仿真冲压机在汽车板材料检验方面的应用

张胜军，魏天龙
天津市亿成模具制造有限公司 天津 300308

摘要：为提升主机厂生产效率，减少钢厂、铝厂材料损耗，快速且有效地判定汽车板表面异常是否符合质量标准至关重要。当汽车板表面出现异常时，通过设定不同拉延量模拟实际冲压过程，直接观察冲压后的状态，是汽车板表面异常出厂检验最为直观有效的方法。与力学检测、金相检测、粗糙度检测等传统方法相比，仿真冲压试验在检测板材表面异常方面优势显著。

关键词：仿真冲压；表面缺陷；拉延量
DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.05.004

汽车板在落料环节，常采用油石或砂纸对材料进行打磨检查，打磨后材料表面常出现缓坑、硌印、棱印、麻点或不明原因印迹等现象。然而，这些缺陷对产品质量的影响，仅凭目视难以判断，借助实验室常用的力学测试、金相测试、粗糙度测试等方法，也难以直接且有效地得出材料能否继续使用的结论，并且检测耗时较长。鉴于此，公司模拟主机厂冲压车间的冲压工序，研发了一款仿真冲压机。该设备直接对材料进行冲压，冲压后用油石打磨，能快速、有效地判断材料是否适用于后续冲压生产，所得结论易被主机厂和汽车板生产厂接受，从而提高了客户满意度和汽车板使用率。

仿真冲压机的设计

1.待仿真冲压材料的统计

（1）板材料缺陷　汽车板材料缺陷统计如下：

1）铝板原材料缺陷：辊印、横纹、打磨后亮点。

2）后期造成的缺陷：缓坑、硌印、色斑。

3）镀锌钢板原材料缺陷：白斑、麻点、辊印及打磨后亮点。

4）后期造成的缺陷：缓坑、硌印、色斑。

（2）板材料拉延量　汽车板材料拉延量统计见表1。

（3）板材料厚度　镀锌钢板材料厚度为0.6～

表1　主要汽车外板零件拉延率统计

零件	车门	左右侧围	翼子板	机盖
简图				
拉延量（%）	3～6	5～9	6～14	3～6

0.9mm；铝板材料厚度为0.9～1.2 mm。

（4）汽车板机械性能　汽车外板用镀锌钢板不同牌号的性能要求见表2，汽车外板用铝板不同牌号的性能要求见表3。

表2　汽车外板用镀锌钢板不同牌号的性能要求

钢牌号	屈服强度 $R_{p0.2}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后延伸率 A_{80mm}（%）	r值 $r_{90/20}$	n值 $n_{10\text{-}20/Ag}$
CR4	140～180	270～330	≥39	≥1.9	≥2.0
CR5	110～170	260～330	≥41	≥2.1	≥2.2
CR210BH	210～270	320～400	≥32	≥1.1	≥0.16

表3　汽车外板用铝板不同牌号的性能要求

铝牌号	屈服强度 $R_{p0.2}$/MPa	抗拉强度 R_m/MPa	断后延伸率 A_{80mm}（%）	r值 $r_{90/20}$	n值 $n_{10\text{-}20/Ag}$
Al6-OUT	90～130	≥190	≥24	≥0.6	≥0.26
Al5-STD	110～160	≥255	≥23	≥0.6	≥0.26
Al5-LDR	60～95	≥140	≥19	≥0.6	≥0.26

2.仿真冲压机的设计方案

（1）冲压设备的选择　由于拉延率范围较宽，在3%～14%，故选用伺服电动机控制冲压机，以便精准控制拉延量大小。

（2）模具的设计　冲压材料主要为镀锌钢板和铝板，鉴于二者厚度差异较大，设计了两组模具。分别以用量较大的0.75mmCR5镀锌钢板和1.0mmAl6-OUT铝板为参照，依据其力学性能参数进行设计。模具采用圆盘设计，使板材拉延方向从中心向四周，保证拉延量均匀、可控。盘底平面直径为150mm，上（凹）模和下（凸）模均为平底，直接与材料表面接触，其加工图样如图1、图2所示。

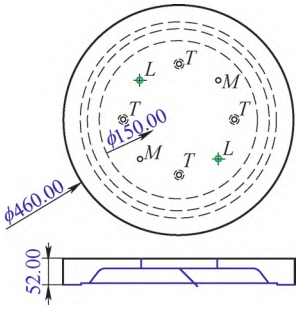

图1　凹模

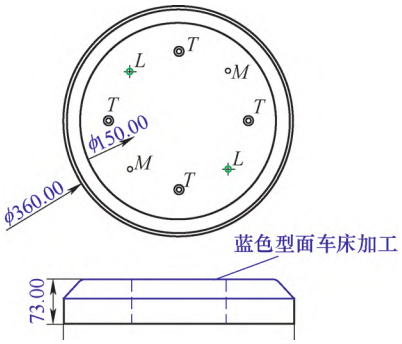

图2　凸模

3.仿真冲压机的整体设计方案

仿真冲压机的整体设计方案为选用可控制拉延量的伺服冲压机、一组专门用于拉延铝板的模具和一组专门用于拉延镀锌钢板的模具。冲压材料需制成400mm×400mm的样片，制样过程中材料的异常位置尽量放置在正中央。开始冲压后，模具将样片进行锁边，下模向上挤压，达到预设拉延量后保压10s，然后进行卸压，用油石进行打磨检查。

