

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.02.007

基于 ANSYS 的板料成型系统 模内加热模块热分析

李二玲¹, 邓沛然¹, 徐永吉², 郑功超³, 苏 钰¹, 吴恺威¹

(1. 上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620;
2. 河南宇通重工有限公司 工艺研究所, 河南 郑州 451482;
3. 上海信适智能科技有限公司, 上海 200335)

摘 要:针对目前板料热成形过程中存在的能量浪费、板料氧化严重等缺点,文章对模内加热方案进行研究探讨,使用 ANSYS-Icepak 对板料冲压成形的模内加热温度场进行模拟分析,并以此基础做出实物并调试对比模拟状况。结果显示:对于该模架,上下模 1 000 W 的热源同时加热时,加热组块最高温度可达近 400℃,中间板材可加热到 300℃以上,10 min 之后散热和加热接近平衡。按该模型设计的实际加热系统的温度分布与模拟基本接近。该研究对模内加热模块的设计进行了模拟与初步的试验,将有助于板料热成形技术方面发展。

关 键 词:板料成形;模具;模内加热;模拟分析

中图分类号:TP391.9 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2015)02-0028-05

Analysis of Simulation for Heating Module in Mould Based on ANSYS

LI Erling¹, DENG Peiran¹, XU Yongji², ZHENG Gongchao³, SU Yu¹, WU Kaiwei¹

(1. School of Materials Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;
2. Institute of Technology Research, Henan Yutong Heavy Industries Co., Ltd., Zhengzhou 451482, China;
3. Shanghai Sincere Intelligentize Technology Co., Ltd., Shanghai 200335, China)

Abstract: For energy waste and serious oxidation of sheet metal existing during the current sheet thermoforming process, the research of mold heating program was discuss. ANSYS-Icepak was used to analysis the mould heating for sheet metal forming. Simulation results show that while heating the upper and lower mold by using heat source of 1 000 W simultaneously, the maximum temperature on the mould can reach about 400℃. The sheet can be heated to above 300℃, and the process of cooling and heating reaches equilibrium about ten minutes later. Temperature distribution of the actual heating system designed according to the model is close to the simulation results. The design of heating module in mould is simulated and experimented preliminary, which will help the development of the sheet hot forming technology.

Key words: sheet metal forming; mould; heating in the mould; simulation analysis

目前,热成形技术在高强钢及超高强钢成形方面的应用越来越广泛,但随着人们对“安全、环保”的要求越高,传统热成形技术所暴露出的问题也越突出^[1-2]。模内加热技术越来越受到人们的关注^[3-4]。

本研究依托于配置在伺服压机上的板料成形系统^[5],在预先设计中,通过改变正装模架的压边板、凹

模等结构,在模具内安装加热装置,运用 ANSYS-Icepak 分析模块对模内加热模块进行评价及可行性分析。

1 板料冲压成形性能实验系统介绍

本套金属板料冲压成型性能试验系统采用正向压边的多用途板料冲压模架,此套模架由上模、下模 2 个

收稿日期:2014-11-07;修回日期:2014-12-11

基金项目:国家自然科学基金资助项目(051301105);上海工程技术大学研究生科研创新资助项目(14KY0522)

作者简介:李二玲(1988),女,河南驻马店人,硕士研究生,主要研究方向为板料成形性能研究、冲压模具。E-mail:belie0111@163.com

部分组成。整套压边机构正向安装,并带有反顶装置,具有独立的液压动力系统和电器控制部分,用于控制压边板、反顶板行程和压边力、反顶力大小。该模架在冲压行程的特定位置恒定地产生所需压边力和反顶力,并能达到很高的精度要求。且由于上模部分工作时大部分被下模部分包裹,冲压的安全性获得大大提高。

2 ANSYS-Icepak 模型介绍

CAE 作为一种新兴的数值模拟分析技术,越来越受到工程技术人员的重视^[6-7],不仅可以协助工程人员做产品设计,更能及早地发现问题点,及时更正,节约了大量的研发时间和成本。

