

铝加工分切工序张力控制技术研究

李国鹏

河南中孚高精铝材有限公司 河南 巩义 451200

摘要: 本文旨在探讨铝加工分切工序中的张力控制技术, 分析影响张力的关键因素, 并介绍当前张力控制的主要方法和策略。通过理论分析和系统建模, 本文旨在为铝加工分切工序提供有效的张力控制方案, 以提高产品质量和生产效率。

关键词: 铝加工; 分切工序; 张力控制

引言

铝加工分切工序是铝带加工的重要环节, 张力控制是确保分切质量的关键技术。合理的张力控制能够防止铝带在分切过程中出现卷曲、翘曲和变形等问题, 从而保证产品的稳定性和一致性。本文将从张力控制的基本原理出发, 分析影响张力的因素, 并探讨张力控制的主要方法和策略。

1 铝加工分切工序张力控制的基本原理

在铝加工的分切工序中, 张力控制是一个至关重要的环节, 其核心在于通过精确调节铝带所受的拉伸力, 确保其在整个分切过程中维持在一个稳定且适宜的范围内。这一控制机制不仅关乎铝带的平稳输送, 还直接影响到分切后的产品质量与性能。张力的产生并非单一因素作用的结果, 而是多个物理参数综合影响的体现。具体来说, 它与铝带的弹性模量(即材料抵抗形变的能力)、横截面积(决定受力面积的大小)、牵引长度(即铝带在分切过程中被释放的长度)以及传送时间(铝带从放卷到收卷所需的时间)等因素密切相关。这些因素共同作用于铝带, 形成并影响其张力状态^[1]。在分切机的实际操作中, 张力控制的实现依赖于一套精密的调控系统。该系统根据活套深度不断调节放卷段的速度, 维持活套的稳定并确保铝带在输送给收卷机的过程中保持恒定的张力。控制系统根据传感器(激光测速仪、编码器、张力计、负压传感器等)反馈数据, 通过驱动执行机构(如电机、真空负压辊等)进行快速而精确的调整, 以确保张力始终维持在预设范围内。

2 铝加工分切工序影响张力的因素

2.1 机器运行速度

在铝加工的分切工序中, 机器的运行速度是影响张力控制的关键因素之一, 其变化对张力的稳定性具有显著且复杂的影响。具体来说, 分切机的运行速度包括加速、减速和匀速三个阶段, 每个阶段都会对张力产生不

同的作用。在加速阶段, 由于惯性作用, 铝带会受到一个额外的拉伸力, 这个力会瞬间增大铝带的张力。这种张力的增大是暂时的, 但随着加速度的增加, 它可能对铝带的平整度和分切质量产生不利影响。因此, 在加速过程中, 需要精确控制加速度的大小, 以确保张力变化在可接受的范围内。相反, 在减速阶段, 铝带的张力可能会减小。这是因为随着速度的降低, 铝带所受的拉伸力逐渐减小, 导致张力下降。如果减速过快, 可能会导致铝带出现松弛或褶皱, 影响分切效果。因此, 减速过程也需要精心控制, 以确保张力的平稳过渡。即使在匀速运行阶段, 速度的变化率(即加速度或减速度)仍可能对张力产生微妙的影响。特别是在高速运行状态下, 任何微小的速度波动都可能被放大, 导致张力的不稳定。因此, 在匀速运行过程中, 需要采用高精度的速度控制算法和稳定的驱动系统, 以确保机器速度尽可能保持恒定, 从而减小对张力的影响。

2.2 卷径变化

在铝加工的分切工序中, 卷径的变化是张力控制中不可忽视的重要因素。随着收卷和放卷过程的进行, 卷径会逐渐发生变化, 这一变化对铝带所受的张力具有显著影响。卷径的变化会直接导致铝带在卷筒上的缠绕角度和接触面积的改变。当卷径较小时, 铝带与卷筒的接触面积相对较小, 缠绕角度也较小, 这可能导致铝带在卷筒上分布不均, 张力出现局部过大的情况。相反, 当卷径较大时, 接触面积和缠绕角度都会增大, 铝带在卷筒上的分布相对均匀, 但张力的整体大小可能会因为卷筒的增大而发生变化。特别是在卷径变化较为剧烈的时候, 如从较小卷径快速过渡到较大卷径, 或者从较大卷径快速减小到较小卷径时, 张力的波动可能更为显著。这种波动不仅会影响铝带的平整度和分切质量, 还可能对分切机的稳定运行造成不利影响。

