

# 工艺对冷轧板连退组织和性能影响分析

胡强,李娜

(余钢铁股份有限公司,江西 新余 338000)

**摘要:**冷轧板是当前国内建筑、搪瓷、汽车、家电等领域生产制造工作中不可或缺的重要金属材料,从热轧工艺的应用必要性入手,对这一工艺对冷轧板的影响因素进行介绍,并重点分析热轧工艺对冷轧板组织性能的影响,以期在真正认识热轧工艺操作步骤对冷轧板组织性能影响的基础上,为当前冷轧板生产制造工艺的优化带来启发。

**关键词:**热轧工艺;冷轧板;退火;组织性能**中图分类号:**TG142.1**文献标识码:**A**文章编号:**1004-7344(2023)16-0142-03

## 0 引言

在工业化进程不断推进的背景下,冷轧板作为一种性能较好的钢制品,在金属加工制造业,得到了广泛应用。现阶段,为切实提升冷轧板组织性能,保证冷轧板在实际应用过程中满足人们实际需要,对热轧工艺对冷轧板组织性能产生影响的因素进行分析,并制定合适的工艺优化方案,属于提升冷轧板品质的重要举措。故研究此项课题,具有十分重要的意义。

## 1 热轧工艺的应用必要性和连续退火工艺发展历史

### 1.1 热轧工艺的应用必要性

热轧工艺是一种在钢材加工过程中,在温度达到钢材中相应元素结晶温度值以上后,对钢材进行轧制处理的技术方法,在当前的热轧加工过程中,首先,要将铸胚放在加热炉中,逐渐升温,并应用合适的方式,去除升温过程中铸胚表面产生的磷皮。其次,对铸胚进行初步处理后,开始粗轧工作。再次,在将铸胚粗轧至相应厚度后,开始精轧工作,使粗坯的厚度达到目标厚度。最后,利用卷取机将精轧得到的钢材卷曲成筒。现阶段,在钢材加工过程中,较为常用的热轧工艺主要包括铁模铸造与半连续性铸造两种方式,在实际应用过程中,这两种铸造方式都存在一定的不足。在此背景下,为了切实满足金属加工行业的实际需要,具备更高屈服极限、抗拉强度与深冲性能的冷轧板受到了人们的广泛欢迎。但需要注意的是,受冷轧板在实际生产过程中的流程较长,为了节约产品的生产时间,将热轧工艺融入冷轧板的生产工作中,缩短冷轧板的生产时间,成为当前冷轧板生产活动中较为常见的现象。通过对冷轧板组织性能进行分析,可以了解到热轧工艺在冷轧

板生产过程中存在的不足,便于在后续的冷轧板生产过程中,对产品生产流程进行进一步的改良,切实提升冷轧板的产品轧制效果,为我国金属加工行业的发展提供支持。同时,考虑到当前的金属加工业消耗的资源量较多、产生的浪费较为严重,对冷轧板生产制造过程中的热轧工艺进行优化,同样可以为金属加工制造业的资源节约、成本降低提供助力,在满足金属加工制造业发展需要的基础上,为资源节约型、环境优化型社会的发展提供支持<sup>[1]</sup>。

### 1.2 连续退火工艺发展历史

连续退火工艺经过多年发展,研发出了多种方法,其基础以设备技术细节和冶金学原理为主,具体如下。

- (1)日本制钢公司研制的连续退火线 CAPL。
- (2)日本钢管公司研制的连续退火线 NKK-CAL。
- (3)川崎制钢公司研制的 KM-CAL。
- (4)比利时 CRM 研制的水淬火法 Howaq。

退火温度初期的冷却方式,是上述几种退火工艺的差别之一,在这个阶段,全部工艺都希望得到力学性能达标的钢,所采取的方法为在冷却时采取中等速度,使钢材快速冷却。

**CAPL 工艺:**该工艺在钢初期冷却时,采取的方式为气流喷射,然后通过气和水雾混合物加速冷却。但在经过更新后,CAPL 机组的冷却方式发生了一定变化,主要变为利用冷却辊。

**NKK-CAL 工艺:**将钢放置于水中做降温处理,相较于其他冷却方式,此种方式的冷却速度较快。在控制冷却速度时,通常会借助水冷辊。若采取此类方式冷却,在过时效处理时,应对钢进行加热。

**KM-CAL 工艺:**该工艺的冷却方式主要是冷却辊和

气体喷射结合使用,想要控制冷却速度,仅需调整氢含量变化即可。

**Howaq 工艺:**在沸腾的水内放置带钢,使冷却速度保持在中等状态,在经过一段时间的冷却后,即可得到过时效温度。若有需求,可以采用水雾冷却的方法,进一步降低钢的温度,以强化冷却效果。

## 2 热轧工艺对冷轧板的影响

在当前的冷轧板生产制造过程中,热轧工艺可以通过控制钢材中氧化铝溶解、析出量的方式,对产品的组织性能产生影响。而会对氧化铝溶解、析出量产生影响的因素还包括原材料的成分、热轧卷曲温度、终轧温度等。现阶段,为了切实了解热轧工艺对冷轧板组织性能的影响,需要对上述因素进行深入分析。

