

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.02.018

基于 DYNAFORM 的对拼焊板拉深坯料优化

姜民主, 宋春雨, 龚红英, 仇丹丹

(上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620)

摘要:针对当前激光拼焊件拉深过程高成本、低效率以及工艺复杂等问题,文章建立了一个激光拼焊板拉深坯料焊缝布置模型。首先通过单向拉伸实验获取高强度钢板 DP780 及超高强度钢板 DP1180 的力学性能参数,并将这些参数代入 CAE 模拟软件中,以提高模拟的准确性。经筛选确定 2 个极值代表方案,通过对比得出优化焊缝方位布置模型,并从理论上说明了此模型优于其他模型的原因,其后对最优模型进行物理实验。实验证实该模型在完成拼焊板拉深工艺时,不仅可以降低生产成本、提高生产效率,同时还能降低工艺复杂程度。该模型可为复杂拼焊件冲压成形的生产实践提供理论指导。

关键词:激光焊接;拼焊板;CAE 模拟软件;坯料优化模型

中图分类号: TG405 文献标志码: A 文章编号: 1005-2895(2016)02-0081-03

Research on Optimized Stamping Forming Process of Tailor Welded Blanks Based on Dynaform

JIANG Minzhu, SONG Chunyu, GONG Hongying, QIU Dandan

(School of Material Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: For the issues of high cost, low efficiency and process complexity in the stamping forming process for tailor welded blanks, a model was built which involved the layout for welding line. The uniaxial tensile experiment carried out to get the mechanical property parameters of DP780 and DP1180, and these parameters were used in CAE to improve the accurateness. After filtrating, two typical cases were put into effect. The optimized welding line arrangement model was come out by comparison. It explained the reason of the model superior other models based on the theory, and the optimal model for physical experiment was proceeded. Experiments confirms that the model in the deep drawing technology of tailor-welded sheet can reduce production costs, improve production efficiency and reduce process complexity effectively. The model can provide the theoretical direction to the practice of the complex tailor weld stamping.

Key words: laser welding; tailor welded blanks (TWB); CAE simulation software; optimized blank model

早在 20 世纪 60 年代,为节省成本,本田公司利用边角料生产车身侧内板,这就是最初的拼焊技术^[1]。随着技术的发展与需求的提升,生产实践对拼焊板的性能提出了更高的要求,意图在不同金属拼焊后对其进行塑性加工,为汽车减重及机械设计的灵活性提供更有力的支持^[2]。拼焊板冲压技术旨在节约较昂贵材料的同时满足使用需求,因而其在当前以环保与轻量化为主流的汽车行业的发展中必然有很大的应用前景^[3]。

拼焊板冲压仍有许多困难函待解决,在塑性变形过程中,由于热影响区的软化现象,使得变形在此处更容易引发失效,一些学者提出先对拼焊板进行热处理再进行塑性变形的的方法,以解决软化导致的破裂显现问题^[4-5]。但这不仅会降低效率同时也会提高生产成本,况且热处理也会导致材料流失并对环境造成污染。因而,本文将从塑性成形工艺着手,以 DP780 与 DP1180 为研究对象,对两者进行激光拼焊,而后进行方盒件拉深

收稿日期:2015-09-28;修回日期:2015-11-05

基金项目:上海工程技术大学研究生创新项目(15KY0509);上海工程技术大学研究生创新项目(14KY0519)。

作者简介:姜民主(1991),男,江西南昌人,硕士研究生,主要研究方向为板料冲压技术。E-mail:335431055@qq.com

成形,以探究焊缝布置方位对拉深件成形性能的影响,为实际生产提供理论依据与实际指导。

1 性能测试与分析

单向拉伸试验是用来检测金属材料力学性能的最基础的手段之一,判定材料塑性成形能力,通常也要利用从拉伸试验中获得的力学性能数据,此外,有限元数值模拟中需要的特征指标等数据,也必须通过拉伸试验来获得。本文单向拉伸试验在美国新罕布什尔大学机械工程及材料科学系材料力学性能试验室完成。拉伸试样的尺寸根据在2010年修改和重新颁布的材料单向拉伸试验国家标准——《金属材料拉伸试验第1部分:室温拉伸方法》(GB/T 228.1—2010)所制备的,板料的厚度1.2 mm,横截面为长方形。该实验中使用了MTS材料拉伸试验机并配合DIC(数字图像相关技术)测量系统完成整个单向拉伸试验,通过DIC测量系统,直接得到材料的名义应力-应变试验曲线及试验数据,经数据处理,DP780与DP1180的力学性能对比,如表1所示。