2.3 原材料松紧度

在铝加工的分切工序中,原材料卷的松紧度是张力控制中极为关键的一个环节。原材料卷的松紧度直接影响到铝带在分切过程中的稳定性和张力控制的准确性。当原材料卷过松时,铝带在输送过程中可能会因为缺乏足够的张力支撑而出现褶皱或跑偏现象。这种褶皱或跑偏不仅会影响铝带的平整度和分切精度,还可能导致后续加工过程中的一系列问题,如铝带卡顿、断裂等。因此,确保原材料卷具有适当的紧度是避免这些问题的关键。相反,如果原材料卷过紧,铝带在分切过程中可能会受到过度的拉伸力,导致材料变形甚至断裂。这种情况不仅会影响分切质量,还可能造成原材料卷开卷后的表面粘伤等质量问题。因此,在上工序对原材料卷松紧度把控是至关重要的。

2.4 原材料材质

在铝加工分切工序中,原材料的材质特性对张力控制具有至关重要的影响。其中,弹性的波动、厚度的变化以及质量偏心是三个尤为关键的因素。原材料的弹性波动会直接影响张力的稳定性。若铝带的弹性在分切过程中发生波动,将导致张力难以维持恒定,进而影响分切的精度和铝带的平整度。因此,选择弹性稳定、一致的原材料是确保张力控制稳定的关键。厚度的变化同样对张力控制产生显著影响。铝带的厚度不一致会导致其在分切过程中受力面积的变化,进而改变传递的张力大小。这种变化不仅会影响分切质量,还可能导致铝带在后续加工中出现质量问题^[2]。因此,严格控制原材料的厚度公差是确保张力控制准确性的重要措施。此外,原材料的质量偏心也是一个不容忽视的因素。质量偏心会导致铝带在输送过程中受力不均,进而影响张力的均匀分布。这种不均匀受力不仅会影响分切效果,还可能导致铝带出现裂纹、断裂等质量问题。因此,在原材料选择和准备阶段,应严格检测并剔除存在质量偏心的铝带,以确保张力控制的稳定性和分切质量。

2.5 分切机传动机构

在铝加工分切工序中,分切机的传动机构扮演着至关重要的角色,其平衡性和负压稳定性直接关乎张力控制的精确性。传动机构,包括稳定辊、纵剪、夹送辊(真空辊)、展平辊等,它们共同协作,确保铝带在分切过程中平稳、均匀地输送。若传动机构存在不平衡问题,如辊子磨损不均、安装位置偏差等,将导致铝带在通过这些机构时受到额外的力或摩擦力。这种不均匀的受力状态会破坏张力的稳定性,进而影响分切的精度和铝带的整体质量。同时,气压稳定性也是传动机构中不可忽视的一环。许多传动机构依赖气压系统来控制其运

动和位置,因此气压的波动会直接影响传动机构的稳定性和准确性。若气压不稳定,将导致辊子的位置和压力发生变化,进而对张力控制产生干扰。为确保张力控制的精确性,必须定期对分切机的传动机构进行检查和调整。这包括检查辊子的磨损情况、安装位置以及气压系统的稳定性,并根据实际情况进行必要的维修和调整。只有这样,才能确保传动机构在分切过程中始终保持平衡和稳定,为张力控制提供有力保障。

3 铝加工分切工序张力控制的主要方法和策略

3.1 手动张力控制

在铝加工分切的工艺流程里,手动张力控制作为一种普遍应用的传统方法,其核心在于通过人工操作来适时调整张力大小。随着收卷或放卷过程中卷径的自然变化,操作者需依据现场实际情况,利用手动电源装置进行张力调节。这一过程中,操作者会综合考虑多个因素,包括但不限于铝带的材质特性、卷径的当前尺寸以及期望的张力值等。他们通过手动调节电机转速、制动系统或离合装置的相关参数,来间接影响铝带在输送和卷绕过程中的张力状态。这种调节往往依赖于操作者的直观感受和长期积累的经验,以确保铝带在分切时能够保持稳定的张力水平。然而,需要指出的是,手动张力控制虽然操作简便且直观,但其控制精度和稳定性却受到诸多限制。一方面,它高度依赖于操作者的个人技能和经验水平,不同操作者之间可能存在显著的差异;另一方面,手动调节难以实时、精确地响应张力变化,特别是在高速或高精度要求的分切作业中,这种局限性尤为明显。因此,尽管手动张力控制在铝加工分切领域仍有一定的应用空间,但随着技术的不断进步和自动化、智能化水平的提升,越来越多的企业开始倾向于采用更为先进、精准的张力控制系统,以更好地满足高效生产和高质量产品的需求。