### 2.1 原材料的成分

原材料中除铁元素外,其他成分的含量多少会在一定程度上影响冷轧板成品的质量。具体介绍如下:

①碳元素是当前钢材中较为常见的元素,其含量会对冷轧钢产品的强度产生明显的影响,若碳含量过少,那么冷轧钢产品的强度、硬度将有所下降;若碳含量过多,那么冷轧钢产品的脆度将会有所增加。②生产冷轧板的钢材原料中铝元素的含量会对冷轧钢成品的延伸率、强度、硬度等产生明显的影响。具体来说,在加工过程中,原料中铝元素可以在一定程度上被看作为脱氧剂,适量的铝元素可以提升产品的纯净度、强化产品的深冲性能;若原料中铝元素过多,那么钢材中的含氧量必然有所下降,冷轧板成品的延伸率将会有所提高;若原料中铝元素含量过多,会导致成品的强度与硬度有所下降。③原料中锰元素的高低会在一定程度上影响冷轧板成品的耐磨性、硬度与强度,在实际加工过程中,为了增强冷轧板成品的硬度与强度,可以通过在热轧工作中适量提升锰元素含量的方式,提高冷轧板成品的品质。④在炼钢过程中,加入适量的硅进行脱氧,既可以有效增强钢液的流动性,同时控制原材料以及钢材加工过程中硅元素的多少,可以实现冷轧板屈服点高低与抗拉强度大小的有效调控。⑤脱硫率是炼钢过程中必不可少的指标,若原材料中的硫元素含量过高,那么冷轧板的耐腐蚀性与力学性能将会大幅度下降,钢材开裂的可能性将会大幅度上升。⑥磷元素同样会对冷轧板生产过程中产生不利影响的元素,若原材料中磷元素的含量过高,那么在加工过程中,原料中磷元素的偏析将会导致冷轧板产品的韧性有所下降<sup>[2]</sup>。

### 2.2 退火工艺

在冷轧板生产过程中,退火工艺主要是消除前一

道酸洗轧制加工造成的加工硬化,组织再结晶,改善带钢的微观组织,获得所需要的目标强度,塑性及延时性能。现阶段,为了切实提升冷轧板的质量,在退火过程中,需要依据产品的实际需要,对退火温度进行严格的把控。具体来说,在退火过程中,若退火温度过高,那么产品的强度与硬度将会有所降低;若退火温度过低,那么钢材的延伸率将会有所降低。退火工艺技术路线如图1所示。

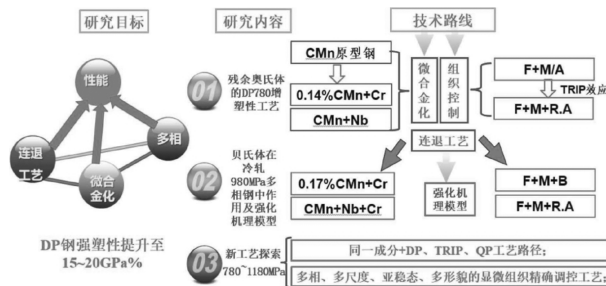


图1 退火工艺技术路线

### 2.3 热轧卷曲温度

热轧卷曲温度会对冷轧板的组织性能产生明显的影响,以铝镇静钢为原料的冷轧板生产工作为例,在热轧工作中,较高的卷曲温度,可以提高轧钢中氮化铝的析出速度,并且在后续冷轧钢连续退火工作中,形成形核区域,为再结晶工作的开展、固氮效果的增强提供有效的支持,从而达到提高冷轧板时效性的目的。若在实际加工过程中,轧钢的卷曲温度较低,那么在极冷工作中,氮化铝的析出量必然会有所下降,进而增大了连续退火过程中再结晶工作的难度。需要注意的是,铝镇静钢中的氮化铝一般会在 600℃左右的环境下开始析出,若温度过高,氮化铝析出量过大,那么将会对后续冷轧板组织结构形成、冲压性的加强产生一定的影响。现阶段,为了在保证连续退火工作中再结晶工作顺利开展,同时,控制氮化铝的析出量,选择合适的卷曲温度,并对其进行管控成为一项极为必要的工作<sup>[3]</sup>。

### 2.4 终轧温度

对冷轧钢进行分析后可以了解到,冷轧钢产品生产过程中,热轧工艺的终轧温度也会对产品的组织性能产生一定的影响。具体来说,在终轧温度较高的情况下,观察产品的纤维结构,可以发现,此时冷轧钢板样品的显微结构相对整齐;若中轧温度较低,那么观察到的冷轧钢板样品的显微结构则较为混乱。同时,随着热轧工艺中轧温度的不断提高,冷轧钢板的深冲性能也随着增强。

