

摇摆冲生产工艺在冲压制造中的实践研究

闫利乾¹ 高静芳²

1 河北科防冶金安全评价有限公司 2 石家庄科林电气设备有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12985

[摘要] 本文针对摇摆冲生产工艺在冲压制造中的应用展开研究,探讨其在提高生产效率、降低材料损耗及提升产品质量方面的优势,为新能源汽车的轻量化、高巡航提供依据参考。通过对摇摆冲工艺原理的分析,结合实际生产案例,研究了该工艺在复杂零件成形中的改进应用等。本文根据实践情况,提出了优化工艺的方案,为冲压制造行业提供了新的技术参考。实践研究结果对推动冲压制造技术的创新与升级具有重要意义。

[关键词] 摇摆冲工艺; 冲压制造; 生产效率; 工艺优化; 新能源汽车

中图分类号: U469 **文献标识码:** A

Practical Research on Swing Punching Production Process in Stamping Manufacturing

Liqian Yan¹ Jingfang Gao²

1 Hebei Kefang Metallurgical Safety Evaluation Co., Ltd

2 Shijiazhuang Kelin Electrical Equipment Co., Ltd

[Abstract] This article focuses on the application of swing punch production technology in stamping manufacturing, exploring its advantages in improving production efficiency, reducing material loss, and enhancing product quality, providing a reference for the lightweight and high cruising of new energy vehicles. By analyzing the principle of the swing punching process and combining it with practical production cases, the improvement and application of this process in the forming of complex parts were studied. This article proposes a plan to optimize the process based on practical situations, providing new technical references for the stamping manufacturing industry. The results of practical research are of great significance for promoting innovation and upgrading of stamping manufacturing technology.

[Key words] Swing punching process; Stamping manufacturing; Production efficiency; Process optimization; New energy vehicles

引言

我司专业生产中、小型电机用定、转子铁芯。年产定子冲片、转子冲片和定子铁芯12000吨,合计450万千瓦。铁芯是由槽片叠压而成,槽片是由光片冲制而成。光片的生产,现在已广泛采用摇摆冲生产线工艺。据中国汽车工业协会提供的相关数据,2024年我国新能源汽车产量突破1000万辆,并预计将会继续增长,摇摆冲工艺必将在电机定转子冲片中发挥积极作用,满足高性能硅钢片的节材、降耗,能精准保证高精度冲压,减少磁滞和涡流损耗,适应新能源汽车对高功率、高效率的需求,并且能以较低的投入实现一种产品的量产,且便于多品种之间的更换。生产线中通用设备可以定制,辅助设备需要根据产品特点配制,如接料手、废料输送、分拣等周边设备。

1 国内外现状及发展趋势

随着新能源汽车市场的快速增长,国内企业对摇摆冲设

备的需求增加,比亚迪、蔚来等车企已采用摇摆冲工艺生产电机冲片。国外摇摆冲工艺技术成熟,特斯拉、宝马等国外新能源汽车企业为满足在高精度、高效率和高一致性方面的要求,广泛采用摇摆冲工艺生产电机冲片。目前,电机定转子冲片的生产主要分为摇摆冲生产工艺和级进冲生产工艺,主要特点为:

摇摆冲生产—适合多品种、小批量,设备和模具投入较低,易实现品种更换、调整生产。

级进冲生产—设备和模具结构复杂一体化程度高,一次性投入也高,非常适合单一品种大批量生产,生产效率高。

电机定、转子铁芯制造项目主要实施内容分为两部分,一部分是:专用开卷机-摇摆定位送料机-专用压力机。第二部分是配套辅助装备,接料手、传送设备、分拣、整理装置。第一部分属重型装备根据我们提出的技术方案、工艺参数可通过市场定

制生产。第二部分涉及到的专业生产工艺性较强,完全自主设计研发生产。

鉴于以上两种生产方式,根据市场需求和我公司生产实际,我司采用了摇摆冲生产方式。采用开卷机-摇摆机-压力机构成的摇摆冲生产工艺后,产品需连续的从模口中有节拍的接出来,冲次越高这种节奏越快,收集和整理也需要有较高效的方法,我们在连杆机构和滑轮机构做了选择应用。由于设备空间上的局限性,就应考虑制成滑轮机构,做到压力机身的内部。项目完成后在节材、提效、提质、安全生产均会在同行业处于领先水平。在当下应对物料、人工成本上升和企业可持续发展过程中起到举足轻重的作用。

2 摇摆冲工艺介绍

摇摆冲工艺(也称“摇摆冲压”或“旋转冲压”)是一种高精度冲压技术,主要用于制造复杂形状的薄板零件,该工艺通过模具的特殊运动方式实现复杂零件的精密成形,能够实现高精度、高效率的生产,特别适合新能源车电机等高性能应用。

