

A Study on Application of Tailored Laser-welded Blanks to Improve Vehicle Side Crashworthiness

Fan Tiqiang, Wan Xinming, Li Yang

(China Automotive Engineering Research Institute Kairui Auto Development Center, Chongqing, 400039)

Abstract: Tailor Laser-welded blanks technology has been widely applied in the automobile industry, by using these blanks in vehicle, it is possible to lead a component optimization with varying material properties. B-pillar stiffness has important effect on vehicle side crashworthiness. This paper studies the application of B-pillar made of tailored Laser-welded blanks to improve vehicle side crashworthiness. The simulation results show that the tailored laser-welded blanks can improve vehicle side crashworthiness.

Keywords: Tailored Laser-welded blanks, Side impact, crashworthiness

激光拼焊技术在汽车侧碰改进中的应用研究

范体强, 万鑫铭, 李阳

(中国汽车工程研究院凯瑞汽车设计中心, 重庆, 400039)

摘要: 激光拼焊技术在汽车工业上得到了广泛应用, 使用拼焊板可以实现汽车部件材料的优化匹配。B 柱刚度对汽车的侧面碰撞性能有重要影响, 研究了经不同强度的板材拼焊而成的 B 柱在侧碰改进的应用情况, 仿真结果表明采用拼焊的 B 柱可以提高整车的侧面耐撞性。

关键词: 激光拼焊, 侧面碰撞, 耐撞性

1 前言

实现汽车侧面碰撞保护的思想是将侧面碰撞力有效地转移到车身具有保护作用的门槛、A/B/C 柱、地板和车顶及其他部件; 使碰撞力被这些部件所吸收、传递, 把可能造成的伤害降低到最小程度。

B 柱是侧面结构中的重要承力部件, 虽然 B 柱内板在碰撞过程中并没有与假人接触。但却与座椅靠背直接接触, 而且这种接触直接影响假人的响应; 此外 B 柱中部处的变形会带动车门内板的内陷, 进而影响到车门内板和假人的碰撞接触, 所以其变形大小和速度需要控制在合理的范围内。一些文献研究表明, 可以通过对整车侧面车体的用材情况进行了合理的分配, 优化车体的侧面刚度, 增加 B 柱的下部的变形, 减少 B 柱上部的变形, 一定程度上可以改善乘员的生存空间, 提高整车的侧面耐撞性^[1, 2]。现在汽车用钢板的激光焊接工艺在国内外得到了广泛认同和采用, 为优化 B 柱结构和汽车的侧面刚度提供了新的思路。

2 激光拼焊技术及其应用

拼焊板是在车身设计制造中, 根据车身不同的设计和性能要求, 选择不同厚度、强度或镀层的已裁剪好的平板拼接并焊接在一起, 并且冲压成部件所要求的形状; 利用这种方法和工艺, 人们可以在部件的不同部位“裁缝”处具有不同材料特性的部分^[3, 4]。拼焊板坯制造技术已经在国内外得到广泛应用, 可以使模具的数量和后续的生产工序减少, 这样减低了成本, 更重要的是可以提高汽车零部件的质量, 使零件结构最大限度优化, 充分发挥不同强度、不同厚度板材的性能, 可降低车身重量、减少零部件数量和提高安全性, 是提高优化设计和制造技术的有效手段。图 1 所示为拼焊板用于制造汽车的几种部件^[3]。目前国内生产的各车型如广州本田雅阁和 ODYSSEY、东风日产蓝鸟、天津一汽丰田花冠和威姿、长安福特福克斯、长安铃木雨燕等车门内板或前/后纵梁, 一汽大众奥迪 A6 的前地板, 上海大众的 POLO 轿车中央通道件均采用激光拼焊板, 图 2、3 分别为某轿车所采用的拼焊件, 国内基本上掌握了拼焊的变形特点和使用规则^[5, 6], 但 B 柱采用拼焊件的车型较少。

