

薄膜脉冲式热封压头张紧机构设计研究

陈诚, 曹恒, 曾繁俊, 何立冬

(华东理工大学, 上海 200237)

摘要: **目的** 为了解决在大尺寸薄膜脉冲热封过程中,因镍铬合金膨胀收缩导致热封质量不佳的问题。**方法** 通过对试生产中发生的问题进行分析,采用理论计算与试验相结合的方法,确定张紧机构的主要参数,设计并研制了2种张紧机构的实物样机,通过调试及运动过程分析,总结了2种张紧机构的优缺点。**结果** 通过样机试制,张紧机构均能在各自适用的条件下起到张紧效果,可以根据现场实际情况进行选用,达到设计目的,解决了脉冲热封镍铬合金膨胀收缩的问题。**结论** 将张紧装置Ⅱ型安装至4 m长脉冲热封机压头结构的两端,明显改善了镍铬合金张紧效果,消除了因镍铬合金受热膨胀导致的热封质量不佳的情况,减少了因加热部件损坏带来的停工损失,提高了生产效率。

关键词: 脉冲热封; 镍铬合金; 张紧机构; 优化设计

中图分类号: TB486⁺.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)07-0061-06

Tensioning Mechanism of Thermal Head in Pulse Heat-sealing

CHEN Cheng, CAO Heng, ZENG Fan-jun, HE Li-dong

(East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

ABSTRACT: The aim of this study was to solve the problem of poor quality caused by expansion and contraction of the nickel-chromium alloy in pulsed heat-sealing process of large-size film. The problems occurred in the pre-production stage were analyzed, the main parameters of the tensioning mechanism were determined by combining the theoretical calculation and experiments, and two tensioning mechanism physical prototypes were designed and developed. And then the advantages and disadvantages of these two tensioning mechanisms were summarized through debugging and analysis of physical movement. The trial of the prototype showed that both tensioning mechanisms could play a tensioning effect under the respective conditions, and could be selected according to the actual situation, which achieved the purpose of design, and addressed the problem about the expansion and contraction of nickel-chromium alloy in pulsed heat sealing. When the tensioner type II was attached to the ends of the head structure in 4 m pulsed heat-seal machine, the tensioning effects of nickel-chromium alloy were significantly improved, the poor heat-sealing quality problem caused by thermal expansion of the nickel-chromium alloy was eliminated, and the downtime losses caused by the fault of heating component were reduced, thus improving the production efficiency.

KEY WORDS: pulse heat-sealing; nickel-chromium alloy; tensioning mechanism; optimized design

包装机械不仅在制造产品的过程中处于举足轻重的地位,同时在航天航空领域也发挥着重要作用。由于某公司项目要求,需要对大飞机隔音棉包覆层进行热封合,热封材料属于耐火材料,对热封条件要求高,需采用脉冲式热封^[1-2],且飞机中段所用隔

音棉需要大尺度高精度的热封合,因此需要有效热封长度为4 m的脉冲式热封机。由于国外的技术垄断,国内在单次热封长度为4 m的高精度脉冲式热封机方面暂时没有成熟产品。为此,研制了有效热封长度为4 m的热封设备,要求薄膜热封后需要保证每

收稿日期: 2014-09-15

基金项目: 上海市科委基金(11DZ2290500); 高等学校博士学科点专项科研基金(20100074110005)

