《汽车用热冲压钢板高韧性热镀铝硅合金镀层》

编制说明

**一、工作简况**

1.1 任务来源

《汽车用热冲压钢板高韧性铝硅镀层技术标准》团体标准是由中国汽车工程学会批准立项。文件号中汽学函【2020】08号，任务号为2020-08：。本标准由中国汽车工程学会汽车轻量化技术创新战略联盟提出，东北大学、育材堂(苏州)材料科技有限公司等单位起草。

1.2编制背景与目标

近年来，由于节能环保的迫切需求以及对汽车安全性要求的提高，汽车轻量化和碰撞安全性已经成为汽车制造业关注和亟待解决的焦点问题。超高强钢因其优异的强度性能可以实现减重，从而达到轻量化的目的。然而，高强度钢零件的制造采用传统的冷冲压方式，回弹控制难，零件尺寸稳定性低，且一直伴随着冲压开裂问题，因此，其应用限制越来越明显。在这种情况下，热冲压成形技术应运而生。

热冲压成形过程中，将钢板加热至高温形成全奥氏体组织，并在该热状态下零件的冲压成形，随后通过模具快速冷却，使得钢板形成马氏体组织，极大地提高了零件的强度。最终的热冲压零件强度可达到1500MPa以上，远高于采用传统冷冲压方式的高强钢零件。

热冲压用钢包括无镀层（以下简称裸板）产品和镀层产品。在热冲压成形过程中，采用裸板冲压成形时，需在氮气或氩气等保护气氛下加热，以避免产生氧化皮和脱碳，然而送料和成形过程中的氧化则无法避免。氧化皮将影响到板料与模具接触表面的状态，既降低了模具和板料界面的接触换热系数，又增大了钢板与模具的摩擦系数。冲压时，脱落的氧化铁皮将磨损模具表面，影响零件的成形质量以及模具寿命。更重要的是，需要将该氧化层去除后才能进入汽车装配和涂装，因此裸板的热冲压成形构件必须进行喷丸处理或酸洗，以去除该氧化层后再进行汽车装配和涂装。喷丸处理会导致零件残余应力释放而发生变形，导致汽车的装配精度下降；酸洗处理导致严重环保问题且会增加构件的氢致开裂风险。且上述两种方式还存在潜在的环保问题并伴随着成本的增加。此外，汽车厂普遍希望汽车部件具有更优异的耐蚀性能。因此，开发带涂层的热冲压成形用钢板就成为热冲压成形技术发展的迫切需要。

当前国内外研发出的涂层主要有纯锌（GI）、合金化锌铁（GA）、热浸镀锌铝硅（Zn-Al-Si）以及铝硅（Al-Si）等涂层。其中，热冲压成形用钢应用较为广泛的是耐高温的铝硅涂层产品，该产品可以有效避免钢板表面氧化和脱碳，省略了喷丸和喷砂工艺，同时耐蚀性也得到了提高。因此，铝硅镀层热冲压钢产品具有更广阔的应用前景。目前，合资车厂对其具有更深的研究，普遍形成了相应的企业技术标准，其新车型上的使用量也在逐年增加，而自主品牌上铝硅镀层热冲压钢的应用相对滞后，技术要求也各不相同。

然而，尽管热冲压用钢具有超高的强度，其塑性和韧性普遍偏低。而检测热冲压材料的塑性和韧性较为典型的方法之一是静态三点弯曲试验（VDA-238标准）。高的弯曲角（最大弯曲角），意味着热冲压材料具有更好的塑性和韧性，即汽车发生碰撞时热成形零件具有更优异的局部开裂失效抗性。众所周知，裸板在热冲压后因其表面存在一定的脱碳层，改善了其弯曲角，其最大弯曲角高于同材质同规格的铝硅镀层板。然而，从整个产业链考虑，更有益于汽车部件的生产与制造。因此，如何改善Al-Si板在最大载荷状态时的弯曲角，是钢铁厂、热冲压厂以及车厂的研究重点和难点。近期，东北大学与育材堂（苏州）材料科技有限公司联合研发了一种高韧性热镀铝硅合金镀层技术，在不改变基板和镀层成分的前提下，通过对镀层厚度以及热冲压工艺的优化，使得铝硅镀层产品的VDA弯曲角提高15%以上，具有广阔的应用前景。