3.2 开环张力控制

3.2.1 卷径检测与实时估算

在收卷和放卷电机上安装高分辨率的旋转编码器,用于实时监测轴的旋转速度和累积旋转角度。并与控制系统实现信号传输,确保数据的实时性和准确性。根据已知的材料厚度和编码器输出的旋转角度,系统内部会运行一个卷径估算算法。该算法会不断累加旋转角度,并据此计算出卷径的变化。为了提高估算精度,算法还需考虑材料的弹性变形、压缩等因素,并对其进行修正。估算出的卷径值会实时反馈给控制系统,控制系统根据卷径的变化,调整电机的输出力矩,以保持张力恒定。

3.2.2 力矩调整与优化

在控制系统内部，会预设一套基于材料类型、厚度、弹性模量和所需张力的参数。这些参数包括电机的最大和最小输出力矩、加速度和减速度等。在卷绕过程中，控制系统会根据卷径的变化和预设的参数，动态调整电机的输出力矩。例如，当卷径增大时，所需收卷力矩会减少，控制系统会相应降低电机的输出力矩；反之，当卷径减小时，所需收卷力矩会增加，控制系统会提高电机的输出力矩^[3]。为了防止电机过载或材料损坏，控制系统会设置一系列保护机制。例如，当计算出的力矩超过电机的最大输出力矩时，系统会发出报警信号，并降低速度或停止运行。

3.2.3 局限性分析

由于卷径估算和力矩调整的算法都是基于预设的参数和假设，因此在实际应用中可能会存在一定的精度限制。特别是在材料厚度不均匀或卷绕速度变化较大的情况下，这种限制可能会更加明显。当材料特性（如弹性模量、摩擦系数等）或工艺条件（如速度、温度等）发生变化时，闭环控制可能无法及时响应并调整至最优状态。这可能会导致张力波动或材料损坏等问题。

3.3 闭环张力控制

3.3.1 反馈器件与信号采集

在材料路径的关键位置（如放卷和纵剪之间、活套之后等）安装张力、激光测速等传感器。这些传感器能够实时监测材料上的张力、实际带材速度，并将其转换为电信号进行传输。在活套出口设置真空负压辊或者夹送辊，通过真空负压系统使材料吸附到真空辊上来跟收卷机建张。采集到的张力信号或真空负压信号会经过放大、滤波和模数转换等处理，然后输入到控制系统中进行进一步的处理和分析。

3.3.2 PID调节与控制算法

在控制系统中设计PID控制器，用于根据采集到的反馈信号与预设的张力目标值进行比较，并计算出需要调整的电机速度或转矩。PID算法中的比例项（P）、积分项（I）和微分项（D）分别用于快速响应误差、消除静态误差和预测未来变化。通过调试和实验，确定PID控制

器的最佳参数（如 K_p 、 K_i 、 K_d ）。这些参数的选择会影响控制器的性能和稳定性。在实际应用中，可能需要根据具体工况和材料特性进行微调。根据PID算法的计算结果，控制系统会实时调整变频器的输出频率和电压，从而改变电机的速度和转矩^[4]。这种调整是连续的、动态的，并且能够快速响应张力变化。

3.3.3 精度与稳定性分析

由于引入了反馈机制，闭环控制能够实时修正误差并快速响应变化，从而实现了更高的张力控制精度。这种精度对于保证产品质量和减少材料浪费至关重要。在材料特性或工艺条件发生变化时，闭环控制能够自动调整并保持张力恒定。这种稳定性有助于减少生产过程中的波动和不确定性，提高生产效率和产品质量。闭环控制还具有较好的抗干扰能力。当外部干扰（如振动、噪声等）影响张力传感器或浮动辊系统的测量精度时，控制系统能够通过PID算法进行补偿和调整，从而保持张力的稳定性。

结语

铝加工分切工序中的张力控制技术是确保分切质量的关键。通过理论分析和系统建模，本文探讨了影响张力的关键因素，并介绍了当前张力控制的主要方法和策略。自动张力控制以其高精度和稳定性，在铝加工分切工序中具有广阔的应用前景。未来，随着技术的不断发展，张力控制系统将更加智能化和自动化，为铝加工行业带来更高的生产效率和产品质量。

参考文献

- [1]沈博.铝带分切机卷绕系统的张力控制研究[D].西安理工大学,2016.
- [2]谢俊文.MAI在SE3000铝带分切机张力控制上的应用[J].科技展望,2016,26(17):131-132+134.
- [3]许德文.铝带分切机.广西壮族自治区,广西百色兴和铝业有限公司,2019-02-05.
- [4]李会荣,王广林.FQ1850大卷径铝带分切机开卷锥头的优化设计[J].机械制造与自动化,2018,47(01):58+96.