

文章编号: 0258-7025(2007)Supplement-0242-03

激光拼焊门内板冲压有限元仿真及实验研究

阎 启, 郭瑞泉

(宝山钢铁股份有限公司研究院, 上海 201900)

摘要 汽车工业一直致力于在不降低轿车结构稳定性的同时减轻车重, 最成功的一项新技术是激光拼焊技术的应用。激光拼焊技术具有显著的特点及优势在汽车白车身内部结构件中得到了广泛应用, 其中激光拼焊门内板以具有显著减重的优势在国内汽车厂各种新车型中得到推广。而门内板是典型的汽车覆盖件, 形状复杂, 对激光拼焊门内板的典型特征进行了分析与抽取, 进行了激光拼焊门内板比例件的实验与研究。对激光拼焊门内板冲压过程建立了有限元模型, 基于有限元数值仿真模拟技术和实冲实验方法对激光拼焊门内板比例件在冲压成形过程中表现的行为进行了研究。研究表明对激光拼焊门内板在冲压成形过程中, 激光焊缝会有显著的流动现象。

关键词 激光技术; 激光拼焊板; 门内板; 有限元分析; 仿真

中图分类号 TG456 文献标识码 A

Experiment and Finite Element Analysis Simulation Study on Stamping Parts for Laser Tailor Welded Inner Doors

YAN Qi, GUO Rui-quan

(Technology Center, Baoshan Iron and Steel Corporation, Shanghai 201900)

Abstract In the automotive industry, more efforts are put to promote the stability of structure while reducing the weight of the vehicle. The application of laser tailor welded blanks is one of the most successful new technologies to be used. Due to its obvious advantages, laser tailor welded technology is widely used in the structure parts of body-in-white. Laser tailor welded inner doors are applied in the new car models of domestic automobile manufactures because of their obvious weight reducing advantages. The structure of inner doors belongs to the typical cover parts and is very complex in its shape. In this paper, the typical characters of laser tailor welded inner doors are extracted. Finite element analysis model of stamping process for tailor welded inner doors are established. By means of finite element analysis and practical stamping, the behavior of laser tailor welded inner doors in stamping process is studied. Simulation and practical stamping results show that the laser welded seam has the obvious movement for the laser tailor welded inner doors during the stamping process.

Key words laser technique; laser tailor welded blanks; inner door; finite element analysis; simulation

1 引 言

激光焊接是以激光为热源进行的焊接, 激光是一束平行的光, 用抛物面镜或透镜进行聚光, 可得到很高的功率密度^[1,2]。汽车结构件采用激光拼焊技术是近年来在汽车车身设计中出现的一个崭新概念, 通过此项技术可将经不同表面处理、不同钢种、不同厚度的钢板采用激光焊接的方法, 使之成为一个毛坯件。激光拼焊板通过材料的不同组合从而具有减轻车重、提高抗碰撞性能、节省材料等优势^[3,4]。

拼焊需要通过熔化以达到冶金结合, 因此拼焊板早期可有多种焊接方法来选择, 最终选择了激光

焊接方法及工艺。激光束可以实现非接触加工, 同时随着激光器的发展, 也避免了加工系统的庞大。

目前世界上主要的汽车制造厂在其车型设计中都在使用或考虑使用激光拼焊板, 从而利用激光拼焊技术的优势, 以维持自身在市场上的竞争地位。因此, 对激光拼焊板的性能关注及其在冲压过程中的表现行为已成为研究热点^[5]。

2 实验材料及方法

实验采用的材料为冷轧钢板, 其厚度分别为 0.8 mm 与 1.2 mm, 对其进行激光拼焊实验, 实验材

作者简介: 阎 启(1973—), 男, 上海人, 主任研究员, 主要从事金属材料激光焊接与激光切割技术方面的研究。

E-mail: yanqi@baosteel.com

料的机械性能见表 1。

表 1 实验材料的机械性能

Table 1 Mechanical properties of materials

t /mm	σ_s /MPa	σ_b /MPa	δ_{80} /%	n	r
0.8	158	311	45.6	0.22	1.9
1.2	163	317	45.2	0.22	2.0

实验采用 PRC 公司快速轴流 CO₂ 连续激光器, 波长为 10.6 μm , 输出最大功率为 4000 W。采用的激光束输出光斑直径为 0.28 mm, 采用激光切割技术对实验材料边部进行准备。PRC 激光器有三种脉冲方式: 超脉冲、门脉冲与超强脉冲, 可分别用于不同情况下的激光加工。其中切割时采用超强脉冲, 能减少甚至消除挂渣现象。激光拼焊后的毛坯尺寸为 410 mm \times 590 mm, 其中激光焊缝处于中间部位。

