁表面创建一个原位改性的表面层,该层由奥氏体和碳化铬组成,提高了球铁的力学性能与耐腐蚀性^[42]。

2.2 铸钢组织性能研究

精炼过程对铸钢的质量有着很大的提高,张鹏程等对LF、LF+VD和AOD三种精炼工艺进行了比较,结果表明,AOD在低合金钢精炼过程中具有优势,

有助于改进低合金耐磨钢材料的质量和性能。采取合适加工工艺以及热处理工艺,可以对铸钢件的相关性能实现提升^[43]。沈阳工业大学安灵子等人提出一种优化硅钢磁性能的方法:通过低终轧温度热轧联合批退火,促进了非取向硅钢晶粒的增大,削弱了 γ -纤维组织,同时加强了Goss和 λ -纤维组织^[44]。李长福等人探讨高强低合金钢在亚临界淬火处理下的微观结构和力学性能。相较于传统淬火处理,亚临界淬火和回火(QIQT)处理不仅导致晶粒尺寸显著细化,还导致较低的屈服比例和更高的冲击韧性^[45]。

清华大学的陈祥汇报了一种铸造铁素体/马氏体/奥氏体三相不锈钢,这种不锈钢内包含较高含量的Si,具有高强度、高韧性、高硬度和高耐腐蚀性等优异的性能,不同Si含量的铸钢在不同时效温度下的力学性能,如图6所示,报告中还详细阐述了变形过程中多相组织中的应变分配,并揭示了拉伸过程中多相组织塑性变形(图7)^[46]。Jean Amadeo Brambila等人与易艳良等人报道了控制Nb元素添加来改进铸钢的性能,提高铸钢的综合性能^[47-48]。Justyna Kasińska探讨了如何通过改进铸造钢的抗磨性能,他们通过在铸钢中掺杂稀土金属氧化物与采用特殊的涂层技术,成功提高了材料的硬度,降低了摩擦系数,并显著降低了线性磨损^[49]。

3 铸铁铸钢工艺技术发展趋势

3.1 大型铸件铸造工艺的成熟与深度发展

大型铸件是国家工业发展的重大需求,在机械、航空和水利等领域都有着持续而广泛的需求。随着以往大型铸件的铸造经验的不断积累,今后新型设备所需的大型铸件的铸造工艺探索路径愈发成熟,有望对之前存在问题的大型铸件的生产提供经验与启发,促进国内铸造工业的深度发展。

