

微合金化高强度钢轧制采用的工艺技术

韩绍根 郭晓明 安阳钢铁股份有限公司第二炼轧厂

【摘要】目前,在实际的钢轧制时仍然表现为复杂与专业等方面的特征,所以在钢轧制过程中,需要合理运用相关的工艺技术,从而确保生产质量。并且随着科技的进步,钢筋已然呈现高强度的钢筋发展趋势。微合金化高强度钢轧制采用的工艺技术分析如何在低碳、高韧性、高强度、易焊接等综合条件之下进行焊接组合,发挥热变处理技术的优势,能够降低昂贵合金的应用数量,以及减少作业成本与增强其相关方面的质量,从而探讨工艺技术的发展方向,解决当前钢轧制工艺成本过高以及相关工艺不符合要求的技术性问题。基于此,阐述了微合金钢定义、高强度钢和一般强度钢的主要区别、钢轧制采用的工艺技术以及微合金化元素对钢性能的主要影响,对微合金化高强度钢轧制工艺路径进行了探讨分析。

【关键词】微合金; 高强度; 钢; 区别; 钢轧制工艺技术

【DOI】10.12316/j.issn.1674-0831.2022.21.079

目前,高强度钢作为一种具有高性能的建筑材料在市场上有着广阔的发展前景,极大地推动了工业的发展。国内国际主流的钢轧制工艺技术大多数添加一些其他金属元素,尤其是用于精密仪器生产、船舶工业生产以及大型盾构机生产的钢,用这些金属元素的范围比较大,大多数是由于这些特殊的钢材需要采取大型化或高精密化,高速化的发展,因此对钢产量和质量的要求极高。在这样的工艺要求之下,如何提高钢产品的强度塑性,同时保障钢产品的韧性和耐腐蚀性,保障加工工艺的适应性和可焊接性就是技术发展的一个主要问题。

一、微合金钢定义

微合金钢是在普通低碳钢或者普通高强度低合金钢化学成分的基础上添加了微量合金元素(一般为强碳氮化物形成元素且其相关合金的含量一般在千分之一到千分之二之间),通常加入微量的相关合金元素后,都会改变钢的部分性能。微合金钢在发展过程中,主要是为了增强钢的屈服强度与减小晶粒,然后加入相关微量元素(比如钒、钛、铌等),现阶段这类微合金钢材质已经得到人们的广泛关注。

二、高强度钢和一般强度钢的主要区别

第一,高强度的钢材其具备明显的特征(比如其具备良好的屈服与极限抗拉等方面强度),换言之,物理性质相同(例如尺寸一样)的两种强度不同钢材进行比较,高强度的钢材比一般强度的钢材具有更加良好的持力性。所以在承载力能力一样的条件下,选取高强度的钢材,能够减少其截面尺寸,降低钢材的使用量。

第二,在同等承载力下,高强度钢材相关构件的截面尺寸相对要小,所以其能够降低相关构件的重量。在

实际的工程建设时,在重量降低的情况下,不仅能够缓解运输、安装等方面的难度,有利于相关作业的顺利开展,还可以提升其工作效率与效益。

第三,由于高强度钢材能够减少相关构件截面的大小,这样能够增强空间的使用效率,有利于对建筑空间的布置与装饰。特别是现阶段,高层、超高层建筑的日益增加,其空间的合理运用更显重要(例如地下室等),而选用高强度的钢材能够满足这种高层建筑的要求,这样才能够有效促进现代建筑的持续发展。

此外,基于高强度的钢材具备减少相关构件截面大小与构件重量等特征,使得其在现代建筑运用时,能够减少建筑结构的自身重量,保证建筑结构重量控制的规范标准内。同时还能够节约钢材应用数量,以及在保证相关构件功能的前提下,提升钢材的运用效率。

三、钢轧制采用的工艺技术

目前微合金发展的方向是通过析出一些金属元素的方法进行固化、强融,以及维复合转化的方法进行热机械控制。通过这种钢轧制的自动控制方法可以对厚度,数量以及宽度进行有效的调节。联合轧机速度干扰等方法对于成品的质量进行全方面的调控,避免出现衰减因素过多的问题。设备上也通常采取现代化的双机架来调节各项参数。特别是基于现代科技的进步发展(计算机、人工智能等技术)背景之下,各项参数的调节满足联动性的需求,对于加热能力的要求更高,可以在低温大压力的要求之下,尽可能提高自动喷焰装置的实际速度。目前主流的钢轧制采取的工艺包含高温热送装置以及自动切装焊接装置,自动夹具控制装置,其目的在于提高钢产品的生产质量,同时降低能源的消耗。

在“十四五”的总体战略发展背景之下，要想达到碳达峰、碳中和，就要进一步的节能节电，由提高钢产品的成材率，避免出现氧化问题以及改善废品的报废率。因此在目前的工艺升级上需要对温度进行控制。