## 3 试验分析

现阶段,为了切实了解不同影响因素对冷轧板组

织性能的具体影响,可以采用控制变量的试验分析方法,对热轧工艺的应用情况进行分析。具体如下。

### 3.1 设备及方法

某款冷轧板材的总变形量为70%,材料除了包含铁元素外,包含C、Al、Si、Mn、P、S等元素,同时,对冷轧板材的热轧卷力学性能进行测定,可以得到,在钢材的厚度为3.5mm的情况下,其屈服强度达到了270MPa,抗拉强度为375MPa、延伸率为43%。为了切实了解热轧工艺对冷轧板组织性能的影响,可以利用剪板机从经过热轧卷冷轧处理的钢材上,剪下规格为250mm×150mm的矩形板,并将其放置在SRJX—4—9箱式电阻炉中进行再结晶退火处理。在实际操作过程中,为了实现热轧工艺影响因素的有效控制,具体退火步骤为:①在升温过程中,考虑到在540℃的条件下,氮化铝的析出速率较慢,因此,在箱式电阻炉的温度升高至540℃前,可以应用每小时180℃的升温速度进行升温处理,在温度达到540℃后,控制电阻炉的升温速度为每小时升温30℃,在电阻炉的温度分别达到690℃、

700℃、710℃时,进行6h的保温处理。②在保温工作结束后,停止保温操作,使电阻炉降温至120℃,将钢材取出,静置,直至钢材的温度降至室温。③在钢材温度降至室温后,按照国标将其加工成标准拉伸试样,利用UTM5105万能材料试验机,对其进行拉伸处理。④将钢材制成金相试样,利用Axiovert.AI蔡司显微镜,观察试样的金相。⑤利用Mo靶X射线衍射仪,测定其不完整构图,计算取向分布函数,然后开展织构分析工作<sup>[4]</sup>。

### 3.2 结果与讨论

#### 3.2.1 退火工艺对性能的影响

在实验过程中,选择了2卷经过热轧处理的钢材,将其分别编号为甲、乙,在热轧处理后,采用70%的冷轧变形处理,然后分别采用690℃、700℃、710℃的退火温度,并对退火得到的钢材样本进行力学性能分析,得到如表1所示的分析结果。对表中的数据分析后可以发现,尽管在700℃时钢材的强度较低,但冷轧板的成型性能较为优良。

表1 退火温度对性能的影响

退火温度/℃	编号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	屈强比/Rm	延伸率/%	硬化指数	r 值
690	甲	225	305	0.74	42	0.24	1.68
	乙	215	302	0.71	41	0.26	1.70
700	甲	220	298	0.74	44	0.27	1.75
	乙	212	290	0.73	42	0.27	1.89
710	甲	225	304	0.74	40	0.25	1.80
	乙	220	300	0.73	42	0.26	1.87

#### 3.2.2 退火工艺对组织的影响

在退火温度分别为690℃、700℃、710℃的情况下,各钢板的横截面、纵截面以及轧制面的金相组织形貌有所差别。对金相组织形貌进行分析后可以发现,在不同退火温度下,钢组织均以饼型的铁素体为主体,在退火温度为700℃时,钢组织的晶粒大小最为均匀,这一条件下,材料成型性能更优<sup>[4]</sup>。

### 4 结语

总而言之,在冷轧板生产制造过程中,会对其组织性能产生影响的因素较多,热轧工艺是会对冷轧板组织性能产生影响的重要因素之一。对这一影响因素进行深入分析,可以实现钢材轧制工艺的进一步优化,在减少冷轧板生产过程中资源浪费现象出现概率的基础上,为冷轧板品质的提升提供有效的支持。并且通过试验分析可以了解到,在某款冷轧钢的生产过程中,控制冷轧板总变形量不变,在退火温度为700℃时,显微组织主要为饼形铁素体,晶粒较为均匀,其纤维织构大幅度增强,r值大幅提升,因此,在700℃情况,这款冷轧板

的成型组织性能最优。

### 参考文献

- [1] 梁金鹏,王宁,崔宪武.微合金冷轧高强钢组织性能的研究[J].甘肃冶金,2021,43(4):71-77.
- [2] 韩刚,高社勇,苗素静.热轧工艺对冷轧板连退组织和性能的影响[J].内燃机与配件,2021(14):42-43.
- [3] 焦海涛.薄带连铸无取向硅钢形变及热处理过程组织性能调控机理[D].沈阳:东北大学,2019.
- [4] 张家铭,余伟,张泽宇.工业纯钛热轧及冷轧板表面缺陷研究[J].金属功能材料,2020,27(1):8-15.
- [5] 飞尚才,蒋小霞,苟宁年,等.退火温度对基于CSP热轧板生产的DQ级冷轧板组织性能和织构的影响[J].矿冶工程,2020,40(3):120-122,132.

作者简介:胡强(1984—),男,汉族,江西新余人,本科,工程师,主要从事卷板工艺工作。

李娜(1985—),女,汉族,陕西渭南人,本科,工程师,主要从事工艺化验工作。