汽车门内板是典型的汽车覆盖件, 其铰链区域为门的承重部位, 把手部位又经常需要转动, 传统工艺是将普通板料冲压后在该两部位添加加强板结构, 而采用激光拼焊板冲压该零件后可不再使用此类加强板结构。实验中对汽车门内板进行了比例缩放, 保持其局部尺寸如凸凹模圆角半径、拉伸筋等, 而将整体几何尺寸进行比例缩小。对于激光拼焊板将其冲压成缩小的门内板, 运用 AutoForm 有限元软件进行数值仿真模拟其冲压过程, 研究了激光拼焊门内板冲压过程中的焊缝流动、厚度变化等。同时在 800/1300 吨液压成形机上进行了 0.8 mm/1.2 mm 激光拼焊板门内板实际冲压, 采用三坐标测量仪测量了焊缝流动数值, 并与使用有限元数值仿真模拟的结果进行比较分析。

3 激光焊缝金相观察

利用 OLYMPUS BX60M 金相显微镜对激光焊接接头进行显微观察, 图 1 和图 2 为其激光焊接接

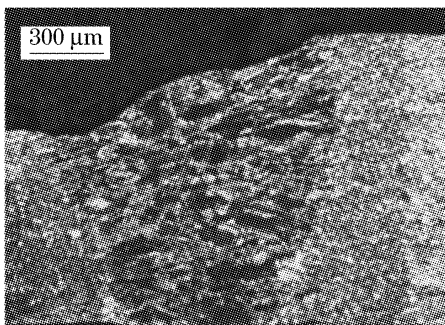


图 1 激光焊接接头金相组织

Fig. 1 Microstructure of laser welded joints

头与热影响区显微组织, 并未发现有任何焊接缺陷。

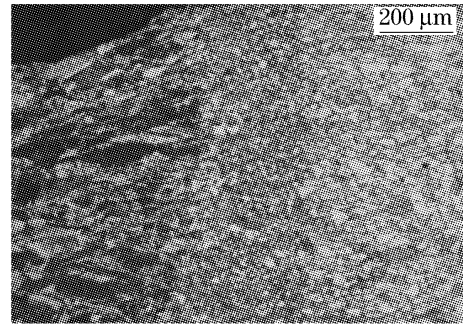


图 2 激光焊接热影响区组织

Fig. 2 Microstructure of heat affected zone

从图 2 激光焊接热影响区的金相组织可以看出, 热影响区存在明显的粗晶区及细晶区, 而焊缝区域晶粒的生长方向为垂直于熔合线, 向内快速生长, 具有典型的柱状晶特点。

4 仿真模拟模型建立

图 3 为对激光拼焊门内板冲压过程中的凹模、凸模、压边圈及激光拼焊板毛坯件进行有限元数值仿真建立的网格模型。其中凹模、凸模、压边圈及激光拼焊板毛坯件厚薄侧所使用的单元数分别为 8584、5648、2936、8159、6240, 模拟的压边力采用 100 kN。

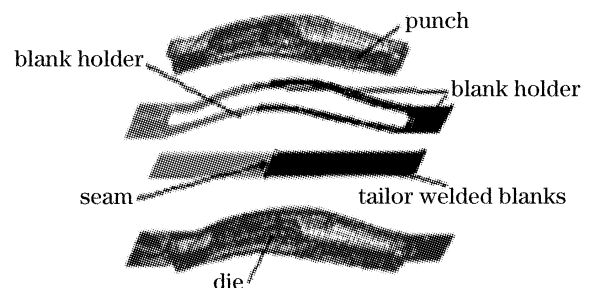


图 3 有限元仿真模型

Fig. 3 Model for finite element analysis

5 模拟结果与实冲结果分析

采用有限元数值仿真模拟激光拼焊门内板的冲压过程及在汽车厂进行实冲分别获得激光拼焊门内板如图 4 及图 5 所示, 其中左侧为 0.8 mm 厚度板料, 右侧为 1.2 mm 厚度板料。从激光拼焊门内板的形状与实际效果来看, 通过有限元数值仿真模拟的结果与实冲获得的结果较为近似。

图 6 与图 7 分别为采用有限元仿真模拟及实冲测量获得的激光拼焊板薄板侧与厚板侧材料的减薄情况。从结果可以看出, 激光拼焊板薄板侧与厚板侧都有一定程度的减薄, 有限元数值仿真可以模拟材料减薄变化规律, 但仿真模拟的结果比实验值均