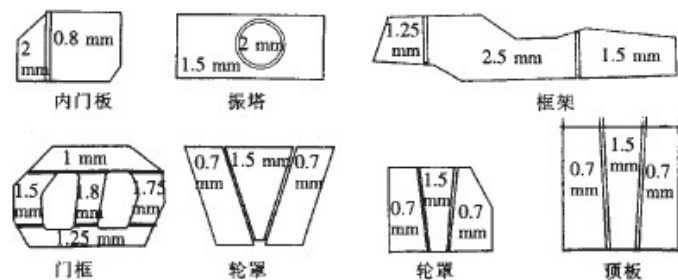


图 1 拼焊板制造的几种典型汽车部件

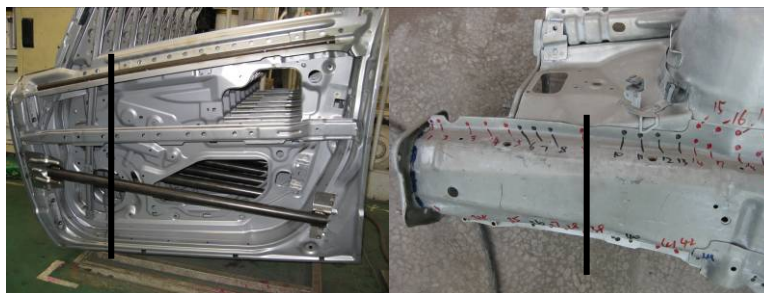


图2 某车采用拼焊工艺的前门内板

图3 某车采用拼焊工艺的前纵梁

3 B 柱拼焊及侧碰仿真结果

车辆的有限元模型包含了车辆的结构部件、地盘系统、动力总成、座椅骨架和泡沫等，模型约 54 万单元（如图 4 所示）。车辆的侧面碰撞性能，已经满足 GB20071-2006《汽车侧面碰撞的乘员保护》要求，为进一步提高整车的侧面耐撞性，对 B 柱进行了激光拼焊（如图 5 所示），在考虑到轻量化的前提下，适当降低了 B 柱下端的材料强度和厚度，相应的有限元模型如图 6 所示。

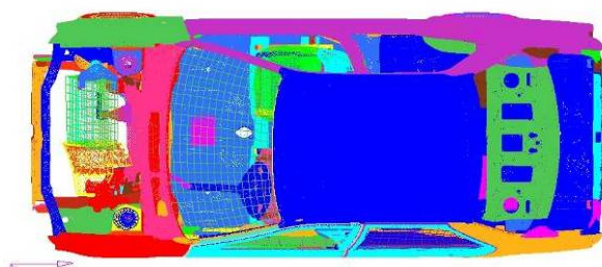


图4 整车有限元模型



图5 试制的 B 柱拼焊件

图6 B 柱拼焊有限元模型

B 柱和门槛相对车身的变形量是侧面碰撞中考核车身结构耐撞性的主要指标之一，特别是车门内板与假人肋骨对应点的侵入量与侵入速度直接影响假人肋骨的变形量和 VC 值，仿真中对比了 B 柱采用拼焊件前后这些部位的侵入量和侵入速度的变化。

3.1 B 柱侵入量和变形速度对比

B 柱在拼焊前后的碰撞仿真变形对比如图 7 所示，可以看出 B 柱下部在碰撞仿真中下端的变形略大，图 8 是 B 柱下部变形速度对比，速度的变化不明显；中部处的 B 柱侵入量峰值和在碰撞接触时间段内的变形速度都有所下降（图 9、图 10）。