作者简介: 陈诚(1989—),男,江苏泰州人,华东理工大学硕士生,主攻非标设备研制及结构优化设计。

通讯作者: 曹恒(1954—),男,上海人,博士,华东理工大学教授、博士生导师,主要研究方向为先进制造技术。

英寸的剥离强度都满足要求,且最大剥离力偏差小于5 N,因而设备精度要求高、跨度长。这里,主要针对脉冲热封中的加热部件进行研究。

1 试验样机研制及存在的主要问题分析

研制的试验样机实物见图1。

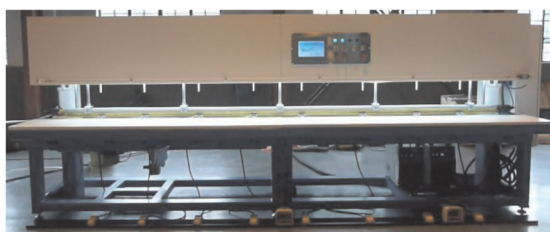


图1 试验样机

Fig.1 Experimental prototype developed in the project

隔音棉脉冲热封是利用电源产生的瞬时大电流,使得加热组件产生大量的热,从而使隔音棉包覆层在压头热封部位变成黏流状态,温度升高到理想温度时保持一定时间后冷却,在冷却过程中上下压头的压力保持不变,从而使得包覆层材料粘合成一体,确保热封的质量^[3-4],使其剥离强度满足要求。

由脉冲热封原理可知,在一个完整的脉冲热封过程中,加热组件镍铬合金的温度会发生较剧烈的变化。根据材料不同其变化有所区别,一般材料通常是由室温迅速升温至150℃左右,维持3~4 s后自然冷却至室温,整个温度变化范围一般为130℃左右。而部分耐高温材料,熔融温度近300℃,其温度变化范围近280℃。样机实测温度曲线见图2。由于温度发生较为剧烈的变化,加热材料镍铬合金会发生相应的膨胀或者收缩^[5-6],因而需要研制适用于该系统的张紧机构。研制的前期样机及原有类似设备主要存在如下问题。

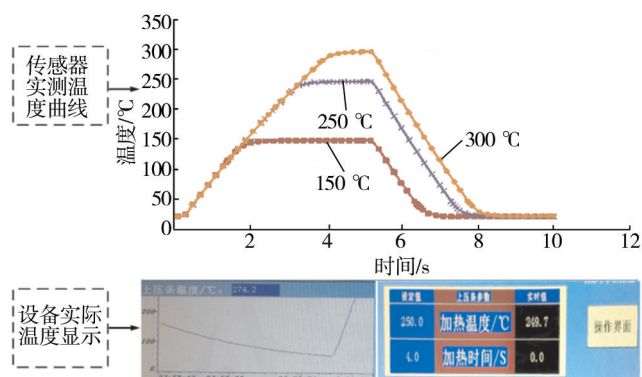


图2 样机实测温度曲线

Fig.2 Measured temperature curve of the prototype

1) 原压头结构中加热模块主要为镍铬合金,其瞬间加热至120~300℃而受热膨胀,在保压阶段又逐渐冷却至室温,在镍铬合金逐渐降温收缩的整个过程中,在5个气缸产生约2 t压力的作用下镍铬合金极易损坏,平均每使用2~3个月,就要进行停工更换镍铬合金,从而造成较为严重的经济损失。

2) 由于要求单次热封长度为4 m,且必须满足航空器要求,因而对热封精度要求高。经过多次试验发现,压头两端或内部存在热封效果不佳的情况。

3) 设备采用的是上下压头均加热的方案,且加装有温度传感器、压力传感器及控制器等部件,走线复杂,同时压头两端需要给镍铬合金提供大电流(单个电源功率为10 kW、电压为36 V),因此如需要再添加机构,必须合理设计,尽量集成简化两端的供电机构,并配备必要的安全保护措施。