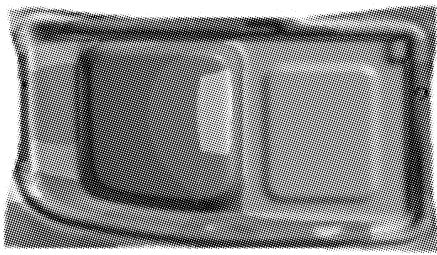


图 4 有限元仿真获得的拼焊门内板

Fig. 4 Tailor welded inner door by simulation of finite element analysis

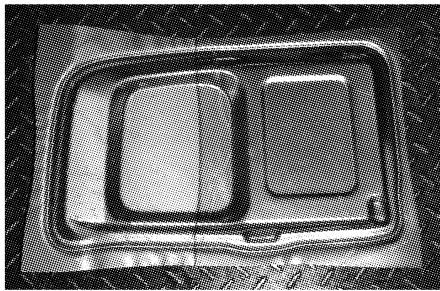


图 5 实际冲压获得的拼焊门内板

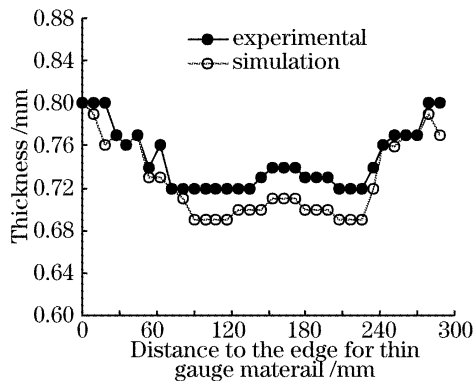
Fig. 5 Tailor welded inner door by practical stamping
有一定程度的降低。

图 6 薄板侧厚度变化

Fig. 6 Variation of thickness for thin gauge material

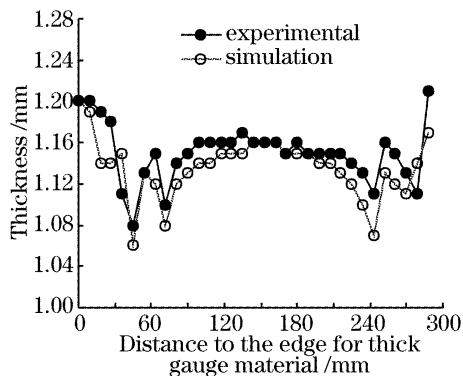


图 7 厚板侧厚度变化

Fig. 7 Variation of thickness for thick gauge material

图 8 为采用有限元仿真模拟及实冲测量获得的激光拼焊板激光焊缝在冲压后的流动情况。从结果同样看出,有限元数值仿真可以模拟焊缝流动变化规律。从其变化规律可以看出,位于中间部位的激光焊缝流动量为最大。

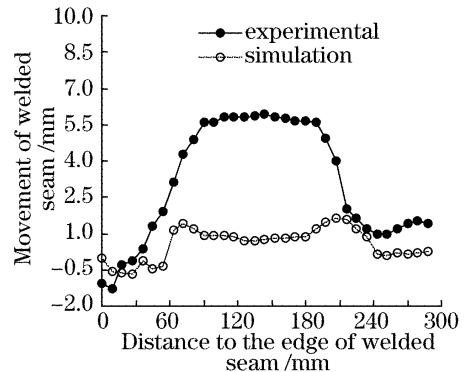


图 8 焊缝流动量

Fig. 8 Movement of welded seam

6 结 论

从激光焊接热影响区的金相组织可以看出,焊接热影响区存在明显的粗晶区及细晶区,而焊缝区域晶粒的生长方向垂直于熔合线,向内快速生长,具有典型的柱状晶特点。通过对激光拼焊门内比例件冲压过程进行有限元数值仿真模拟及实际冲压实验对比,表明激光焊缝在冲压过程中有一定程度的流动,所建立的有限元数值仿真模型可以用来预测激光拼焊板薄厚侧材料的减薄过程及激光焊缝的流动规律。激光焊缝在冲压过程中的流动量则以中间部位为最大。

参 考 文 献

- 1 Yang Lixin, Peng Xiaofeng. Features of molten pool free surface in laser processing [J]. *Progress in Nature Science*, 2001, **11**(11): 843~850
- 2 Wang Jiachun. Development and expectation of laser welding technology[J]. *Laser Technology*, 2000, **25**(1): 48~53
王家淳. 激光焊接技术的发展与展望[J]. *激光技术*, 2000, **25**(1): 48~53
- 3 J. K. Bayson. Laser beam welding and formability of tailored blanks[J]. *Welding Journal*, 1995, **74**(10): 91~102
- 4 R. J. Pallett, R. J. Lark. The use of tailored blanks in the manufacture of construction components [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, **117**(8): 249~254
- 5 F. I. Saunders, R. H. Wagoner. Forming of tailor welded blanks[J]. *Metallurgical and Materials*, 1996, **27**(9): 12~17