摇摆冲工艺与传统冲压的垂直直线运动不同,摇摆冲工艺的上模具(或下模具)在冲压过程中以摆动、旋转或倾斜的方式运动,形成多方位、渐进式的材料流动。材料在模具的多次摆动和局部施压下逐步变形,避免一次性大变形导致的破裂或起皱等,其次摆动动作使材料受力更均匀,减少局部应力集中,提升成形精度。

摇摆冲加工与传统冲压工艺优势主要表现在以下几方面:

2.1 加工精度与表面质量高

摇摆冲压模具在冲压过程中以摆动或倾斜运动接触材料,逐渐施压而非瞬间冲击,这样可减少砂钢片在冲切过程中的变形应力,相较于传统冲压,采用摇摆冲压生产的零件边缘毛刺更小,断面更平整,表面质量更高,避免了瞬间冲击力导致材料局部产生的应力集中,不容易产生毛刺或微裂纹。

2.2 工艺灵活

摇摆冲压可通过调整摆动角度和路径实现复杂零件加工,如阶梯形冲孔等,相比较传统冲压工艺,采用摇摆冲压避免了使用多套模具才能生产出复杂的零件形状,杜绝了因工艺链长而产生的累计误差,降低了产品成本。

2.3 模具使用寿命长

摇摆冲压的模具与材料的接触时渐进式剪切,减少了瞬间冲击对模具刃口的磨损,在相同的工况下摇摆冲的模具寿命相较于传统冲压模具的寿命可延长30%-50%,很好地降低了传统冲压采用高速冲击导致模具刃口磨损的几率,减少了模具维护成本,很适合小批量多品种产品的生产。

此外,摇摆冲压改变了传统手工送料的模式,避免了人机接触的可能,极大地提高了安全性;由于摇摆机的定位精准,可以使冲压产品的距离达到最小,能够实现相同布料,达到最佳产品分布,从而使原料的利用率得到了提高;摇摆冲工艺采用渐进式施压降低了瞬时功率需求,使能耗降低,噪音比传动冲压工艺降低了10-15分贝。摇摆冲压与传统冲压相关指标对比详见下表。

表2-1 摇摆冲与传统冲压个别指标对比

指标	摇摆冲压(1mm铝合金板)	传统冲压(1mm铝合金板)
断面毛刺高度	≤10 μm	≤2050 μm
模具寿命(万次)	4060	1525

此工艺应用在实际生产中,能够根据产品的不同来进行调整,满足公司全部产品需求,而且运行平稳。由于摇摆冲工艺在设备初期投资较高,可模具的使用寿命高、废品率低,长期来看综合成本更优。

3 摇摆冲工艺改进

生产线上产品的输出采用“接料手”源源不断的从冲模口接出来,才能实现连续性生产。那么选择“接料手”的形式,以及设计、制作、安装、使用是其中重要的环节。根据自身的特点,这次我们采用的滑轮机构,达到连续生产的目的。

采用摇摆冲生产工艺,材料通过送料机进入模具区域,由定位销确保板材位置准确,上模具以倾斜角度缓慢接触材料,开始剪切,模具在摆动过程中逐步增加压力,剪切力沿材料厚度方向分散,避免瞬间冲击,产品从模口次序接出,根据冲压的频率成正比,同时接收、码放产品需要与冲压频率相匹配,为此设置了连杆与滑轮机构。

由于车间设备布局的紧凑性,不宜将滑轮机构设置和设备外部,不但影响设备之间的维修空间和人员通行,同时还带来了一些不安全因素,因此将滑轮结构安装到内部。

因市场需求,公司产量不断增加,2020年底开始原材料上涨80%-90%。在生产中节材、节能、提效是有效降低生产成本的重要方面,节材是提高竞争力的最有效途径,所以有针对性的提出开展节材项目的研究迫在眉睫。我司每年钢材消耗量20000吨,若能节省3%-5%,就能够有效应对涨幅。

4 关键技术及工艺技术路线

设置的滑轮机构与接料小车的工作原理,详见图4.2-1所示:

4.1 滑轮结构

主要有动滑轮系、定滑轮系、接料小车、接料板、拉簧组成。

4.1.1 动滑轮系

将支座固定安装在压力机的滑块上,滑轮与负载共同运动,省力但不改变力的方向,拉力为负载重量的一半,随负载做上下往复运动。

4.1.2 定滑轮系

将支座固定在压力机本体上,支架固定不动,滑轮绕轴旋转,改变绳索运动方向,不省力,与接料小行程S相匹配。

4.1.3 接料小车

将小车运行导轨固定安装在压力机床上,接料小车由绳索牵引,在导轨上做往复运动。

4.1.4 接料板

接料小车上安装接料板,将冲压好的产品从模口接出后送到输送带上。

4.1.5 拉簧

由拉簧提供接料小车回程力矩。

工作原理和过程:滑轮组机构由定滑轮和动滑轮组合而成的机械装置,通过分配力的作用路径,达到省力又能改变力的方向的目的。若动滑轮由3段绳子悬挂,则 $n=3$,拉力为负载的 $1/3$;通过调整定滑轮的位置,可自由选择施力方向。定滑轮在实际应用中,滑轮机构安装在压力机身内,由拉簧提供回程力作用,将压力机滑块的上下运动转变为接料小车的水平往复运动,使接料板和进出模口的接料节拍与滑块的运动节拍相吻合,从而实现连续接料。