表1 DP780与DP1180钢力学性能对比表

Table 1 Mechanical property for DP780 and DP1180

牌号	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	屈强比	延伸率/%	弹性模量/MPa
DP780	400	960	0.42	18	180 493
DP1180	1 000	1 300	0.77	8	192 785

如表1所示,DP780与DP1180两者之间的屈服强度、抗拉强度以及弹性模量等力学性能差异较大,这就意味着两者经激光拼焊后,再进行拉深的困难极大。屈服强度差异大,材料的抗破坏能力显著不同,从而可能导致DP780进入屈服状态,而DP1180仍处于弹性变形阶段。抗拉强度的差异则会导致DP780过早发生破坏,而DP1180仍保留很大的变形空间。弹性模量的差异则会产生更为严重回弹问题,同时由于回弹力所产生的残余应力会更进一步的影响工件质量。

2 焊缝设计的CAE分析及优化模型物理实验

2.1 坯料外轮廓及焊缝方位设计

为体现焊缝布置对拉深成形性能的影响,本文以内表面尺寸为32.36 mm×32.36 mm,高度为17 mm的方盒件为对象,进行相关研究。根据工件尺寸,在CAD软件中进行相关模具设计。从法兰部分金属流动及方形盒口部均匀性角度考虑,选择切弓形毛坯。

较之圆筒件,方盒件的变形过程更为复杂,也更为不均匀,从其直边中间至两侧拐角处,坯料的边界量成正态分布^[6]。在这种不均匀的变形情况下,若拉深件

由拼焊钢板构成,则其焊缝的方位布置尤为重要。由拉格朗日插值法,取正态函数两金属流动量极值处为端点,即,直边中线与拐角中线,探究焊缝方位布置与成形性能关系。根据成形后焊缝与工件间的方位关系,将2种模型分别记为平焊缝模型与斜焊缝模型,坯料设计如图1所示。

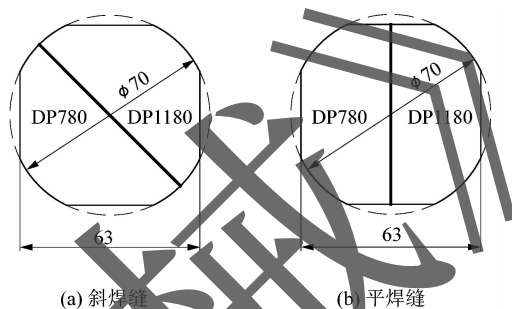


图1 坯料示意图

Figure 1 Standard schematic of blank

2.2 方盒件拉深CAE模拟

在UGNX完成相关模型建立后,以IGS格式导入DYNIFORM建立FEM模型进行CAE分析。根据材料属性及工件变形情况,模拟冲压速度设为16 mm/s,压力为取7 000 N,凸模采用接触偏置的方法建立^[7-8],拼焊板采用简易焊缝模型。完成相关设置调试后,提交LS-DYNA求解器,模拟结果如图2所示。

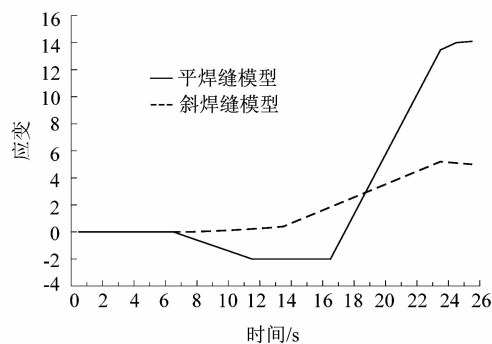


图2 危险截面应变对比图

Figure 2 Comparison of strain for dangerous section

3 模拟结果分析及物理实验

由图2模拟结果可知,采用斜焊缝模型进行拉深,坯料在整个行程过程中应变值变化较小,尤其是在大变形阶段,斜焊缝模型其剧烈程度远不及平焊缝模型,且其终值仅为平焊缝模型一半。其原因是多方面的,首先在斜焊缝模型中,焊缝处于坯料边界位移量正态分布图的最小值处,所在位置的径向金属流动量最小;其二,在圆角处的变形虽然复杂,但相对直边,其压应力更为集中,这与直边部分边界位移量较大不无关系;

