

文章编号: 1002-6673 (2011) 06-091-03

彩钢板成型机冲裁机构刀具动态仿真与工艺优化

孙军, 朱宏, 许童, 米嵩

(沈阳建筑大学 交通与机械工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要: 优化彩钢板成型机冲裁机构刀具的冲裁工艺, 减小在冲裁薄件时刀具的冲裁力, 延长刀具使用寿命, 提高冲裁质量。对刀具不同凹刃口的倾斜角度和上下刀具纵向的不同间隙分别进行动态有限元模拟。通过动态有限元仿真结果得出, 凹刃口的倾斜角度在 4~5° 之间较为合适, 刀具的纵向合理间隙应为板材厚度的 7% 左右, 有利于实现减小刀具的冲裁力, 延长模具的使用寿命, 减小断面附近应力, 对板材后续的塑性变形加工起到优化作用。

关键词: 刀具刃口; 间隙; 动态有限元仿真

中图分类号: TP39 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1002-6673.2011.06.036

Dynamic Simulation and Technology Optimization of Cutter Mounted on the Color Plate Machine Blanking Mechanism

SUN Jun, ZHU Hong, XU Tong, MI Song

(Traffic and Mechanical Engineering School, Shenyang Jianzhu University, Shenyang Liaoning 110168, China)

Abstract: The paper aims to optimize the blanking technology of cutter mounted on the color plate machine blanking mechanism, which is means to reduce the blanking force of cutter, extend the life of cutter and improve the blanking quality. The effect when the cutter concave edge is in different inclination and the up and down cutters are in different lengthways clearance are simulated by dynamic finite element analysis method. The results of dynamic finite element analysis show that the reasonable inclination is 4~5°, and the rational clearance in lengthways is 7% of tube wall's thickness. It is useful to reduce blanking force and improve the life of the mold. Meanwhile it can reduce stress around the section, it also plays an optimized function to the plastic deformation process of the board.

Key words: cutting edge of cutter; clearance; dynamic finite element simulation

0 引言

板材连续生产过程中, 切断设备是整个生产线中的关键设备之一。由于板材在后续需要塑性变形的加工, 因此, 板材在断面处的残余应力愈小愈好。在以往的冲裁机构的设计中, 往往采用上下刀具为平直刃口的刀具。而刀具平直刃口所需的冲裁力要明显高于凹刃口刀具所需的冲裁力。除此之外, 减小冲裁力也对提高刀具的使用寿命起着重要的作用。因此, 减小冲裁力, 提高刀具使用寿命又不得不考虑到上下刀具的纵向间隙。但是, 许多设计者对刀具间隙只是取选择范围值的中间值, 并未对其进行分析实验。所以, 为保证在冲裁结构

的优化设计, 对彩钢板的薄板材进行动态有限元仿真分析, 达到优化的目的。

1 冲裁工艺分析

板材的冲裁力和刀具的刃口形状有直接关系, 这样如何设计刀具的刃口形状成为减小板材冲裁力的关键。此外, 减小刀具间隙, 会增大冲裁力, 缩短刀具的寿命。增大间隙, 可使制模、装配较为容易。所以, 选择间隙时就产生矛盾, 既要保证冲裁件有较好的质量, 又要想方设法提高刀具寿命。因此, 提高冲裁件的工艺质量和延长刀具的使用寿命需要从刀具冲裁力和刀具间隙两方面来考虑。

1.1 冲裁刀具的刃口分析

刀具的刃口形状可分为三种: 直刃口, 斜刃口, 凸(凹)刃口。根据冲裁力计算公式可得平直刃口的冲裁力大小为:

$$P=(1.2\sim 1.3)\times L\times T\times\tau \quad (1)$$

斜刃口或凸(凹)刃口的冲裁力计算公式为:

收稿日期: 2011-09-29

作者简介: 孙军 (1963-), 男, 教授, 博士。承担国家及省部等科研项目十余项, 发表科研论文二十余篇。研究方向: 机电一体化技术、精密和超精密加工、金属切削机床设计及数控技术, 产品的数据管理技术、STEP 和 STEP-NC 技术等; 朱宏 (1985-), 男, 硕士研究生。研究方向: 机械制造及其自动化。

$$P'=(1.2\sim 1.3)\times L\times T\times\tau/3+0.5(1.2\sim 1.3)\times L\times T\times\tau/3 \quad (2)$$

式(1)、(2)中: P , P' —直刃口冲裁力, 斜刃口或凸(凹)刃口冲裁力; L —冲裁件周长; T —冲裁件料厚; τ —材料抗剪强度。

将式(1)与式(2)相比较, 斜刃口或凸(凹)刃口的冲裁力 P' 明显小于直刃口的冲裁力 P 。因为板材要在连续生产过程中, 应尽量保证板材左右受力对称, 以防止板材跑偏, 所以下刀具采用平直刃口刀具, 上刀具采用凹刃口刀具。在刀具制作时, 上下刀具斜角一般可取 $3\sim 5^\circ$, 一般情况下, 上刀具斜角取大值。

1.2 冲裁刀具间隙分析

在设计刀具的间隙时, 一般参考书往往只给出间隙选择的范围值(如 $8\%\sim 12\%t$, t 为料厚), 因此, 许多设计者干脆取其中间值 $10\%t$ 左右作为冲裁间隙, 以图既保证冲裁件质量, 又延长刀具寿命。其两者关系的表示公式为:

$$c=x\%t$$

式中: c —间隙; x —比例系数; t —料厚。随着材料

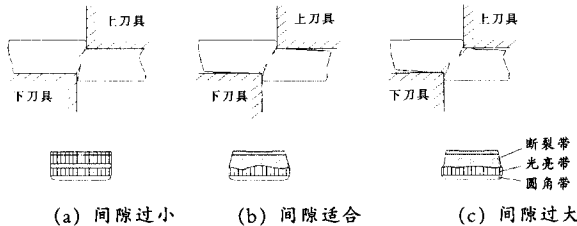


图1 间隙大小对制品断面质量的影响

Fig.1 The influence of gap size to the quality of the product cross section

的增厚及 t 增大, 我们可以大胆提高比例系数 x 。如 $t=3\text{mm}$ 时, x 取 $10\sim 18$, 当 $t>5\text{mm}$ 时, x 取 $12\sim 25$ 。本文中板材的厚度为 0.6mm , 所以我们可以适当减小比例系数。

2 有限元分析

2.1 网格自动重新划分

冲裁过程是一种大位移、大变形及有限应变的弹塑性问题, 如果要精确地解决这种问题, 就必须考虑到材料非线性、几何非线性和边界非线性的影响。模拟分析过程中, 单元附着在材料上, 材料在流动过程中极易使相应的单元形状产生过度变形导致畸变。因此, 在网格畸变到一定程度后要自动重新划分畸变的网格, 生成新的高质量网格。图2中网格划分不均匀是由于刀具纵向宽度的局部网格细化。

2.2 冲裁刀具凹刃口的仿真分析

由于只对上刀具取为凹刃口刀具, 所以这里我们把上刀具的刃口倾斜度分别取 $2.5^\circ, 3^\circ, 3.5^\circ, 4^\circ, 4.5^\circ, 5^\circ$ 。下面为对上刀具不同的斜角度进行的动态有限元仿真分析, 以得出上刀具所产生的冲裁力的对比。其中横坐标