下面主要针对长度为4 m压头上的镍铬合金加热组件,研究设计满足要求的张紧机构,以提高隔音棉包覆层的热封合质量,减少易损部件的更换频率。

2 张紧机构重要参数试验计算

2.1 镍铬合金热膨胀量计算

首先根据现有参数,计算镍铬合金受热可能发生膨胀的最大尺寸,从而设计满足条件的张紧机构。在脉冲热封中采用的加热材料为镍铬合金,其有效热封长度为4 m,再加上两边预留连接电源部分,整个镍铬合金薄片的长度约为4500 mm、宽度为40 mm、厚度为0.25 mm或0.30 mm。热膨胀系数 α :

$$\alpha = \Delta V / (V \cdot \Delta T) \quad (1)$$

式中: ΔV 为所给温度变化为 ΔT 时物体体积的改变; V 为物体体积。由于其厚度、宽度相对于长度非常小,可以将其近似地看为线形物体,不考虑其宽度和厚度方向上的热膨胀^[7]。由此,将式(1)变形为:

$$\Delta L = L \cdot \Delta T \cdot \alpha \quad (2)$$

式中: $L=4500$ mm; $\alpha=15 \times 10^{-6}$; $T_{\text{室温}}=20$ ℃。当在最大工作温度300℃时, $\Delta T=280$ ℃, $\Delta L_{\text{最大}}=18.9$ mm。当在正常工作温度150℃时, $\Delta T=130$ ℃, $\Delta L_{\text{正常}}=8.775$ mm。

针对现有材料,在正常工作情况下,长度为4.5 m的镍铬合金会产生8.775 mm左右的横向膨胀量。如果针对部分耐高温隔音棉包覆层材料时,则会产生近18.9 mm的热膨胀量。即使在理想情况下,通过热封压头两端均匀伸长也有近1 cm,极易造成其损坏。为

此,需要设计一种机构使得热封压头中的镍铬合金能时刻处于拉伸绷紧状态。

2.2 镍铬合金最大张紧力试验分析

对于镍铬合金而言,张紧力并非越大越好,过大的张紧力会导致镍铬合金变形甚至受损。由于镍铬合金由国外供应商提供,无相关参数,因此针对现有不同厚度的镍铬合金材料,通过试验测得其可以承受的最大拉力,并以此为依据设计张紧结构。标距为40 mm、宽度为40 mm、厚度分别为0.25 mm及0.3 mm的镍铬合金拉伸试验部分数据结果见表1。

表1 镍铬合金拉伸试验数据
Tab.1 Tensile test data of nickel–chromium alloy with a thickness of 0.25 mm

样品	屈服力/kN		最大力/kN		屈服强度/(N·mm ⁻²)	
	0.25 mm	0.3 mm	0.25 mm	0.3 mm	0.25 mm	0.3 mm
1	1.29	3.11	3.85	6.82	129.4	310.7
2	1.70	3.11	4.41	8.18	170.1	310.9
3	2.75	3.37	4.96	9.07	275.4	637.2
4	2.21	3.45	4.90	9.70	220.9	344.7

由表1可知,厚度为0.25,0.30 mm的镍铬合金最小屈服力分别为1.29,3.11 kN。在设计张紧机构时,必须使施加在镍铬合金上的最大张紧力小于其屈服力,确保张紧机构不会损坏镍铬合金或导致镍铬合金发生变形。由于张紧机构与热封工作平面存在高度差,一般为5~10 mm,因此,假设镍铬合金在连接张紧机构部分与水平面的夹角为 θ ,则弹簧的弹性力等于张紧机构施加在镍铬合金上的张紧力乘以 $\cos \theta$ 。由于 θ 很小,可近似认为 $\cos \theta=1$,即弹性力等于张紧力。在初始状态弹簧发生的最大压缩量必须大于镍铬合金的最大膨胀量,且弹性力也必须小于加热材料所能承受的屈服力,即 $F_{\text{最大弹性力}}=k \cdot \Delta L_{\text{弹簧最大压缩量}} < F_{\text{屈服力}}$,而 $\Delta L_{\text{弹簧最大压缩量}} > \Delta L_{\text{镍铬合金膨胀量}}$ 。