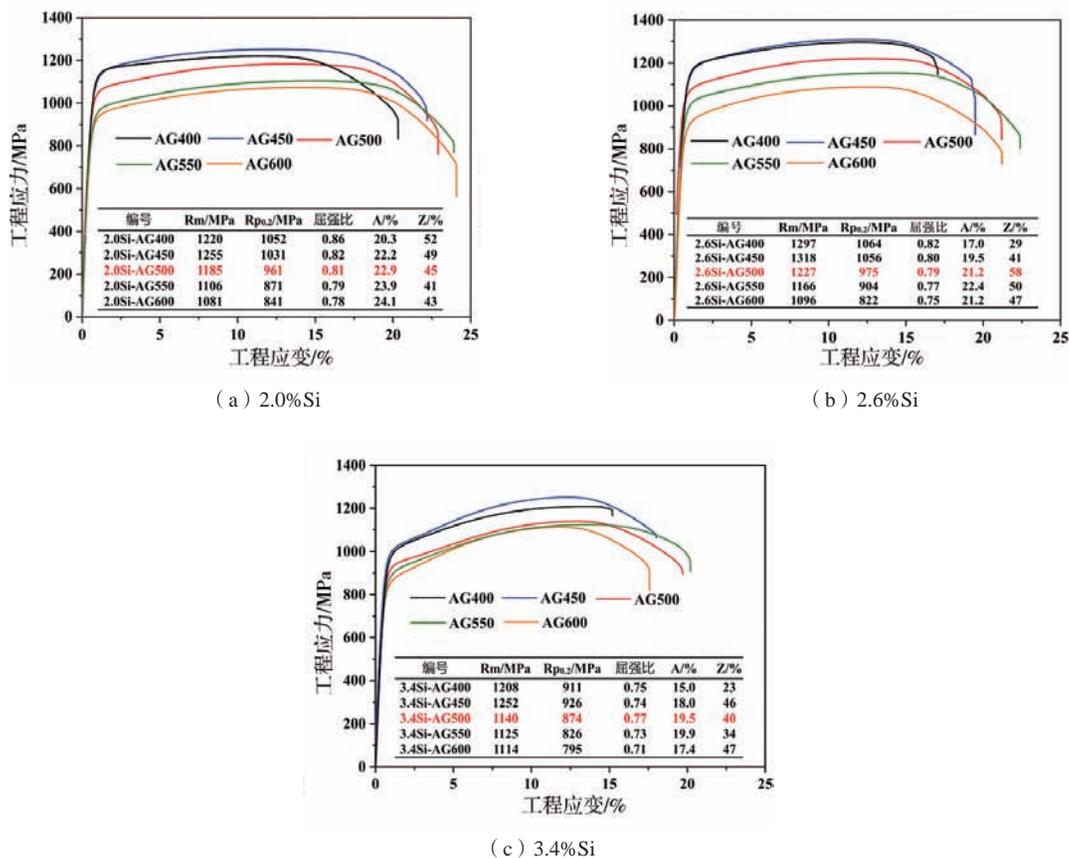


图6 不同Si含量的铸钢在不同时效温度下的力学性能

Fig. 6 Mechanical properties of cast steel with different silicon contents at various aging temperatures

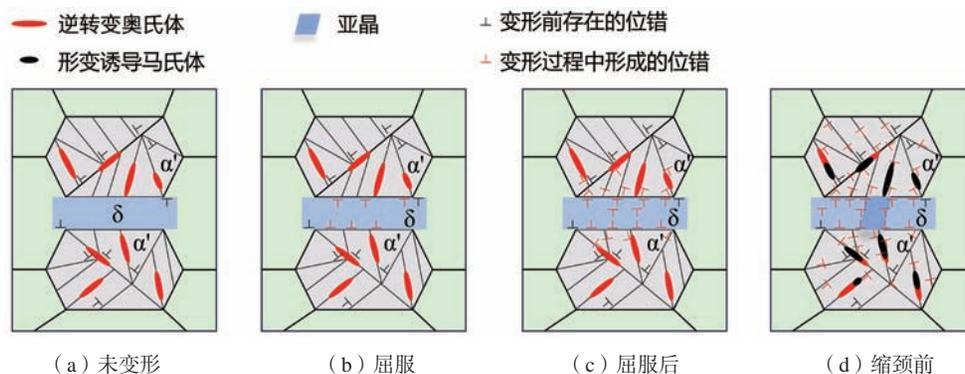


图7 拉伸过程中多相组织塑性变形示意图

Fig. 7 Schematic diagram of multiphase microstructure during tensile deformation

3.2 智能化技术赋能铸铁铸钢技术发展

近年来, 各式工业软件与统计算法的运用在铸铁铸钢技术优化中的应用愈加广泛, 提高了铸造工艺过程中问题发现与解决的效率。而随着人工智能的进一步发展, 利用AI技术理清全流程工艺参数对多种铸造缺陷影响的内禀关系, 是可预见的技术发展方向。同时, AI技术在材料组织中的研究也在蓬勃发展, 因此运用机器学习或深度学习等技术参与高性能铸铁铸钢

的开发也将会是未来材料研究的重要手段。

3.3 绿色铸造的推进与创新

在可持续发展理念的推动下, 研发和应用更加环保的铸造工艺将成为未来的重要趋势。废钢的回收重熔等资源循环利用技术将得到进一步加强和创新, 电渣熔铸技术等环保高效的熔炼铸造技术也将不断得到完善和推广, 同时, 也会探索其他可循环利用的铸造

材料和资源,实现铸造产业的绿色发展。

3.4 铸铁铸钢组织性能的精细化研究与调控

随着对铸铁铸钢组织的深入了解,像铸铁中的碳化物、石墨以及基体组织与铸钢中的析出相和基体组织,对铸件整体性能的影响规律被逐渐揭示;同时,也对铸造工艺如何影响铸件组织有了更深刻的认识。以往很多凭借经验得到的工艺技术也能够更多地囊括在材料理论解释的框架中,实现铸铁铸钢组织性能的精细化研究与调控将是今后的重要发展方向。