此次，工作组希望对国际车厂的铝硅镀层技术产品相关标准以及国内车厂和零件厂的热冲压用材使用需求进行充分调研，通过测试和验证，提出高韧性热镀铝硅合金镀层技术指标。同时，系统梳理钢铁厂、热冲压零件厂以及汽车厂的铝硅镀层钢板板及零件的生产管控，促进铝硅镀层热冲压零件的品质提升，扩大其在自主品牌车型上的应用，从而提升国内汽车行业的镀层热冲压材料的板应用技术水平。

1.3主要工作过程

本标准于2020年1月到2020年2月份开展国内钢铁厂、零部件厂和主机厂针对Al-Si镀层产品的需求调研，搜集现有裸板以及铝硅镀层热冲压钢产品在应用上的主要问题以及相关技术需求；2020年3月至8月进行标准评价内容和方案探讨，并完标准相关的试验操作工作；2020年9月至10月进行了标准编写工作；2020年11月份至12月份对标准进行了申报、修改及讨论。预计2020年12月底之前完成标准的公布工作。

2020年1月16日，中国汽车工程学会组织专家对汽车轻量化技术创新战略联盟组织提出的标准项目进行立项审查。会议上，由育材堂(苏州)材料科技有限公司对本标准的就标准立项的背景和意义、标准项目研究内容、项目实施方案，以及标准应用前景等方面进行了详细汇报。在听取完报告后，专家们对本标准的内容逐字逐句地进行了积极热烈的讨论，一直认为：该项标准属于填补现有国行标的空白，建议列入2020年中国汽车工程学会标准研制计划。同时，专家也提出了众多宝贵意见，形成了征求意见处理汇总处理表，例如，本标准申请立项时的名称为《高性能铝硅镀层热冲压用钢板》，经过会议上讨论和建议，一致认为本标准应该突出创新镀层技术对于材料性能（特别是韧性）的改善，而不是钢板本身，因此，建议更改本标准的名称，更新为《汽车用热冲压钢板高韧性铝硅镀层技术标准》。

2020年10月1日，形成征求意见稿并公开征求意见，起草组根据反馈意见进行修改后形成标准送审稿。

2020年11月30日，在苏州召开标准审查会。

**二、标准编制原则和主要内容**

2.1标准制定原则

在充分总结和比较了国内外钢厂以及汽车企业相关裸板以及铝硅镀层热冲压的材料标准，参考了GB\_T36399-2018《连续热镀铝硅合金镀层钢板及钢带》、BQB 427-2018《热镀铝硅合金镀层钢板及钢带》、VW TL4225-2016 “Alloyed Quenched and Tempered Steel for Press Quenching-Uncoated or Pre-Coated”、GMW14400-2019 “Pre-Coated or Uncoated Heat-Treatable Sheet Steel”等标准的编写，并搜集了热冲压零部件厂的技术要求。在充分调研的基础上，本标准优化了铝硅镀层的厚度和结构，提出了高韧性铝硅镀层技术标准，并充分考虑了预涂镀钢板、热冲压平板以及热冲压零件性能之间的联系，增加了VDA弯曲角和氢脆敏感性评价的详细规定，并细化了热冲压前后镀层结构特征的要求，以在提高产品质量管控的同时，将钢厂、零部件厂和汽车厂的要求进行统一。

2.1.1通用性原则

本标准提出的汽车用热冲压钢板高韧性铝硅镀层技术标准主要适用于基板成分为22MnB5的铝硅镀层热冲压钢板，且镀层化学成分与现有产品相同，仅重量要求为20g/m2。在不显著改变生产工艺的情况下，可在现有预涂镀和热冲压产线上直接进行生产，并应用在现有车型的铝硅镀层热成型零件上，产品韧性提高15%以上，通用性高，适用范围广。

2.1.2指导性原则

目前使用的钢厂、车厂或国标均只提及镀层厚度为30~40g/m2和60~80g/m2的铝硅镀层产品的技术规范，而对更薄镀层厚度产品并未提及。本标准主要为镀层厚度为10~30g/m2的更薄铝硅镀层钢板产品提供技术要求，该类产品在热冲压后具有更高的韧性表现。