4.仿真冲压机的定制

综合各种因素，最终选定100T的伺服控制液压机，以及分别用于冲压铝合金汽车板和冷轧镀锌钢板的模具，对两种材料进行检测。定制完成后的仿真冲压机实物如图3～图6所示。

图3　仿真冲压机

图4　凹模（在上）

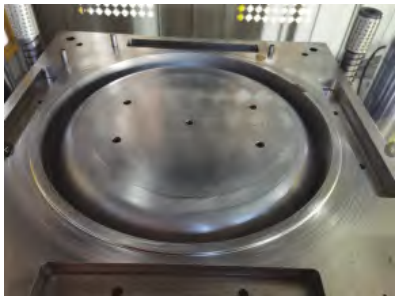

图5　凸模（在下）

图6　油石

表面异常材料的检测

1.缓坑检测

汽车板在纵剪线、冷轧线、热处理线及落料线等生产线上与各种辊子接触，辊子上的异物或自身不平整可能导致板材出现缓坑。不同汽车零件冲压拉延量不同，缓坑在冲压后不一定会消失。因此，发现缓坑后，需根据板材对应的目标汽车零件调整仿真冲压机拉延量进行冲压，再用油石打磨，依据冲压后是否仍有缓坑决定发货或退货。

以图7～图10所示的机盖外板为例，美国诺贝丽斯制造的A16-OUT铝板出现缓坑后，将拉延量调至4%进行仿真冲压，冲压后用油石打磨，缓坑消失，随后按主机厂需求发货。

图7　冲压前打磨发现缓坑

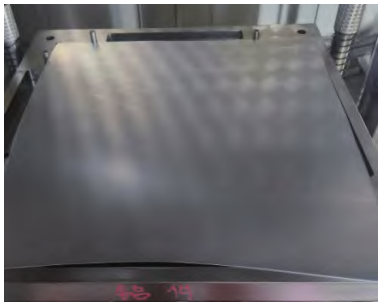

图8　开始进行仿真冲压

图9　冲压后图片

图10　打磨，缓坑消失

2.麻点检测

冷轧镀锌汽车板上偶尔会出现白色、黄色等小斑点，多由锌层异常引起。以某钢厂冷轧镀锌板为例，如图11～图14所示，表面有不明原因斑点，冲压后在扫描电镜下观测，发现锌层有黑色斑块，能谱面成分扫描显示黑色斑块部位成分为Fe，基体表面为Zn，判定为镀锌不良导致的锌层脱落，影响主机厂使用，该卷材料作退货处理。

图11　斑点

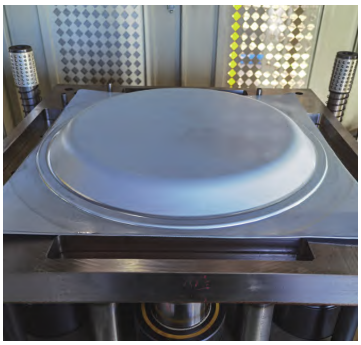

图12　仿真冲压图片

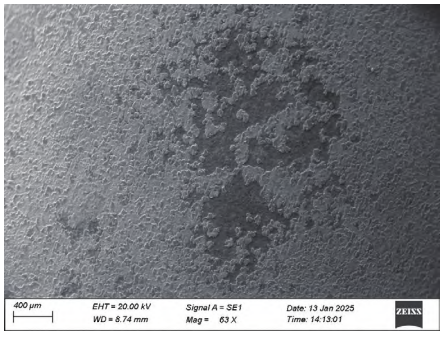

图13　斑点冲压后SEM照片

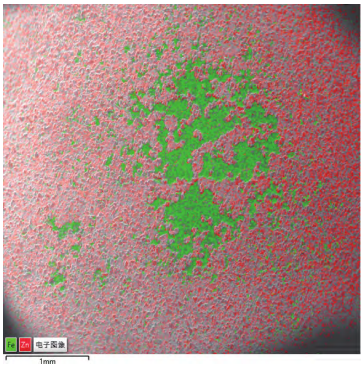

图14　斑点冲压后EDS分析

另一种情况，如图15～图17所示，某钢厂冷轧镀锌板表面有斑点，冲压后在40倍显微镜下观测，发现锌层出现凹坑，缺陷并未在冲压后消失，判定为锌层有异物缺陷，同样退货处理。