热成形加热模块准备嵌置在模架中,因而需要对原模架中某些部件进行加工,因此在改装之前有必要进行热模拟以确保正确的设计。该热成形模架热分析是采用 ANSYS-Icepak 模块进行的。ANSYS 自带有强大的耦合场分析模块,可以进行热-应力、磁-热分析以及磁-结构分析等^[8],但复杂的载荷及边界条件让工作变得繁琐,求解过程对计算机的要求也很高,最终考虑了用 Icepak 模块来求解热成形模块。

Icepak 模块是强大的 CAE 仿真软件工具,它能够对电子产品的传热、流动进行模拟,从而提高产品的质量,大量缩短产品的上市时间。Icepak 能够计算部件级、板级和系统级的问题,帮助工程师完成用实验不可能实现的情况,能够监控到无法测量的位置的数据。

3 模型设置及求解

3.1 模型的设置

热组件部分相对于模具整体则可以看作是一个热源。在模拟中,取模板上对应线圈的投影面独立出厚度为 5 mm 的一块作为热源^[9]。另外,忽略各模板和紧固件之间的热阻,除了凸凹模镶块,制图时各部件作为一个整体。图 1 为简化模型网格划分效果图。

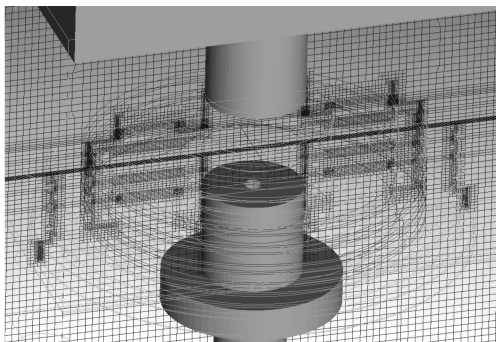


图 1 简化模型的网格划分效果图

Figure 1 Meshing impression drawing of simplified model

从图 1 可看出,中间被渲染的实体分别是凸模和下模的顶料机构。发热源(上下部分)以功率 1 000 W 工作 400 s,再以 750 W 工作 100 s,在 X 轴方向存在 0.1 m/s 的空气流动,凸模和顶料芯均离开板材 20 mm,没有直接接触。

3.2 模型的求解

3.2.1 500 s 内模具热分析

模具热分析的动态图如图 2,图 2(a)至图 2(e)是板材的温度变化,图 2(f)至图 2(j)是整套模具(含板材)的 Z 向剖面的温度变化。第 2 个切面(图 2(f)至图 2(g)),用动画形式将加热 500 s 内的模具轮廓完整显示,文中选取几个时间点来表述模具温度随时间的变化。图 3 为改变设置后模具热分析图,图 4 为板材及模架温度随时间的变化关系图。

从表 1 和图 2、图 4 可得出,坯料边缘处首先被加热,之后慢慢向中心传递;在 200 s 以后,板材的温升曲线明显趋平,即表示散热和加热达到平衡;上下模以 1 000 W 的热源同时加热,加热到 400 s 时,中间板材温度只能加热到 300 ℃ 左右,之后,由于功率由 1 000 W 降为 750 W,温度有所下降;板材中心与加热处之间温差在 30 ~ 50 ℃ 左右,温差随时间和温度的增长而缩小。

表 1 板料及模架温度与时间的关系

Table 1 Plate's and mold's temperature changes over time

时间/s	模架剖面	板材温度/℃	
	最高温度/℃	最低	最高
100	196	123	179
200	256	198	239
300	291	241	275
400	315	268	299
500	228	196	225

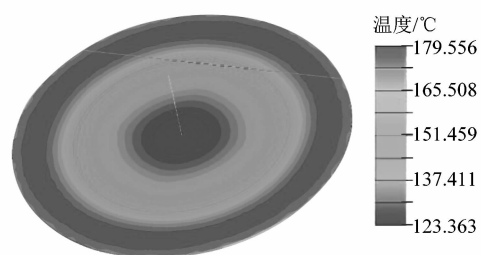
因此,如果想获得更好的加热效果,应在机台周围加防风罩,同时,如果想让模具始终维持当前温度,则维持功率应不小于 1 000 W。