目前常见的钢材轧制工艺主要表现为热轧、冷轧工艺，其工艺技术主要表现为：

1. 热轧工艺技术

(1) 合理选取原料。原料是获得高产、优质产品的关键。轧制成品所采用的原料一般有钢锭、钢坯和连铸坯。原料种类、尺寸和重量的选择，不仅要考虑对产量和产品质量的影响，而且要综合考虑生产技术经济指标及生产条件。热轧带钢采用的原料主要是初轧板坯和连铸板坯。(2) 加热。对热轧带钢的板坯加热，一般采用连续式加热炉。为了适应热轧产量增大的需要，无论是热滑轨式还是步进式，一方面采用多段式供热方式，以延长炉子高温区，实现强化操作快速烧钢；另一方面尽可能加大炉宽和炉长，扩大炉子容量。(3) 粗轧。热带钢轧制分为除鳞、粗轧和精轧几个阶段。与一般板带的轧制不同的是，热带钢轧制在粗轧阶段的宽度控制不但不用宽展，反而要采用立辊对宽度进行压缩，以调节板坯宽度和提高除鳞效果。(4) 精轧。精轧机座一般选用四辊式轧机，不带小立辊。机座数目有五架、六架、七架、八架，根据来料厚度及成品厚度的需要进行选用。精轧机组是真正的连轧，增加精轧架数，可以减轻各架负荷，有利于提高轧制速度和轧制更薄的产品。

2. 冷轧工艺技术

(1) 冷连轧带钢生产流程。酸洗、冷连轧、退火、平整。(2) 冷轧工艺特征。加工温度低，在轧制中将产生不同程度的加工硬化。工艺冷却：冷轧过程中产生的剧烈变形热和摩擦热使轧件和轧辊温度升高，轧制速度越高，压下量越大，冷却问题愈显得重要。因此加强冷轧过程中的冷却，才能保证轧制过程的顺利进行。工艺润滑冷轧采用工艺润滑的主要作用是减小金属的变形抗力，这不但有助于保证在已有的设备能力条件下实现更大的压下，还可使轧机能够经济可行地生产厚度更小的产品。冷轧过程中一般采用乳化液进行冷却和润滑。

四、微合金化元素对钢性能的主要影响

1. 钒

(1) 相关理论分析。在钢中合理加入钒元素后，其通常会产出VC、VN和V(N、C)，属中间相。在钒加入钢的过程中，其固溶量会基于温度增加也变得越来越，但是其他的量就会变得越小（比如VC、VN等）；

如果在加热的温度比较小，相关的碳化物基本上都能够全部溶解于奥氏体内，所以说由于其具有使用率高的优势，使得V是加入钢中的常见元素。并且V能够提升沉淀相的体积分数、密度与降低其间距，使钢性能得到改进提高。(2) 应用方面的分析。在一般的温度升高情况下，基于钒固溶度大的特征，使其很容易溶解在钢中，然后通过结晶等工艺，提升了钒运用在钢材直扎的优势特点。据有关研究分析，当N控制在相关的范围内，其一般不会对横裂有影响。

2. 铌

首先，相关理论的分析。该元素添加于钢中，其价值一般体现在通过结晶细化，以增强钢材性能（比如韧性与强度等），该元素是通过溶质拖曳机制置换溶质原子。在钢中添加铌元素，能够产生NbC~NbC_{0.87}间隙中间相。并且高于临界温度时，该元素影响再结晶主要体现为溶质拖曳机制。如果同时添加Nb与V后，不仅可以提升钢材的韧性，同时还可以改进其强度，主要是基于V的固溶温度小，具有沉淀功能；而Nb由于在温度比较低时，基本上不会溶解，能够发挥其结晶细化价值，从而确保微合金钢性能的提升。其次，应用方面的分析。在钢中添加铌元素，使得铌微合金钢具有诸多显著优势（比如韧性强、强度高、焊接成形性能完善等），使铌微合金钢得到广泛的推广运用。同时其在实际运用时也存在不同问题，比如钢生产厂家，在铌微合金钢生产过程中，笔者结合实践，分析其横裂产生的原因，主要体现在：第一，在横裂产生前期，横裂有可能产生在结晶器中，基于热流因素的影响，使得坯壳变化无规律，并且由于结晶器的振动等各方面原因影响，导致横裂产生变得日益严重；第二，在钢中添加铌元素的过程中，会出现诸多沉淀物（比如碳氮化物等），如果处于铸坯的顶弯与矫直温度范围中，形成塑性低谷，导致铸坯形成横裂现象。所以需要合理改进连铸冷却等工艺，确保热流正常。

3. 钛

(1) 钛微合金化理论分析。在全面脱氧时，钛会产生不同的化合物（依次表现为：氮、碳硫、碳氮以及碳等方面的化合物），其加入钢中，通常是通过TiC与Ti(C、N)等方面的方式存在。如果钛的含量比较少，其一般优先会与钢中的氮进行结合，基本上都是产生TiN，其中钢中的S是通过MnS的方式存在。假如持续提升钛的含量，剩下的钛和碳进行结合，则会产生TiC，这种东西在温度很低的时候，就能起到提升沉淀的功能。基于钛