2.1.3协调性原则

本标准涉及产品的技术要求与目前使用的企业以及国家标准中的产品协调统一、互不交叉，是对目前铝硅镀层热冲压钢板产品的一个有效的补充和产品性能提升。

2.1.4兼容性原则

本标准提出的汽车用热冲压钢板高韧性铝硅镀层技术标准充分考虑了钢厂、汽车厂以及热冲压零部件厂的技术要求，具有普遍适用性。

2.2 标准主要技术内容

本标准共分为11章，规定了汽车用热冲压钢板高韧性铝硅镀层的评价方法和要求。内容包括范围、应用文件、术语与定义、命名与及编号、技术要求、表面处理方式及特征、尺寸、外形、重量及允许偏差、订货所需信息、包装、标志和质量证明书、数值修约规则以及法规要求。

2.3关键技术问题说明

现有铝硅镀层技术及产品为法国安赛洛米塔尔公司的专利技术。镀层重量为75g/m2，热冲压前后的典型镀层厚度分别为25μm和35μm，热冲压后的VDA最大弯曲角可达到55°以上。自1999年问世以来，安赛洛米塔尔公司与国际上的汽车企业展开合作，在镀层结构特征，耐蚀性，电阻点焊特性，激光拼焊特性等方面均进行了深入的研究。目前，该产品是全球应用最为广泛的镀层热冲压产品。

然而，随着轻量化要求的提高以及碰撞法规的加严，安赛乐米塔尔公司的铝硅镀层技术逐渐显示出两方面不足，即VDA弯曲角偏低并存在延迟开裂风险。上述不足均与材料本身韧性不足有关，因此，钢铁厂、零部件厂和车厂一直在寻找改善铝硅镀层钢板韧性的方法。而东北大学于2018年首先发现了造成铝硅镀层钢板韧性不足的本质原因，提出了镀层/界面韧化理论，并与育材堂（苏州）材料科技有限公司合作开发了高韧性铝硅镀层技术。目前，该技术已申请专利并获得国内授权。在不改变钢板和镀层以及生产工艺的情况下，高韧性铝硅镀层技术及产品通过降低镀层重量至20g/m2，热冲压前后镀层厚度分别降至8~10μm和10~20μm，可使得钢板的VDA弯曲角达到63°以上，较现有产品提高15%以上，同时，零件抗延迟开裂性能也显著提高。因此，本标准涉及的铝硅镀层技术产品具有韧性改善的显著特点，可满足汽车企业的更高轻量化需求以及更严碰撞法规标准。

2.4标准主要内容的论据

为达到高韧性的目的，项目组通过大量样本数据，明确镀层重量、热冲压前后镀层结构特征与VDA弯曲角的关系，从而对标准中镀层重量，热冲压前后镀层结构特征以及VDA弯曲角等技术要求进行了规范。

此外，考虑到零件形状及尺寸对性能的影响，项目组在试验过程中大量引入了对热冲压平板的性能评价要求，并通过实验数据梳理热冲压平板以及零件与热冲压工艺之间的关系，从而制定更加合理的技术规范供所有热冲压产业相关上下游企业参考。

2.5标准工作基础

本标准编写组的确立充分考虑钢铁厂、零部件厂以及汽车厂等热冲压产业链上下游的生产条件及使用需求以及新镀层技术可能需要的一些研发资源，使得编写组具备从钢板生产到零件制造的完整的产品检测能力。其中，主要起草单位东北大学是在钢铁材料（特别是汽车用超高强钢）开发及应用评价上具有丰富的经验，全球最先揭示了铝硅镀层热冲压钢板韧性降低的本质并提出了高韧性热镀铝硅合金镀层技术，其研发平台及研发人员可在标准制定过程中涉及到的系统评价和问题解决提供基础的理论支撑。而育材堂（苏州）材料科技有限公司是一家专注于汽车专用钢材研发及与之相关生产、应用技术开发的企业，在东北大学研发团队的支撑下，并结合自身在汽车钢材产业化方面的经验，获得了高韧性铝硅镀层技术的核心生产管控技术及自主知识产权。此外，参与单位还包括马鞍山钢铁股份有限公司、鞍钢蒂森克虏伯（重庆）汽车钢有限公司、东风（武汉）实业有限公司、第一汽车集团公司、通用汽车（中国）科学研究院等热冲压产业上下游企业，可以提供从钢板、工艺、零件等大样本量的全流程检测。自项目开展以来，项目组已完成多轮试制和性能评价，通过对结果进行分析与判断，本标准提出的高韧性铝硅镀层技术标准具有一定的先进性、通用性、科学性和可操作性。