图15　斑点

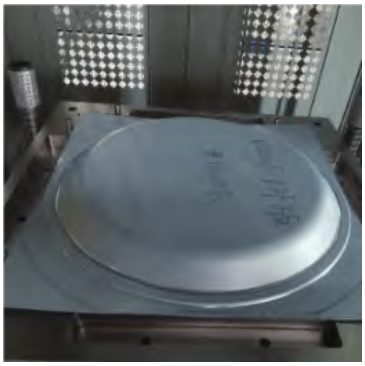

图16　冲压后图片

图17　40倍显微镜下观察

3.白斑检测

冷轧镀锌汽车板表面有时会出现条状或片状白斑，可能由板材表面涂油品质或锌层品质问题导致，肉眼、表面检查系统及油石打磨均难以判别是否可正常使用。卷材发现该问题后，主机厂会对其进行封存

处理，待钢厂分析原因后再决定是否继续使用。

如图18～图21所示，某钢厂冷轧镀锌板出现白斑，冲压后在扫描电镜下观测，锌层开裂，能谱面成分扫描显示开裂位置Fe含量高，判定为镀锌不良，板材冲压后锌层开裂、基体露出，影响使用，该卷材作退货处理。

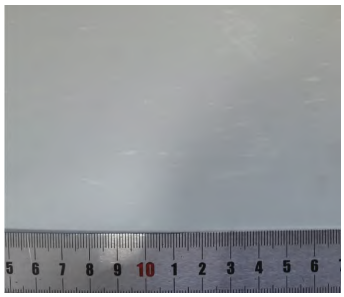

图18　白斑

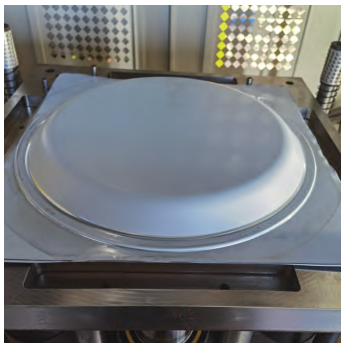

图19　冲压后照片

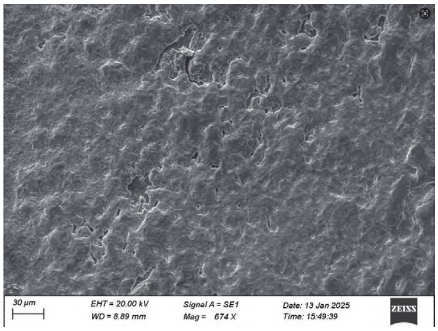

图20　白斑冲压后SEM照片

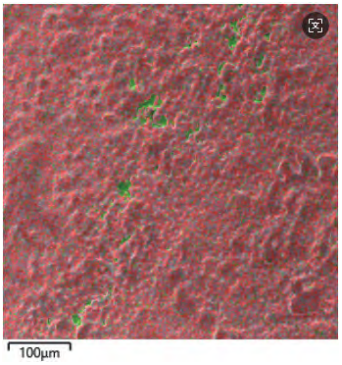

图21　白斑冲压后EDS分析

仿真冲压机在解决客户疑虑方面应用广泛，上述仅为主要案例，该检测方式为汽车板检测提供了一种直观有效的新方法。

仿真冲压检测与其他检测方法的对比

面对缓坑、麻点、油印、硌伤及辊印等缺陷，采用力学检测、金相检测、粗糙度检测等常规方法时，由于这些异常多数情况下不影响检测实验结果，检测报告往往缺乏直接指导意义。若主机厂对这些问题提出质量异议，可能导致退货，生产厂也难以解释，造成合格材料浪费；若强行推动主机厂使用，又可能使冲压后产品质量不合格，浪费主机厂的工时、人力和物力资源。

实验室理化检验需制作特定样品并在特定环境下进行，如力学测试需制作标准非比例拉伸试样，用拉伸试验机拉伸得出相关力学性能指标；粗糙度仪分析表面粗糙度轮廓，振幅一般为μm级；金相测试材料金相组织、晶粒度等，均无法在材料表面出现异常时，直接判定其能否继续使用。

结语

为快速判定汽车板表面异常问题，减轻主机厂顾虑，减少合格材料浪费和不合格材料供应，提高主机厂生产效率，依据不同板材拉延率，采用仿真冲压并结合油石打磨后的判定方式，是最为直接有效的检测方法。该方法能直接判断汽车板表面麻点、缓坑、硌伤、油印及辊印等异常是否满足主机厂使用要求，在实际应用中得到了主机厂和钢厂、铝厂的认可。

参考文献：

[1] 宋拥政.冲压技术基础[M]. 北京：机械工业出版社，2013.

[2] 李用哲.汽车覆盖件模具设计与制造全过程检验图解[M].北京：机械工业出版社，2010.