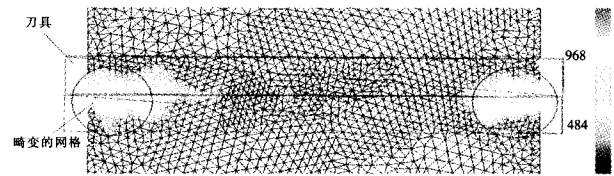


图2 仿真中网格畸变与重新划分

Fig.2 The distortion of mesh and re-meshing in simulation

为仿真步数, 纵坐标为冲裁力大小, 单位为 MPa。

在动态有限元仿真中, 在每一步将产生一个冲裁力数值, 将这些数值拟合成曲线图。由图4可以看出, 板材在刀具的倾斜角为 2.5° 和 4.5° 时所受到的冲裁力极值时最小。又从曲线图3中可知, 在刃口倾斜角度为 4.5°

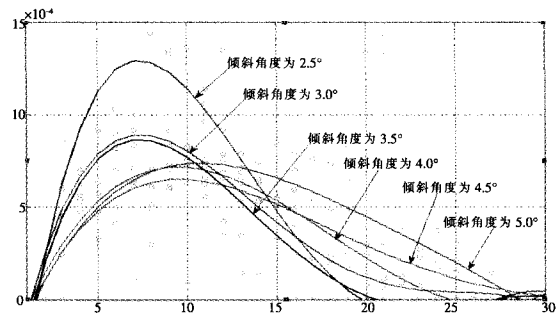


图3 上刀具取各角度时所需的冲裁力比较

Fig.3 The comparison of blanking force needed when the upper cutter is in different angles

时上刀具冲裁力所拟合出的曲线其峰值最小, 在刃口倾斜角度为 5° 时冲裁力有了明显的增大回复。因此, 刀具的刃口倾斜角度取 $4\sim 5^\circ$ 为较合适的倾斜角度。

2.3 刀具间隙的仿真分析

利用动态有限元分析软件, 分别对刀具不同间隙的剪切过程进行模拟。工作环境为室温 (20°C), 板材为普通碳钢, 板材厚度为 0.6mm 。下面应力曲线图为对间隙为板材厚度的 5% (0.03mm), 6% (0.036mm), 7% (0.042mm), 8% (0.048mm), 9% (0.054mm) 分别做出动态受力分析的仿真。

根据拟合出的曲线图4可以得出, 在此间隙时, 刀具冲裁过程板材受力均匀, 更有利于后续的板材成型加

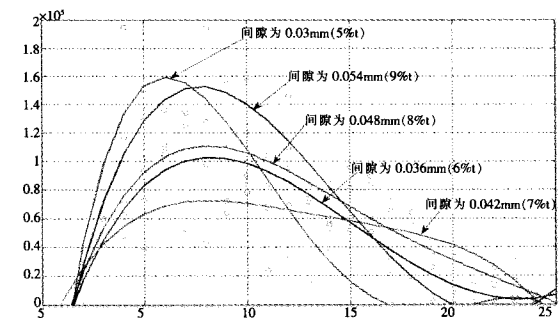


图4 各间隙的刀具所需的冲裁力

Fig.4 The blanking force needed between the different gaps of cutters

(下转第70页)

用气设备的实际需要,在空压机的最高允许工作压力内自由设定。装在储气罐出气口的压力变送器将储气罐的压力转变为4~20mA电流信号送给S350内置PID调节器,与压力给定值进行比较,并根据差值的大小控制变频器的输出频率,调整电动机的转速,从而使实际压力始终维持在给定压力。S350内置PID具有稳定性高、调试简单的特点,如图2所示。

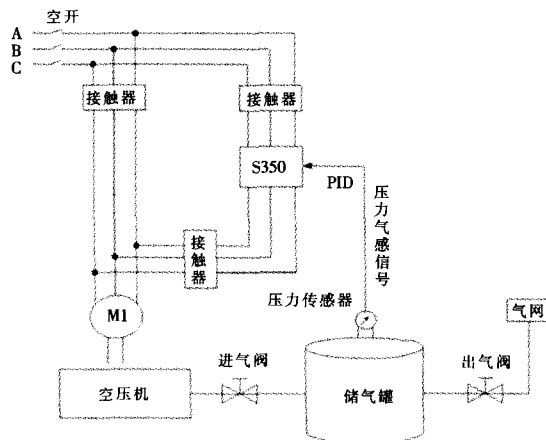


图2 S350内置原理

4.2 节能效果

采用该系统改造后,压缩机组的供气量与系统所需量动态匹配,压缩机电机转速会随着系统用气量的不同而进行调节,避免了电机空转以及频繁的加卸载所带来的能量损耗,电机的输入功率大大降低,节电效果显著。