4 总结与展望

本文梳理了2024世界铸造组织铸铁铸钢工艺技术国际论坛中相关学术报告与扩展摘要情况,展示了该领域的最新进展和未来趋势,为铸铁铸钢产业的发展提供了重要的指导和启示。智能化技术配合先进熔炼技术、铸造工艺技术和材料创新等是未来铸铁铸钢领域推动技术创新的主要手段。同时采用环保材料,优化生产流程等措施,可实现铸铁铸钢产业的持续发展。

参考文献:

- [1] LIN P, YANG X, XIAO Z, et al. Discussion on the current research status of manufacturing technology for large high-temperature alloy steel castings in 650 °C ultra supercritical units [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [2] XU E, TIAN L, XIE J, et al. Key forming technologies and applications of large steel castings for heavy equipment [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [3] LIANG H, LIU C, YIN Y, et al. Casting process design and production of ultra heavy ductile iron crossbeam [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [4] PU X, ZHANG Q, SHI L, et al. Casting process of large guideway grinding machine bed [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [5] ZHOU D, LI Y, MA Q, et al. Casting process and pre deformation prevention of large diameter retaining rings for steam turbines in production practice [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [6] ZHOU X, GUO Z, HUANG S, et al. Research, development, and application of manufacturing technology for oversized high-strength and tough alloy steel trackpad [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [7] LIN P, YANG X, LV Y, et al. Application of 3D design and simulation technology in the manufacturing of steel castings for extra large bridges [C]//The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [8] LU B, YANG S, TANG Z, et al. Design and production of diesel engine body blank parts [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [9] HUANG J, YANG C, LI C, et al. Study on optimization of casting process and microstructure of large CNC machine tool ductile iron bed [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [10] LI K, LI Z, WEI D, et al. Research on low residual-stress & high dimension-accuracy of iron castings for high-grade CNC machine tools [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [11] MONTAGNOLI A, MURA A, MAZZOCCO L. Analysis and mitigation of microporosity in spheroidal graphite cast iron castings [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [12] LI X, DENG H, CAO J, et al. Fracture analysis of QY26N heat-resistant steel exhaust pipe volute casting [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [13] SHI J, DI T, YU B. High-temperature deformation behavior and processing maps of as-cast borated stainless steel [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [14] JADWIGA K, ROBERT Ź, SANOCKI K, et al. Geometry conversion of cast elements of heating devices [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [15] LI R, QU Y, LI G, et al. Research on lost foam casting technique and wear resistance of ductile iron reinforced by TiC/CeO₂ particles [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [16] KARAKKUNNUMMAL B, PEDDETI K, SZYMAŃSKI Ł. Optimizing the impact performance of high manganese steel casting by controlling the pouring temperature and soaking time [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [17] CAO H, WANG Y, LOU Y. Simulation of electro-slag overflow forming and the appearance of the isolated liquid phase [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [18] CONG J, WANG H, WANG J, et al. A generic calculation method of choked section of gating systems based on the golden ratio and