这种元素固溶度小的特征,只有加入合适的量时,方可体现其价值。(2)钛在生产上的应用。适度添加钛元素在钢中,可以提高钢的强度,同时改进其相关功能(比如焊接方面的功能等)。此外由于该元素存在活性高且容易产生化合物的特征,在其结晶时,能够体现其沉淀作用。但是添加钛元素的这种微合金钢,与钒、铌相比较来说,其相关性能的变动范围比较大,制约了其在实际运用中的推广。

五、微合金化高强度钢轧制工艺路径

1.加热温度确定

通过温度控制的方法确定最佳的加热温度。目前主流的温度控制一般是在785MPa的强度之下,将温度控制在1100℃的范围之内。A公司所生产的圆钢的化学成分和机械性能就极高,其中相关微量元素的含量不足0.1%,通过这样的加热控制方法,可以进一步提高材料的稳定性。在加热完成之后,再通过900℃的温度最终将钢产品达到相应的技术要求和材料要求。温度控制在800℃时,冷却速度达到每秒13℃,可以进一步降低珠光体形成过程当中出现的杂质概率。除此之外,在控制的方面还可以采取控轧控冷的技术方法,这种方法可以对生产细小的铁素体晶粒进行有效的控制,进一步改善工艺的强度和韧性,从而使得生产出的产品能够满足目前市场的需求。在计算机微电子技术的指导下,调节相应参数,配备高强度钢的生产技术,要求可以对钢当中含有的金属元素进行极大程度地排除,避免由于微量元素的存在而造成奥氏体再结晶,影响整体的硬性要求。

2.形变热处理工艺

在高强度钢轧制工艺的技术控制上,最重要的一个性能就是要防止钢板的延伸度变化,提高这种固化性能。通过细化晶粒晶界强化的方法,进一步改善高强度钢的实际强度。在这个过程当中,形变热处理技术就是整个环节的核心。在计算的过程当中,需要对铁素体,珠光体,乌氏体,贝氏体相关的元素进行计算,了解单晶体时屈服强度,沉淀强化作用的增量以及错位强化作用的增量,在不同数据的计算之下尽可能的提高相关钢铁材料的韧性和独特性能。从目前我国宝钢公司以及其他国际先进公司获得的数据性能来看,宝钢公司所生产的圆钢的化学成分和机械性能就极高,其中相关微量元素的含量不足0.1%,具体的机械控制效果较好,可以满足快速冷却的要求。宝钢公司还采取ACC冷却的方法,对于相关的钢材进行有效地冷却控制,温度控制在800℃时,冷却速度达到每秒13℃可以进一步降低珠光体形成

过程当中出现的杂质概率。除此之外,技术人员还可以通过钢板在控温条件之下马氏体转变的形态变化,了解钢材的中心温度和表面温度之间的差值,进行短期高冷自动回火。

3.直接淬火与再加工淬火的性能比较

通过分析可以看出,采取不同的工艺对于高强度钢的制作具有不同的影响,可以从目前的分析结果看出,加快奥氏体铁素体的相变情况,可以进一步提高高强度板的实际性能。在钢铁当中加入0.02%的Nb,屈服强度可以提升6%~7%。这种沉淀强化的方法更有利于改善生产厚板的工艺性能,通过生产微合金高强度钢使用的主要设备,提高工艺传导机制的控制,在人工智能技术以及数据平台分析的技术之下,加入高强度微合金钢的透彻性和淬透性能够进一步提高钢材原料的实际性能。通过这样加热的方式,在回火之后有更高的强度,对于氢致裂纹也有更好的抵抗性。因此在实际的工艺升级当中,可采取高钢度系数的牌坊和大功率主机的方法进行实际的要素控制。目前相关钢铁公司应用的主要设备包含强力闸机与水冷装置,其作用在于形变热处理和直接淬火加回火以及再加热淬火加回火性能整体较好。

六、结论

我国在对高强度钢的生产上虽然还存在着不足,但从来没有停止对该材料研究,对其自身的抗震性能和在建筑施工中对抗震设计的方法都进行了长期的学习和研究。微合金化生产高强度钢材可以显著地提高强度适应性问题,实现低温大压下量的形变热处理工艺。同时,这样的生产技术方法对于钢材的碳当量和韧性要求较高,因此在未来还需要不断的完善工艺环境,通过主机和作业线上的设备配合,尽可能改善整体高强度钢的生产质量技术要求,提高整体的处理有效性。改善主机与设备线上的一体化匹配程度,提升操作适应性。

参考文献:

- [1]郭雄伟,等.钛/钢层合板轧制复合研究进展与展望[J].中国冶金,2021(03).
- [2]张帅.球磨机钢球用B2圆钢的研发及质量控制[J].河北冶金,2018(04).
- [3]王卓,等.Cr12MoV冷作模具扁钢轧制弯曲原因分析[J].河北冶金,2020(12).
- [4]孙荣生,等.1200 MPa级冷轧先进高强钢轧制稳定性的分析及控制[J].轧钢,2020(06).
- [5]李复磊.X65M钢温度-变形轧制控制技术的生产实践[J].山东冶金,2021(01).
- [6]刘洁,张志红.铸态Mn18Cr18N钢轧制热压缩实验分析[J].锻压技术,2021(01).