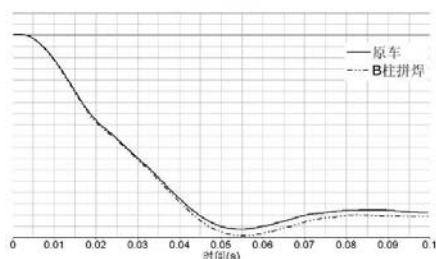


图7 B 柱下部侵入量对比

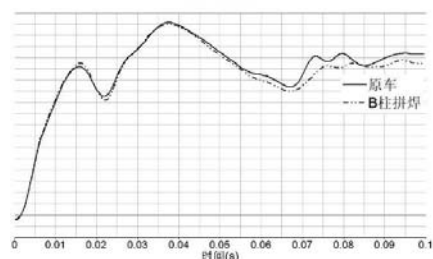


图8 B 柱下部变形速度对比

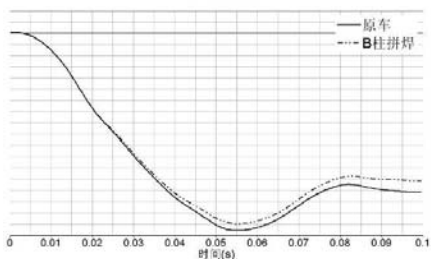


图9 B 柱中部侵入量对比

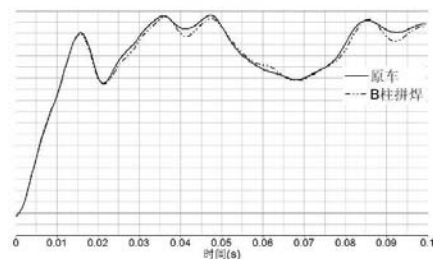


图10 B 柱中部变形速度对比

3.2 车门内板侵入量和变形速度对比

图 11、12 为碰撞仿真中测量的内板与假人肋骨对应处的变形情况。

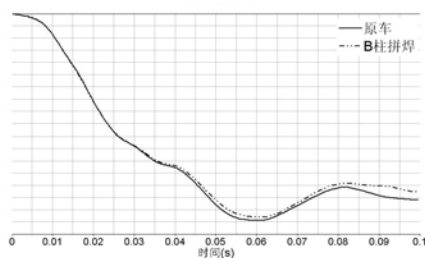


图 11 门内板侵入量对比

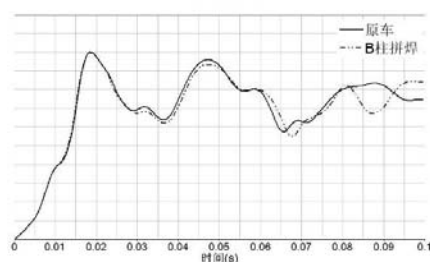


图 12 门内板变形速度对比

门内板上对应点的侵入量峰值降低，在与假人的接触时间段内变形速度下降。

3.3 门槛侵入量和变形速度对比

门槛处的侵入变形和变形速度对比如图 13、14 所示，门槛在 B 柱拼焊前后，其侵入量和变形速度变化不大。

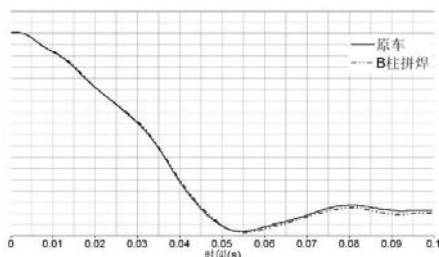


图 13 门槛侵入量对比

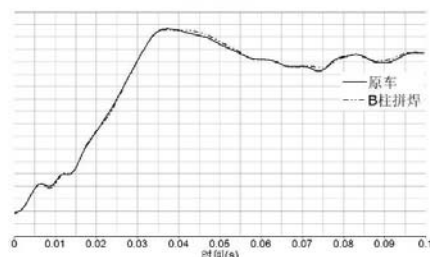


图 14 门槛变形速度对比

3.4 假人损伤对比

在该轿车的侧面碰撞中，由于假人头部的伤害指标远小于法规要求，仿真中未进行头部指标对比。从下图 15~19 可以看出，假人的上、中、下肋骨的变形仿真均有不同程度的降低，腹部力和骨盆力峰值略有增加，但也在法规所允许的范围内，表明了 B 拼焊后整车侧面耐撞性能得到了有效提高。