通过对现有样机及镍铬合金材料的反复试验,张紧机构施加在镍铬合金上的张紧力在0.2~0.5 kN较为合适。

由于在脉冲热封过程中,镍铬合金不断升温 and 降温,工作频率相对较高,因而要求弹簧具备较好的弹性。另外,下述压头结构的尺寸为50 mm×50 mm,弹簧一端必须抵在压头的一侧,且不能对上下压头热封产生干涉,因此,选取弹簧中径 D 为25 mm,弹簧直径求解公式为:

$$D > 1.6 \sqrt{F_{\text{最大弹性力}} \cdot M \cdot K / F}$$

(3)

综上所述,取 $F_{\text{最大弹性力}}=500 \text{ N}$,曲度系数 $M=1.31$,弹簧指数 $K=5$,许用剪切应力 $F=471 \text{ MPa}$, $D>4.17 \text{ m}$ 。由于受甲方厂房限制,整个设备最大宽度为4500 mm,除去4000 mm的有效热封长度,压头两边留给张紧机构的空间有限,因而初步选择自由长度为120 mm,在初始状态即最大弹性力时长度为100 mm左右,弹簧刚度为25 N/mm。

3 脉冲热封压头张紧机构设计

3.1 脉冲热封压头张紧机构I型

由于需要在现有可以为镍铬合金供电的基础上同时起到张紧效果,设计了见图3的张紧机构。采用铜块做主体结构,利用其给镍铬合金接电,该方案比单纯采用导电柱或者导电孔具有更稳定的效果和更长的使用寿命。同时,利用铜块的旋转补偿镍铬合金受热膨胀的伸长量^[8-9]。

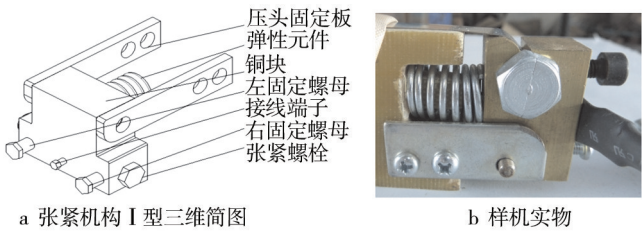


图3 张紧机构I型

Fig.3 Structure diagram and physical map of tensioning mechanism type I

张紧机构I型安装方法:通过固定板的2个孔与压头机械结构主体相固定,完全约束;单孔与铜块相固定,保留旋转的自由度。接下来安装模具弹簧,并安装镍铬合金,将其一段卷入张紧装置的张紧螺栓(张紧螺栓上留有槽口)上,旋转螺栓使其完全绷紧,并且螺栓外有若干圈镍铬合金,以方便接线端子与其接触。然后安装固定螺母顶住镍铬合金,确保其不会随意滑动,最后拧上接线端子安装导电线。

张紧机构I型工作原理:弹簧初始状态是处于被压缩状态,因此镍铬合金受拉力而处于绷紧状态。一旦压头下压开始工作,镍铬合金通入瞬时大电流,温度迅速升高而发生膨胀伸长,此时由于弹簧处于压缩状态,铜块会翻转,从而产生横向位移以抵消其伸长量。当转至最大位置时,弹簧仍需处于压缩状态,此时加热停止,在保压过程中镍铬合金温度下降而开始收缩,拉动张紧机构回转,从而使整个过程均达到张

紧的效果^[10-11]。

该机构在 2 m 左右热封机上有不错的效果,但是在 4 m 长的热封样机试生产过程中,上述结构还存在如下问题。

- 1) 使用过大张紧力时不便安装,且不够稳定,导致实际张紧效果不佳。
- 2) 弹簧初始压缩量在设计之初已经固定,如果遇到加热材料变更,需重新计算加工张紧装置。
- 3) 在热封过程中,张紧机构带动镍铬合金在竖直平面内发生位移,使得两边镍铬合金上下压条容易接触,影响压头两端薄膜的热封质量,同时更容易造成安全隐患。
- 4) 张紧装置中未约束的铜块相对外露的固定组件发生转动,绝缘层无法包裹整个张紧机构,容易造成安全事故。
- 5) 弹簧在使用过程中并无固定约束装置,容易发生滑动,且安装拆卸不方便。