从以上研究可以看出,受功率和加热时间的限制,坯料温度最高可以达到 300 ℃ 左右,而对于高强钢以及超高强钢的热成形来说,温度远远不能满足。

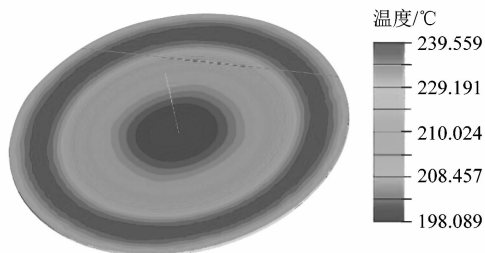
3.2.2 改变设置后 1 800 s 内模具热分析

在相同环境设置下(加热条件仍为上下各 1 000 W 热源,同时凸模和顶料芯与板材直接接触),加热到 400 s 后,功率不改变,持续加热。

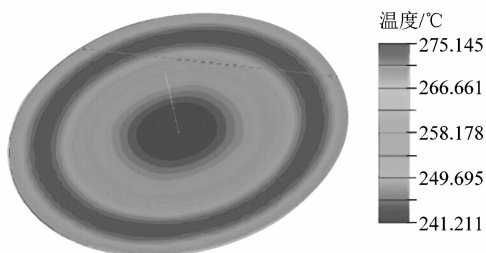
从图 3 可知,模具的热膨胀变形不是太严重,加热 30 min 后,凹模温度在 300 ℃ 左右,套板在 150 ℃ 左右,如果凹模部分全部采用圆形的嵌块,变形应是在可控范围内的。