- K-means clustering algorithm [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [19] POPIELARSKI P, SIKAR, ROGALEWICZ M. Ranking of selected production parameters in aspect of gas defects prediction in cast iron castings [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [20] LI Z, SHAN Y, HOU H, et al. Multi-factor process parameter optimization of S30432 continuous casting secondary cooling process [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [21] YANG S, MU Y, DONG P, et al. Casting process design and simulation of ductile iron gear box [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [22] YANG Y. Precision spray forming (PSF) of high performance alloys [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [23] FAN B, PENG C, CHENG W, et al. Analysis of the effect of scrap on the refractory lining and the application of new DVR material [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [24] LARSEN P. Production of steel castings in green sand [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [25] HAO X, CHEN R, LI R, et al. Digital three-phase constant melting speed protected atmosphere electroslag melting and casting furnace technology research [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [26] WANG Y, CAO H, LOU Y. Study on electroslag casting and welding of special ingot [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [27] GóRNY M, KAWALEC M, MAROSZ J, et al. Insights into carbides in cast iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [28] QI X, FAN J, ZHOU J, et al. Regression analysis of graphite characteristics and properties of gray cast iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [29] RAZAQ A, HAFEEZ M, JI X, et al. Effect of Ni, Ti and W alloying elements on the microstructure, mechanical and tribological properties [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [30] MIZUKI T, HIRAMOTO Y, TAKAHASHI T. Effect of composition on the corrosion resistance of cast iron to concentrated sulfuric acid [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [31] ALONSO G, BRAVO B, QUINTANA I, et al. Influence of graphite morphology on the frequency response function of brake discs [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [32] SHI D, GAO G, WANG X. Influence of active oxygen on vermicularizing effect and method of evaluating the vermicularity [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [33] ZHANG G, LIU H. Graphite growth and shrinkage formation during solidification of CGI [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [34] PETRIČ M, PRIJANOVIĆ M, MRVAR P, et al. Early stages of ba-containing inoculation in ductile cast iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [35] HARTUNG C, MICHELS L, HOEL E, et al. Effect of inoculation, section size and cooling rate on microstructure and inclusion characteristics in spheroidal graphite iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [36] STAN I, CHISAMERA M, LASCUR, et al. Oxidation Behaviour of Inoculated Si/SiMo Spheroidal Graphite (Ductile) Cast Iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [37] ZHANG Z. The application of wire-feeding inoculation technology in the production of vermicular graphite cast iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [38] YAN Q, GONG W, LIU J. The Current status, problems and prospects of ADI in China: A review [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [39] NOFAL A. Novel Processing Techniques and Applications of ADI at CMRDI Adel Nofal [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [40] ZHU S, ZENG D, GUI J, et al. Effect of silicon on microstructure and properties of Cr12 high chromium cast iron [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [41] SUN L, WU Q. Corrosion behavior of austenitic cast iron in 3.5wt.%NaCl solution and 10wt% quartz sand [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [42] MARTINEZ R, ARTOLA G, ARRUEBARRENA G, et al. In-situ surface modification of high silicon ductile cast iron produced by sand mold casting [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [43] ZHANG P, LIU X, HE Y, et al. Low-Alloy Steel Refining Process [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [44] AN L, LIU H, WANG G. The role of microstructure regulation on magnetic properties of non-oriented silicon steels [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [45] LI C, WANG X, GAO Y, et al. Influence of intercritical quenching treatment on microstructure and mechanical properties in a high-

- strength low-alloy steel [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [46] WU Z, CHEN X. Research on strain partitioning and mechanical properties of a cast multiphase stainless steel [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [47] BRAMBILA J, NASCIMENTO F, SCHEIDHAUER N. Evaluation of optimum niobium addition in heat resistant cast steel (1.4837) and development of a low nickel grade with optimized niobium [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [48] YI Y, WANG C, LI W. Effect of Nb addition on microstructure, mechanical properties and wear resistance of medium carbon low alloy [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.
- [49] KASIŃSKA J. Improving the anti-wear properties of cast steel for working parts of mining industry equipment [C]// The 75th World Foundry Congress, Deyang, 2024.

Research Progress and Prospect of Cast Iron and Cast Steel Technology ——Cast Iron and Cast Steel Technology Forum of the 75th World Foundry Congress

HE Jing-yu¹, CHEN Xiang^{1,2}, WANG Yun-xia³

(1. School of Materials Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Key Laboratory for Advanced Materials Processing Technology, Ministry of Education, Beijing 100084, China; 3. China Academy of Machinery Shenyang Research Institute of Foundry Co., Ltd., Shenyang 110022, Liaoning, China)

Abstract:

The fields of cast iron and cast steel boast a long history and have contributed greatly to the industrial development of the country. As the traditional cornerstone of the foundry field, cast iron and cast steel continue to play an important role in industrial construction to this day. From October 25th to 30th, 2024, the 75th World Foundry Congress was successfully held in Deyang City, Sichuan Province. The Congress featured an International Forum on Cast Iron and Steel Casting Technology, which included 55 related papers from 12 countries, arranged 6 invited keynote presentations, and 10 special topic reports. This paper reviews the relevant presentations from the cast iron and steel forum, elucidating the key issues of concern in the current cast iron and cast steel field and summarizing the new development directions of cast iron and cast steel process technologies.

Key words:

foundry; large casting; spray forming; cast iron; cast steel; process optimization