其三,直角边处的法兰变形区有切向收缩效应,从而使得圆角处的应变强化得到缓解,进一步降低了圆角部分传力区的轴向拉应力,同时也提高了其传力区的相对承载能力;其四,在圆角部分传力区内,轴向拉应力方向上少了一个切应力值,从而其传力区的承载能力也相对地得以提高;其五,由于焊缝强度高于母材,使得斜焊缝模型中的圆角部分更不易发生减薄,从而使斜焊缝模型具有更大的拉深成形极限值;其六,焊缝热影响区的软化现象使该部分的塑性变形能力得以提升,将焊缝布置于方盒件对角处更有利于拉深成形的进行。以上原因的分析无论从方盒件成形过程的理论分析、模拟结果分析抑或是焊缝组织分析中均可得以映射,多方面印证,具有较高的可靠性。

综上所述,将焊缝设置于成形后工件的圆角处,不仅有利于塑性加工,更有利于其作为零件的使用性能。因此,将焊缝设置于圆角处是最优化的拉深成形模型,为验证理论及模拟结构的准确性,现对最优模型进行物理实验。首先,按照最优模型坯料设计尺寸进行线切割,而后依照设计方案使用 IPG YLS-5000 光纤激光器进行激光焊接,激光波长为 1 060 nm,激光光斑直径 0.3 mm,焊接参数设置离焦量为 33 mm,焊接速度 33 mm/s,功率 3 500 W。99.99% 的氮气气体保护装置亦被加入到焊接系统中,以防止钢板在激光焊接过程中受热氧化。激光焊接焊缝表面较为平滑光洁,焊缝宽度狭窄,热影响区小,是用于冲压的拼焊板首选焊接方式,最后拉深成形所得方盒件如图 3 所示。

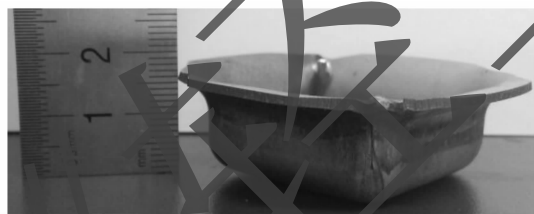


图 3 成形高度

Figure 3 Forming height

4 结语

本文旨在建立一个不增加工序成本的激光拼焊板拉深模型,在优化模型的建立上采用优中选优的方式,首先选择了金属流动均匀的弓形坯料;而后通过激光拼焊,得到表面质量好、热影响区狭窄的焊缝;最后,利用最值法选取 2 个最具代表性的焊缝布置方案。分析

过程中首先通过 CAE 模拟预测了不同方案的拉深成形结果,在原理分析部分,通过多方面讨论得出斜焊缝模型为激光拼焊板方盒件拉深最优方案,此模型可为复杂拼焊件冲压成形的生产实践提供理论指导。该模型指出,将焊缝设置在拉深件的圆角处更有利于塑性成形加工的进行。

激光拼焊件拉深技术在国内外都有着长远的发展前景。目前国内研究较少,但随着科技的发展与应用需求的提升,其发展前景是不可估量的。拼焊板拉深工艺的研究现已逐渐成为汽车元器件设计过程中的尖端科研方向,如何在低成本、高效率的前提下进行激光拼焊板冲压将是一个新的研究方向^[9-10]。

参考文献:

- [1] PALLET R J, LARK R J. The use of tailored blanks in the manufacture of construction components [J]. Journal of materials processing technology, 2001, 117(1/2): 249 - 254.
- [2] ABBASI M, KETABCHI M, LABUDE T, et al. New attempt to wrinkling behavior analysis of tailor welded blanks during the deep drawing process [J]. Materials & design, 2012, 40: 407 - 414.
- [3] MENNECART T, GUENER A, KHALIFA N B, et al. Effect of weldline in deep drawing of tailor welded blanks of high strength steels [J]. Key engineering materials, 2014, 611/612: 955 - 962.
- [4] BANDYOPADHYAY K, PANDA S K, SAHA P, et al. Limiting drawing ratio and deep drawing behavior of dual phase steel tailor welded blanks: FE simulation and experimental validation [J]. Journal of materials processing technology, 2015, 217: 48 - 64.
- [5] PREETHI M, MURTY B S, RAMAN S G S, et al. Control of UFG microstructure in welded carbon steel tubes by cold drawing and annealing [J]. Transactions of the indian institute of metals, 2014, 67(5): 681 - 690.
- [6] 刘跃峰,史双喜,刘朝福. 基于 DYNAFORM 的盒型件冲压成型工艺研究 [J]. 热加工工艺, 2014, 43(5): 83 - 85.
- [7] 谢玲玲,黄贞益,郑光文,等. 汽车内饰板冲压成形有限元模拟分析 [J]. 热加工工艺, 2012, 41(1): 70 - 73.
- [8] 莫易敏,梁玮,王金涛,等. 微型汽车车身直线焊接单元的伺服系统设计 [J]. 机电工程, 2013, 30(6): 686 - 688.
- [9] VASUDEVAN V, BANDYOPADHYAY K, PANDA S K. Influence of anisotropy parameter on deepdrawing of tailor welded blanks of low-carbon steels [J]. Proceedings of the institution of mechanical engineers part B: journal of engineering manufacture, 2014, 228(9): 1162 - 1171.
- [10] SAFDARIAN R, JORGE R M N, SANTOS A D, et al. A comparative study of forming limit diagram prediction of tailor welded blanks [J]. International journal of material forming, 2015, 8(2): 293 - 304.