3.2 脉冲热封压头张紧机构 II 型

由于张紧装置 I 型存在一些问题,无法满足 4 m 长的脉冲式热封机,因此对镍铬合金张紧机构做进一步的优化,提出了张紧机构 II 型。其设计思路与张紧装置 I 型类似,通过该机构在 1 个位移方向上自由度的变化,来抵消因镍铬合金受热膨胀的伸长量,并采用铜块将脉冲大电流导入至镍铬合金上。其具体结构见图 4^[12-13]。

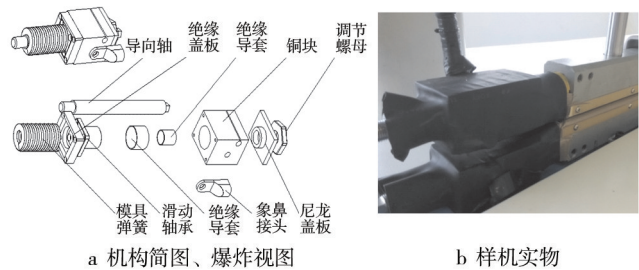


图 4 张紧机构 II 型

Fig.4 Institutions, exploded diagrams and physical map of tensioning mechanism type II

张紧机构 II 型安装方法:首先通过导杆与压头主体结构进行连接(该连接方式稳定可靠),然后套上模具弹簧,由于导杆为金属材料,需要与铜块相隔离,因此套上绝缘材料,并装上滑动轴承,使得轴承座可以在导杆上自由滑动,接下来将轴承座与铜块相固定,并将铜块后方也加装绝缘材料。导杆尾端加工有外螺纹,配有调节初始弹簧压缩量的螺母,通过拧紧螺母不断地推动铜块使其压缩弹簧至合适的位置,然后

类似张紧机构 I 型,通过张紧螺栓将镍铬合金卷入至铜块内,直至镍铬合金完全绷紧,并且塞满整个铜块孔内,二者充分接触,侧面固定有接入端子通过其接入大电流,这样从侧面接入电流安全性能更好,且接入电流面不发生转动更为稳定,最后将调节初始弹簧压缩量的螺母退至合适的位置。

张紧机构 II 型工作原理:在镍铬合金温度升高、发生膨胀后,由于张紧机构上初始弹簧处于被压缩状态,且弹簧力较大,此时滑块在弹簧力作用下往外移动,从而抵消了镍铬合金的膨胀量;镍铬合金温度下降而发生收缩,同时经过计算,弹性力小于镍铬合金本身的屈服力,也会发生收缩,从而带动张紧机构回到原来位置,以确保在完整的脉冲热封过程中,无论在加热还是保压工作状态下,镍铬合金始终处于张紧状态^[14-19]。

3.3 张紧机构对比分析

2 种张紧机构运动示意图见图 5。下面对 2 种张紧机构的运动过程进行分析。

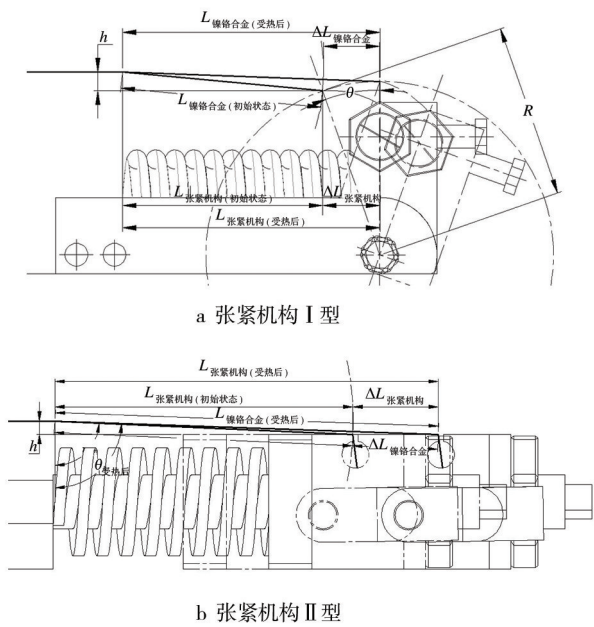


图 5 2 种张紧机构运动示意

Fig.5 Movement diagram of tensioning mechanism type I and type II

张紧机构 I 型:

$$\Delta L_{\text{张紧机构}} = L_{\text{张紧机构(受热后)}} - L_{\text{张紧机构(初始状态)}}$$

$$\Delta L_{\text{镍铬合金}} = L_{\text{镍铬合金(受热后)}} - L_{\text{镍铬合金(初始状态)}}$$

即:

$$\Delta L_{\text{镍铬合金}} = \sqrt{[h - R](1 - \cos \theta)^2 + L_{\text{张紧机构(受热后)}}^2} - \sqrt{h^2 + L_{\text{张紧机构(初始状态)}}^2}$$

并且竖直方向上热封平面与张紧机构之间的高度差减少了 $R(1-\cos \theta)$ 。

张紧机构Ⅱ型:

$$\Delta L_{\text{张紧机构}}=L_{\text{张紧机构(受热后)}}-L_{\text{张紧机构(初始状态)}}$$

$$\Delta L_{\text{镍铬合金}}=L_{\text{镍铬合金(受热后)}}-L_{\text{镍铬合金(初始状态)}}$$

$$\Delta L_{\text{镍铬合金}}=\sqrt{h^2+L_{\text{张紧机构(受热后)}}^2}-\sqrt{h^2+L_{\text{张紧机构(初始状态)}}^2}$$

由此可知,在相同弹簧压缩量的情况下,张紧机构Ⅰ型镍铬合金能够变化的量较少,也就是说,如果需要满足相同的镍铬合金伸长量,张紧机构Ⅰ型则需要预留更多的弹簧压缩空间,并且张紧机构Ⅱ型能够解决之前生产调试中张紧机构Ⅰ型遇到的问题。张紧装置Ⅱ型具有下述特点。

1) 张紧机构Ⅱ型是通过在压头结构上加工螺孔,然后将导向轴一端装入,该结构相比原来通过2块固定板从外部连接更为牢固稳定,因而可适用于更大张紧力的场合。

2) 在安装过程中,张紧机构Ⅱ型可以通过调节螺母,调节初始铜块的位置,即调节弹簧最大压缩量,这样即使加热材料发生更改,热膨胀量改变,张紧机构仍然适用。

3) 通过将变化的自由度由旋转改为移动,减少了张紧机构在施力方向上的位移,即减少了镍铬合金在竖直方向上的变动,确保了压头两端的热封质量,避免了上下压头两端距离过近导致的故障发生。

4) 由于张紧机构Ⅱ型整体只能发生水平方向上的移动,且固定件在其内部,因此可以在其内外覆盖相应的绝缘材料,并在外部裹上绝缘胶布,从而确保张紧机构的供电安全性。

5) 采用导轨约束弹簧,从而避免了张紧机构Ⅰ型在铜块发生转动时,弹簧与铜块接触位置发生变化而引起弹簧发生偏移,或者受力不均的情况。

张紧装置Ⅰ型与张紧装置Ⅱ型性能对比见表2。

在有效热封长度4 m的试验样机压头结构上加装张紧机构Ⅱ型,在样机稳定生产后对其试样进行抽样检查。将每批次热封4000 mm长度的薄膜,裁剪成25.4 mm×200 mm大小共157片,任意抽取5片进行剥离强度试验^[20]。采用的试验仪器为微机控制电子拉力试验机(型号CM72203,准确度等级1级,最大试验力2 kN,功率0.4 kW),选用薄膜为某公司提供的飞机隔音棉包覆层材料Combi-Film 3G-C1。实验结果表明,单个试样最大剥离力介于13.5~17.5 N之间,单次热封成型试样各点位最大剥离力均高于行业标准11 N,且相邻点位之间偏差小于5 N,满足使用要求。