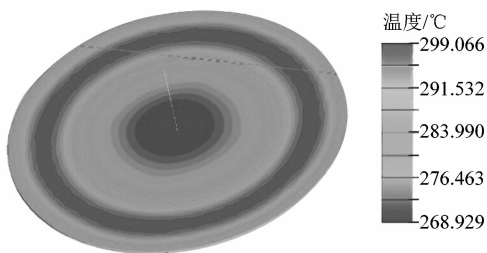
(a) 100 s时板材温度



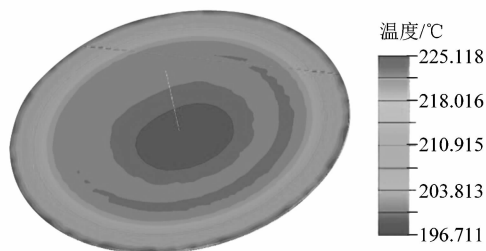
(b) 200 s时板材温度



(c) 300 s时板材温度



(d) 400 s时板材温度



(e) 500 s时板材温度



(f) 100 s时模具 (含板材) Z向剖面温度



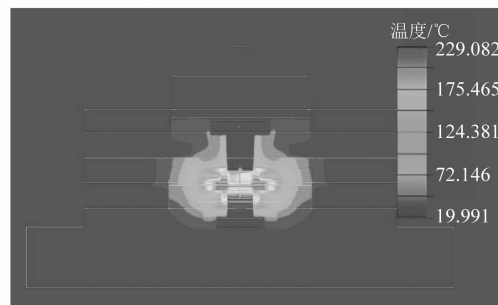
(g) 200 s时模具 (含板材) Z向剖面温度



(h) 300 s时模具 (含板材) Z向剖面温度



(i) 400 s时模具 (含板材) Z向剖面温度



(j) 500 s时模具 (含板材) Z向剖面温度

图2 不同时间点的模具热分析图

Figure 2 Heat distribution chart of plate and mold with varying time

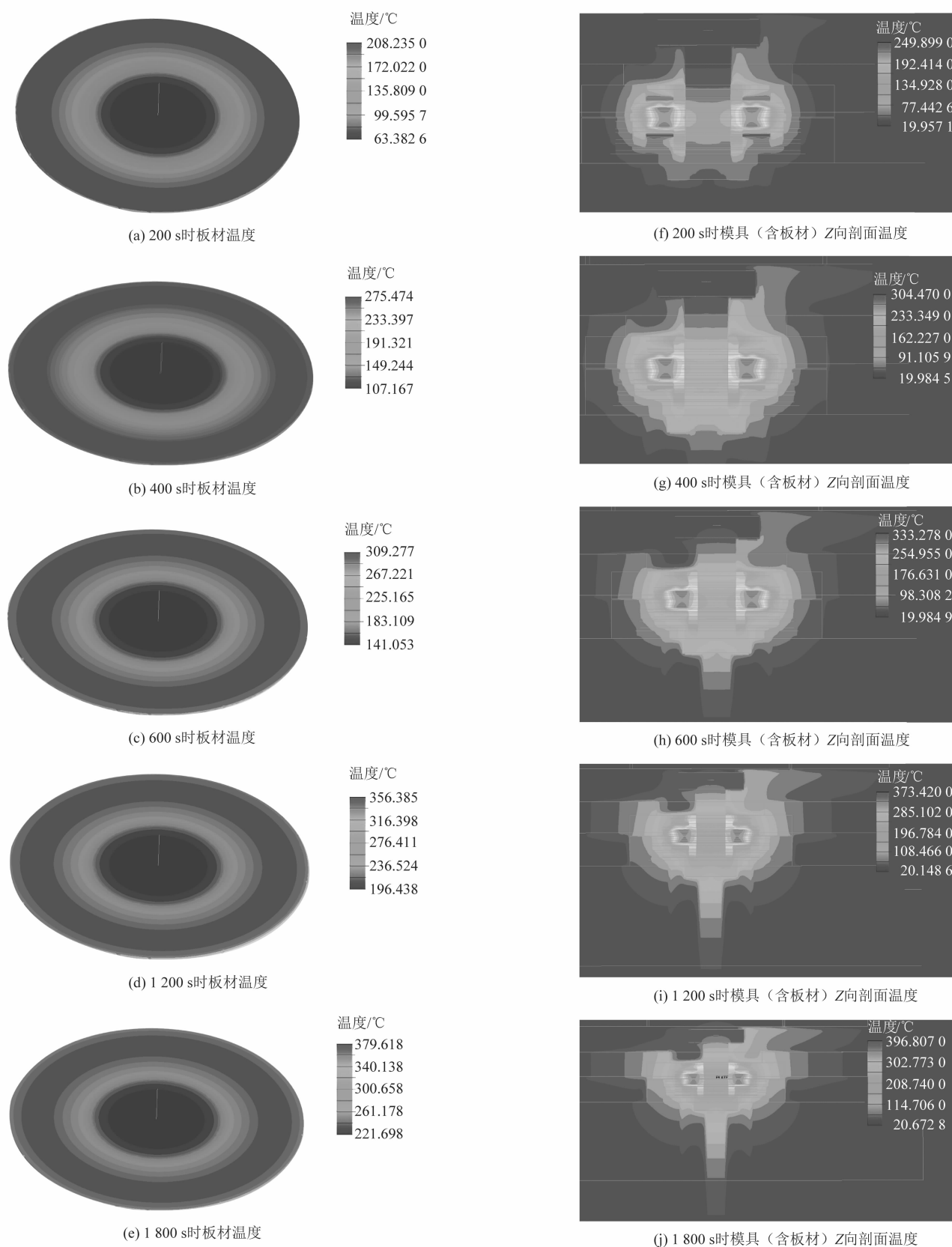


图3 不同时间点的模具热分析图

Figure 3 Heat distribution chart of plate and mold with varying time

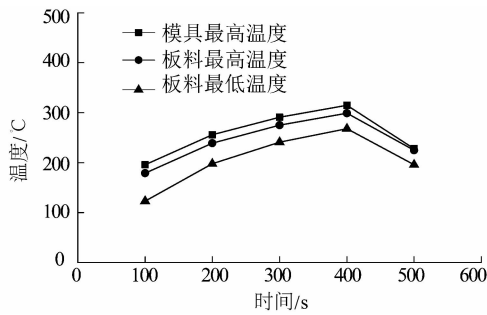


图4 板材及模架温度随时间的变化

Figure 4 Plate's and mold's temperature changes over time

从表2可知,板件中心温度保持与边缘部分160℃左右较为恒定的温差。

从图5可知,材料升温达到300℃以后,升温速度明显下降,所以加热时间15 min左右为宜,再长时间,产生的效果有限,从计算结果看1 200~1 800 s之间,平均每60 s升温2.3℃,因此持续加热仍会有效果。