**三、主要试验（或验证）情况分析**

本标准涉及的试验（或验证）过程主要从三个方面开展：

1）预涂镀镀层钢板试验：通过检测钢厂出厂产品的性能特征，从而梳理材料生产厂的合理的出厂技术要求；

2）热冲压平板试验：通过检测热冲压平板的性能特征，对规范热冲压工艺进行管控，检验零部件厂热冲压工艺的合理性；

3）热冲压零件试验：通过检测热冲压零件的性能特征，同时对原材料和热冲压工艺进行检验，为汽车企业零件的优化设计提供数据支撑；

综上所述，本标准提出的技术要求及检测方法对高韧性热镀铝硅铝硅镀层技术在热冲压零件的全产业链上的应用具有良好的适用性。

**四、标准中涉及专利的情况**

本标准的部分条款（5.3.3和5.4.3，即镀层重量以及热冲压前后的镀层结构特征）涉及到“热冲压成形构件、热冲压成形用预涂镀钢板及热冲压成形工艺”这一专利。目前该专利已授权，专利号为CN108588612B，专利申请人为育材堂（苏州）材料科技有限公司。标准涉及专利的内容主要是铝硅镀层在热冲压前后的镀层厚度和结构特征。标准中涉及的专利，其申请人均已披露，同意在公平、合理、无歧视基础上，收费许可给任何组织或者个人在实施该标准时实施专利，同时可直接采用专利与标准在技术内容的相关性。

**五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用的情况**

本标准的发布，充分考虑了钢厂、零部件厂以及汽车厂等热冲压产业链上下游企业的技术诉求，使得技术指标的确立更加统一和有效、从而提高了本标准的适用性，有利于铝硅镀层热冲压产品的普及，提升国内汽车产品的质量水平。同时，本标准主要涉及的是一种韧性表现更佳的新型铝硅镀层技术产品，填补了国内该类产品的空白，推动了热冲压零件的优化设计，提升了汽车的轻量化水平和碰撞安全性表现。

**六、采用国际标准和国外先进标准情况，与国际、国外同类标准水平的对比情况，国内外关键指标对比分析或与测试的国外样品、样机的相关数据对比情况**

目前，市场上的铝硅镀层热冲压钢板为法国安赛乐-米塔尔公司的产品USIBOR 1500P。相应的产品特征与本标准涉及产品的差别见下表。通过对比可知，本标准涉及产品的主要特点是通过镀层的减薄使得热成型零件的韧性得到了显著改善，从而提升热成形零件的轻量化水平和碰撞安全性。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 热冲压前 | | 热冲压后 | |
| 镀层重量，g/m2 | 镀层厚度，μm | 镀层厚度，μm | VDA弯曲角，° |
| USIBOR 1500P | 75 | 25 | 35 | 55 |
| 标准产品 | 20 | 8 | 15 | 63 |

**七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

本标准符合国家有关法律、法规和相关强制性标准的要求，与现行的国家标准、行业标准相协调。

**八、重大分歧意见的处理经过和依据**

尚无。

**九、标准性质的建议说明**

本标准为中国汽车工程学会标准，属于团体标准，供协会会员和社会自愿使用。

**十、贯彻标准的要求和措施建议**

严格按照本标准提出的试验方法对材料的卤素含量进行检测，对试验人员进行理论学习和操作培训，保证检测方法操作的准确性。

**十一、废止现行相关标准的建议**

无。

**十二、其他应予说明的事项**

无。

标准起草工作组

2020年3月10日