表2 张紧装置Ⅰ型与Ⅱ型性能对比
Tab.2 Performance comparison table of tensioning mechanism type I and type II

性能	Ⅰ型	Ⅱ型
可变自由度	旋转	平移
工作过程中弹簧位移情况	不稳定	稳定
安全性	较好	好
适用张紧力/kN	0.2	0.5
安装难易	难	易
后期加装方便	是	否
是否有弹簧约束组件	否	是
是否能给镍铬合金供电	是	是
加载方向是否发生位移	是	否
是否能调节初始弹簧压缩量	否	是
相同热膨胀量下弹簧压缩量	小	大
占用空间	小	大
自重	小	大

4 结语

研制的张紧机构Ⅱ型已加装在单次热封长度为4 m的高精度薄膜脉冲式热封机上,经试生产250 h,未发生任何因镍铬合金未张紧导致的故障,为企业提高了生产效率。同时,对于单次热封长度为4 m的薄膜材料,两端热封质量明显改善,通过对热封薄膜进行抽样试验,试验结果理想,可以满足航空器隔音棉热封材料剥离强度的要求。另外,张紧机构Ⅰ型也有自重小、占用空间小、后期加装方便等特点,适用于部分对张紧力要求偏低的较小尺寸的脉冲式热封机。

参考文献:

[1] 周继承,田莉. 镍铬合金薄膜的研究进展[J]. 材料导报, 2005,19(7):5—8.
ZHOU Ji-cheng, TIAN Li. Research Progress in Ni-Cr Alloy Thin Film[J]. Materials Review, 2005, 19(7):5—8.
[2] MUHLFELD L, LANGGUTH P, HUSLER H, et al. Influences of heat Seal Lacquer Thickness on the Quality of Blister Packages[J]. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 2012, 45(1/2):150—157.
[3] MIHINDUKULASURIYA S, LIM L T. Effects of Liquid Contaminants on Heat Seal Strength of Low-density Polyethylene Film[J]. Packaging Technology and Science, 2012, 25(5): 271—284.
[4] MICHAEL B, MIKE D, TOM D, et al. Polarized Light Stress Analysis and Laser Scatter Imaging for Non-contact Inspec-