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.02.019

三聚甲醛/水换热器的数值模拟及结构改进

朱城荣, 徐波

(上海理工大学能源与动力工程学院, 上海 200093)

摘要:针对某大型化工企业的三聚甲醛/水换热器在生产中发生的失效问题,借助于 ANSYS FLUENT 15.0 软件对换热器的流体流动以及传热进行数值模拟。通过分析管程和壳程流体的流速分布、温度分布及压力分布情况,找到产生故障的原因,提出结构改进措施,并采用数值模拟的方法,验证结构改进的合理性。研究结果表明:改变管程进口的方向和距离,调整壳程进、出口的位置,并在管程和壳程进口处加防冲档板能够使管程和壳程进、出口处的流场分布趋于均匀;降低流体对管束的冲击力,改善管束周边的应力分布状态。结构改进后可有效防止事故的发生。

关键词:管壳式换热器;流体流动;传热;数值模拟;ANSYS FLUENT 15.0 软件

中图分类号:TK172

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2016)02-0084-06

Study on Numerical Simulation and Structure Improvement of S-Trioxane/Water Heat Exchanger

ZHU Chengrong, XU Bo

(School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to solve the failure problem of s-trioxane/water heat exchanger used in a large chemical industry, a numerical simulation on the fluid flow and heat transfer of the heat exchanger was established by using ANSYS FLUENT15.0 software. By the analysis of the velocity field, temperature field and pressure field, the cause of the failure was found, and it put forward a measure to modify the structure. The improved rationality of structure was verified by the mean of numerical simulation. The research results show that the field distribution in the inlet and outlet of shell and tube tends to be uniform after the structure improved. The impact force of the fluid to the tube bundle is reduced and the stress distribution around the tube bundle is improved. The accidents could be effectively prevented after the structure improved.

Key words: shell and tube heat exchanger; fluid flow; heat transfer; numerical simulation; ANSYS FLUENT 15.0 software

管壳式换热器广泛运用在能源、动力、核能、石油、冶金、制冷、化工等工程领域,根据用途它可分为加热器、冷却器、冷凝器、蒸发器、再沸器和回热器等^[1-2]。与翅片管式换热器、板式换热器等其他新型的换热设备相比,管壳式换热器在换热效率、设备的体积和金属材料的消耗量等方面存在明显的不足,但它的优点在于结构坚固、操作弹性大、可靠程度高、使用范围广,因此工程中仍得到广泛应用^[3-4]。然而管壳式换热器在工业生产中,由于选材不当、设计不合理、管理不规范

等多方面因素,发生失效的现象也屡见不鲜。通常失效发生的部位为换热器管板和换热管的连接处、折流板和换热管的配合处、换热器壳体与管板连接处等。主要为材质选择、工艺设计不合理、污垢形成及结构设计不理想等原因导致设备出现故障^[5]。有关失效分析方法及解决方案,国内外学者和工程技术人员已有大量研究。例如,国内学者孙伟等^[6]针对一台因Cl₂应力腐蚀失效的管壳式换热器,从结构设计、工艺操作条件、材料选择等方面进行分析,提出了避免发生应力

收稿日期:2015-07-31;修回日期:2015-11-25

作者简介:朱城荣(1991),男,上海崇明人,硕士研究生,主要研究方向为换热器的流动与传热。通信作者:徐波,女,副教授,硕士生导师。E-mail:xubo1027@sina.com