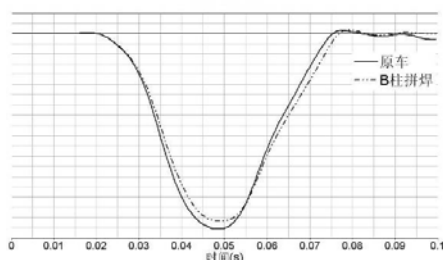


图 15 假人上肋骨位移—时间曲线图

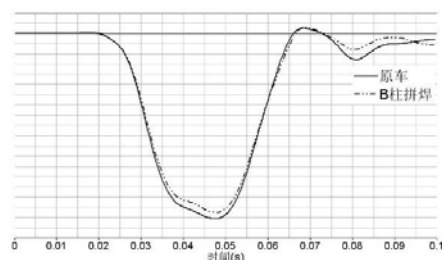


图 16 假人中肋骨位移—时间曲线图

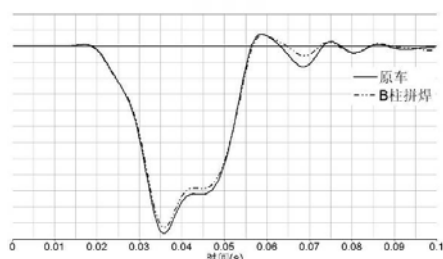


图 17 假人下部肋骨位移—时间曲线图

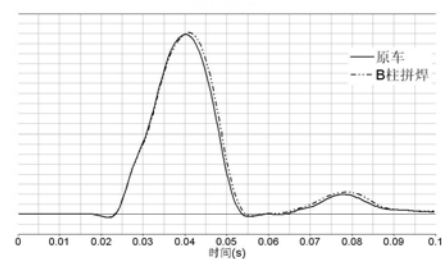


图 18 假人腹部力—时间曲线图

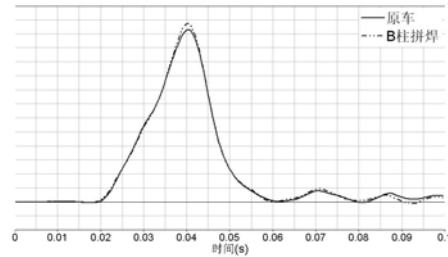


图 19 假人骨盆力—时间曲线图

4 结果分析与讨论

因实际制造工艺的限制，在 B 柱拼焊板位置确定后，通过减少 B 柱下部区域的材料强度和板厚，形成了 B 柱拼焊板；在整车的侧面碰撞仿真中，车体的侧面耐撞性能提高，假人的响应比原车较理想。其主要原因如下：

- (1) B 柱拼焊后，下部刚度较弱，在侧碰撞仿真中，下部发生了大的侵入变形，吸收能量增多；
- (2) 门槛处的侵入量和变形速度未发生改变，保证了 B 柱在碰撞中不发生失稳；
- (3) 因侧面碰撞中，侧碰力是一定的，在碰撞中下部传力效果增强，变形增加，必然减少上部的碰撞力，因而 B 柱中部处的侵入量和变形速度降低，相应就减少对座椅的碰撞冲击，减缓了对假人运动的影响；
- (4) 车门内板的内陷减少，在碰撞接触时间内减轻了对假人胸部的碰撞冲击力，所以假人的肋骨压缩量都有所降低；但同时车门内板下部的变形，对假人骨盆和腹部受力情况产生了不利影响。

总之，B 柱拼焊后，车体的侧面耐撞性能提高，假人胸部损伤情况改善，以假人的腹部和骨盆受力增大为代价，但因腹部和骨盆的受力限值较大，所以拼焊件获得了相对较理想的结果。

5 结论

激光拼焊技术在国内外汽车工业中得到了广泛应用，本文通过对 B 柱的拼焊设计，使 B 柱变形合理，提高了整车的侧面耐撞性，降低了车门对假人胸部处的冲击，假人的响应获得了较理想的结果。但是仿真不能完全取代试验，研究的结果还需要实车试验的验证。

进一步的研究，可以对 B 柱的拼焊位置以及拼焊的刚度差进行优化，以获得最佳的耐撞性能。

参考文献

- [1] 范体强, 黄超群, 万鑫铭. 车门防撞杆对汽车侧面碰撞性能的影响[C]. Infats Proceedings the Sixth International Forum of Automotive Traffic Safety. 厦门: 2008
- [2] 范体强, 万鑫铭, 李阳. 基于整车侧碰简化模型的轿车侧面优化分析[C]. 中国汽车工程学会第十二届汽车安全技术会议. 武汉: 2009
- [3] 崔怀洋, 左铁钊. 激光焊接的裁焊接板及其在汽车中的应用[J]. 焊接技术, 2004, 33(1): 23-24
- [4] 陈长军, 张敏, 马红岩等. 激光技术在汽车工业上的应用[J]. 机械工程师, 2007, 9: 16
- [5] 马鸣图主编. 先进汽车用钢[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008
- [6] 中国汽车工程学会编著. 车辆工程学科发展报告[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2008