4.2 滑轮组个数的选择。

将一个定滑轮和一个动滑轮构成一组,动滑轮绳子端移动的距离 S 是轴端移动的距离 H 的2倍, $S=2H$,即滑块上升或下降一个单位,通过绳索传给接料小车的位移就是两倍的单位长度。滑轮组个数和接料小车位移 S 关系。见表4.2-1。

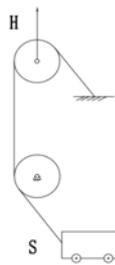


图4.2-1 小车位移与滑轮组示意图

表4.2-1 滑轮数量与小车位移关系对照表

滑轮组数量(n)	滑块行程(H)	小车位移(S)
1	H	$S=2H$
2	H	$S=4H$
3	H	$S=6H$
n	H	$S=2nH$

这样可以根据冲压产品的大小确定小车行程,然后依据表4.2-1选择滑轮组的数量。

此项目完成后应达到以下考核指标:

(1)生产效率增加20%-30%。班产量(按8小时计算)从原来的2米增加到2.5米。(2)节约人力成本15%-30%。工序整合,劳动定员减少。(3)节约原材料4%-5%左右。目前我公司月消耗原材料2000吨,每年大约20000吨。可实现节约钢材近千吨。符合国家压减产量、实现碳达峰和碳中和的发展要求。(4)提升产品质量,达到98.5%以上。自动化程度的提升有利于合格率的提升。(5)

安全生产、能源消耗、劳动强度均有良好的改善。安全生产和环境保护是当下的主题。生产方式的改革,人机结合有了根本性变换,从根本上杜绝了之前的事故隐患。生产效率的提高节约了电能,和我国现行的紧张的电能供应,实施的有序用电政策不谋而合。

5 结语

本研究通过对摇摆冲生产工艺在冲压制造中的实践应用进行深入分析,采用优化后的工艺在生产效率、降低材料损耗以及改善产品质量方面的优势显著。摇摆冲工艺通过优化工艺,有效解决了传统冲压中的技术瓶颈,为提高产品效率、节材降耗等方面提供了新的解决方案。为拓展我司在新能源汽车电机领域的业务提供了强有力的技术支持,随着新能源汽车产业的快速发展,摇摆冲工艺将在电机冲片生产中发挥更加重要的作用。其高精度、高效率、低噪声和低能耗的特点,不仅提升了电机性能和可靠性,还降低了生产成本,顺应了绿色制造的趋势。

然而,摇摆冲工艺在实际应用中仍有一些瓶颈问题亟待解决,如面临低速生产与现代规模化生产之间的矛盾,摇摆冲压的渐进式加工导致单次循环时间较长,很难满足新能源汽车大批量生产需求,未来研究需进一步探索其在大规模生产中的经济性和适用性。总体而言,摇摆冲改进工艺为冲压制造技术的创新与升级提供了重要方向,具有广阔的应用前景。希望本研究能为相关领域的技术发展提供参考,推动冲压制造行业向高效、高品质、可持续发展的方向迈进。

[参考文献]

- [1]王建国,李明.冲压成形技术的最新进展[J].机械工程学报,2020,56(12):45-52.
- [2]张伟,陈刚.摇摆冲工艺在复杂零件制造中的应用研究[J].制造技术与机床,2019,10(3):78-85.
- [3]李强,王芳.冲压模具设计与优化[M].北京:机械工业出版社,2021
- [4]刘洋,赵磊.摇摆冲工艺参数优化及其对材料性能的影响[J].材料科学与工程,2022,40(5):112-120.
- [5]孙伟,周鹏.冲压制造中的应力分析与控制[J].机械设计,2023,41(2):67-74.
- [6]黄志强,刘敏.冲压工艺的可持续发展研究[J].中国机械工程,2024,35(6):89-97.

作者简介:

闫利乾(1981--),男,汉族,河北石家庄人,大专,工程师,研究方向:机械加工、冲压、铸造、模具开发等。

高静芳(1982--),女,汉族,河北石家庄人,本科,工程师,研究方向:电气安全技术、工业自动化、电气智能化控制等。