一般来说,对于连续用气的空压机系统,随用气量的变化,电动机运行频率在25~50Hz之间动态调节,除去电机及其它损耗,系统的节电率可达18%~35%。

4.3 案例分析

南山集团铝业公司有螺杆式空压机24台,共约

3100kW,年消耗电力约850万度。其模具厂有2台160kW空压机,一开一备,经过加、卸载时间测试及其他方面估算,系统改造后年节能空间为51万kW时,折合标煤206t。

可见节电效果明显,此外,改造后系统还存在其它优点。首先,减少了机器的噪音;其次,两套控制回路可保证系统的正常、安全运行;最后,自动化程度高,克服原系统手动调节的缺点。

5 结束语

压缩空气是工业仅次于电能的第二动力源之一,应用非常广泛。实践证明,该变频节能控制系统稳定、可靠,调整方便,各项保护功能完善,无需专人看护;实现了控制过程的智能化和可视化。该系统的成功研制,消除了传统空压机启动和卸载非经济运行时段,大幅度节约电能,稳定电网供电的同时,也有效的保护了电机和空压机相关部件;延长了空气压缩机使用寿命;根据现场用气状况,提供精确、稳定的供气压力,能很好的满足生产工艺的需求,有利于提高产品的一致性和合格率,保证了产品质量;根据现场实际用气状况,设备可以自行启动或休眠,可常年自主工作;对实际应用中有加卸载装置的大型空压机,节能率可达15%~20%,市场前景广阔,有广泛的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 许朝山,龚仲华.现代变频器的技术特点与发展方向[J].制造技术与机床,2010,1.
- [2] 吴忠智,吴加林.变频器应用手册[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 韩安荣.通用变频器及其应用[M].北京:机械工业出版社,2000.
- [4] 李发海,王岩.电机与拖动基础[M].北京:清华大学出版社,2004.

(上接第92页)工。且在曲线上,冲裁力的极值最小。由此可知,刀具间隙为板材厚度的7%左右是合适的间隙距离。

3 结论

(1) 由于凸(凹)刃口的冲裁力小于直刃口确定选用凸(凹)刃口,再根据动态有限元模拟的冲裁力数据对比可知,此上刀具的斜角取4~5°时较为合适,此角度更有利于减小冲裁时所需的冲裁力。

(2) 根据动态有限元模拟的结果数据可知,此板材冲断的刀具间隙以板厚的7%左右(0.042mm)为合适间隙。此间隙的冲裁力总体上要小于其他间隙时上下刀具的冲裁力,延长刀具的使用寿命。

(3) 理论分析刀具间隙对板材产生的应力影响,在间隙为板材厚度的7%左右时,因为刀具所需要的冲裁力最小且受力过程均匀,对板材影响最小,有利于后续对板材冷弯成型的加工,减少成型后板材由残余应力所引起的一些成型问题。

参考文献:

- [1] 秦泗吉.斜刃冲裁与平刃冲裁的关系及斜刃冲裁力的计算[J].锻压机械,2002,4.
- [2] 李建平,车路长.冲压冷锻成形工艺的模具设计及坯料计算方法研究[J].锻压技术,2007,4.
- [3] 刘晓飞,等.模具寿命及其影响因素[J].金属加工(冷加工),2010,2.
- [4] 周淑容.冲裁间隙对冲裁件质量的影响及其选择方法[J].科技信息,2009,12.
- [5] 郑辉.论冲裁间隙[J].现代制造技术与装备,2009,4.