表2 板料及模架温度与时间的关系

Table 2 Plate's and mold's temperature changes over time

时间/s	模架剖面 最高温度/℃	板材温度/℃	
		最低	最高
200	249	63	208
400	304	107	275
600	333	141	309
1 200	373	196	356
1 800	396	221	379

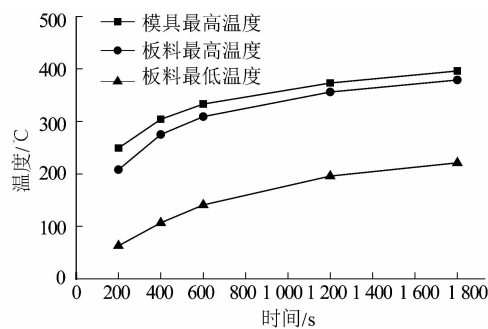


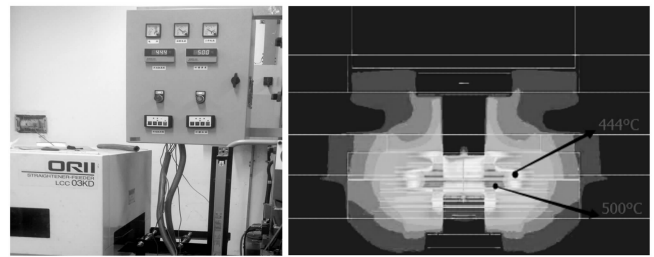
图5 板材及模架温度随时间的变化

Figure 5 Plate's and mold's temperature changes over time

3.3 热成形模具实际温度情况

在此模拟结果的基础上,设计出热成形模具组块。调试过程中,在压边板和凹模接近心部位位置设置热电偶,显示温度及热成形组块温度如图6所示。

从图6可知,压边板温度最高可以达到440℃左右,压边板与板料直接接触,与模拟预测结果基本一致。



(a) 调试仪器

(b) 热组块温度

图6 调试过程温度记录及热组块温度示意图

Figure 6 Temperature records during commissioning process and temperature schematic diagram of hot-block

4 结语

由于忽略了接触热阻以及模型简化,实际温度比现在的模拟结果偏高,但数值目前仍有一定的参考价值。就当前模拟结果,可得出如下结论:

1) 对于该模架,上下模1 000 W的热源同时加热时,加热组块最高温度可达400℃,中间板材可加热到300℃左右,10 min之后散热和加热接近平衡。

2) 模型模拟设定的功率为1 000 W,随着功率的加大,可以预计其温度可以继续提高,但是热膨胀变形对模具设计的影响因素也应重新考虑。

3) 根据该模型设计的热成形模块的实际温度情况与模拟结果基本一致。

参考文献:

- [1] 聂兰启. 疑难问题探讨[J]. 模具制造, 2013, 12(3): 97-99.
- [2] 张质良. 亚热控制成形过程模拟及模具磨损关键技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [3] MORI K I. Smart hot stamping of ultra-high strength steel parts [J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2012, 22(Sup.): 496-503.
- [4] TARI D G, WORSWICK M J, WINKLER S. Experimental studies of deep drawing of AZ31B magnesium alloy sheet under various thermal conditions [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2013, 213(8): 1337-1347.
- [5] 曹阳根, 张效迅, 苏钰, 等. 通用多参数金属板料拉深性能楔形试验装置: 中国, CN201020032838. 6[P]. 2010-11-24.
- [6] 黄荣学, 曹建国, 范洪远. 有限元法在冲压模具分析中的应用及展望[J]. 锻压技术, 2005, 30(2): 69-72.
- [7] HILDITCH T B, SPEER J G, MATLOCK D K. Influence of low-strain deformation characteristics of high strength sheet steel on curl and springback in bend-under-tension tests [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2007, 182(1/3): 84-94.
- [8] 胡仁喜, 张秀辉. ANSYS14.0 热力学/电磁学/耦合场分析自学手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013: 437-447.
- [9] 张雪彪, 杨玉龙, 刘玉君, 等. 钢板弯曲工艺中的高频感应加热过程数值分析[J]. 中国造船, 2011, 52(2): 108-116.