- tion of Heat Seals in Food Trays[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 112(3): 183—190.
- [5] AITHANI D, LOCKHART H, AURAS R, et al. Heat Sealing Measurement by an Innovative Technique[J]. Pack Technol Sci, 2006, 19(5): 245—257.
- [6] 王东升, 郭永健, 母军. PET/PE 复合材料最佳热封工艺参数研究[J]. 包装工程, 2012, 33(19): 72—74.
- WANG Dong-shen, GUO Yong-jian, MU Jun. Research on Optimal Heat-seal Processing Parameters of PET/PE Composite Material[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(6): 43—48.
- [7] 方海峰, 焦涛. DXDK-40 型自动包装机成型器及热压封头改进设计[J]. 森林工程, 2012, 28(6): 54—56.
- FANG Hai-feng, JIAO Tao. The Improved Design of Molding Device and Hot Head in DXDL Automatic Packaging Machine[J]. Forest Engineering, 2012, 28(6): 54—56.
- [8] 韩炬, 王莹, 郭亚楠. 包装机热封机构的建模及动力学分析[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 146—148.
- HAN Ju, WANG Ying, GUO Ya-nan. Modeling and Dynamics Simulation Analysis for Heat Sealing Mechanism of Packaging Machine[J]. Food & Machinery, 2013, 29(1): 146—148.
- [9] 潘道津, 孟宪文, 寇金宝, 等. 冠盒式容器包装及其成型工艺的研究[J]. 包装工程, 2008, 29(11): 75—77.
- PAN Dao-jin, MENG Xian-wen, KOU Jin-bao, et al. Research on Top Carton Bottle Packaging and Its Forming Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(11): 75—77.
- [10] XUE Guang-hui, YU Xiang-song. The Thermal-mechanical Coupling Analysis of Diesel Engine Cylinder Head [J]. Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2011: 6287—6290.
- [11] XU Yan, KANG Jin-wu, HUANG Tian-you, et al. Thermal Stresses in a Cylinder Block Casting due to Coupled Thermal and Mechanical Effects[J]. Tsinghua Science and Technology, 2008(6): 132—136.
- [12] 姜振廷, 郑忠才, 董旭. 基于 ANSYS WORKBENCH 的六自由度机械臂有限元分析及结构优化[J]. 制造业自动化, 2013, 36(1): 109—110.
- JIANG Zhen-ting, ZHENG Zhong-cai, DONG Xu. Analysis and Improvement of 6-DOF Manipulator Based on ANSYS WORKBENCH[J]. Manufacturing Automation, 2013, 36(1): 109—110.
- [13] 李德生. 钢带冷却机张紧装置设计及受力分析[J]. 煤矿机械, 2010, 31(4): 17—19.
- LI De-sheng. Design and Analysis on Tensioning Device of Steel Belt Cooler[J]. Coal Mine machinery, 2010, 31(4): 17—19.
- [14] 周启舟, 邱彪. 基于 ANSYS Workbench 的热压头热-结构耦合分析[J]. 机械工程与自动化, 2014(1): 76—78.
- ZHOU Qi-zhou, QIU Biao. Thermal-structural Coupling Analysis Based on ANSYS Workbench for Thermal Head[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2014(1): 76—78.
- [15] 韩彦良. 基于 TRIZ 理论斗式提升机托架的优化设计[J]. 制造业自动化, 2013, 35(2): 143—144.
- HAN Yan-liang. Optimization Design for Bracket of Bucket Elevator based on TRIZ[J]. Manufacturing Automation, 2013, 35(2): 143—144.
- [16] 许立, 张文波, 施志辉. 连续油管注入头夹紧机构力学分析[J]. 机械设计与制造, 2013(11): 44—46.
- XU Li, ZHANG Wen-bo, SHI Zhi-hui. Mechanical Analysis on Clamping Mechanism of Coiled Tubing Injector[J]. Machinery Design & Manufacture, 2013(11): 44—46.
- [17] 王克武, 陈春松, 邓海涛. 皮革干燥设备齿条变形的控制[J]. 机械研究与应用, 2011(6): 119—121.
- WANG Ke-wu, CHEN Chun-song, DENG Hai-tao. Rack Deformation Control in Leather Dryer Equipment[J]. Mechanical Research & Application, 2011(6): 119—121.
- [18] 贺向新, 王燕飞, 李冠孚, 等. 脐带缆张紧器移动机构的设计与研究[J]. 现代制造工程, 2013(10): 108—111.
- HE Xiang-xin, WANG Yan-fei, LI Guan-fu, et al. Umbilical Cables Tensioner Turnover Mechanism of Design[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2013(10): 108—111.
- [19] 张继超, 刘明. 输片系统中胶片张紧技术的研究[J]. 长春理工大学学报, 2014(1): 83—86.
- ZHANG Ji-chao, LIU Ming. Researched on Film Strain in Transport System[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2014(1): 83—86.
- [20] 李晓燕, 孙智慧. 包装机中塑料薄膜常热式热封参数的实验研究[J]. 包装工程, 2003, 24(6): 32—34.
- LI Xiao-yan, SUN Zhi-hui. Research on the Film Heat-sealing Course in Heated-continuously Packing Machine Through Experiments[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(6): 32—34.



欢迎订阅

欢迎投稿