

团 体 标 准

T/CSAE xxx—20xx

汽车用高韧性热镀铝硅合金镀层热冲压 钢板及钢带技术要求

Technical requirements of hot-dip aluminum-silicon alloy coated hot stamping
steel sheet and strip for automobiles with improved bendability

在提交反馈意见时，请您将知道的该标准所涉及必要专利信息连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

1 范围.....1

2 规范性引用文件.....1

3 术语和定义.....1

4 牌号表示方法.....2

5 技术要求.....2

5.1 化学成分.....2

5.2 非金属夹杂物.....3

5.3 高韧性镀层钢板（交货状态）的技术要求.....3

5.4 热冲压平板和零件（热冲压状态）的技术要求.....6

6 其他.....12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由汽车轻量化技术创新战略联盟提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本文件主要起草单位：

育材堂（苏州）科技有限公司、小米汽车科技有限公司、长城汽车股份有限公司、岚图汽车科技有限公司、中国第一汽车股份有限公司、奇瑞汽车股份有限公司、北京车和家汽车科技有限公司、东风汽车集团股份有限公司研发总院、浙江极氪智能科技有限公司、浙江吉利控股集团有限公司、广州小鹏汽车科技有限公司、北京汽车研究总院有限公司、赛力斯汽车有限公司、上海汽车集团股份有限公司乘用车分公司、广州汽车集团股份有限公司、东风日产乘用车公司、深蓝汽车科技有限公司、上海蔚来汽车有限公司、鞍钢蒂森克虏伯汽车钢有限公司、马鞍山钢铁股份有限公司、攀钢集团研究院有限公司、鞍山钢铁集团有限公司、唐山钢铁集团有限责任公司、东风（武汉）实业有限公司、江苏燕龙科技股份有限公司、江西豪斯特汽车零部件有限公司、东北大学、北京科技大学

本文件主要起草人：

易红亮、周澍、白冒坤、张兴孟、冉浩、刘勇、曹广祥、张磊、张骁杰、刘昱、杜文鑫、陈胜、辛蕊、蒯振、李天亮、张杰、俞雁、董善举、郭武俊、孙磊、蒙菁、崔磊、常智渊、胡智评、王朝、尤宝卿、赵传涛、梁肖、杨达朋、汪水泽

汽车用高韧性热镀铝硅合金镀层热冲压钢板及钢带技术要求

1 范围

本文件规定了汽车用高韧性热镀铝硅合金镀层热冲压用钢板及钢带（以下简称“高韧性镀层钢板”）的相关技术要求。

本文件适用于镀层重量为 $15\sim 35\text{g/m}^2$ ，且基材为热轧酸洗板或冷轧板的高韧性镀层钢板以及其通过热冲压成形获得的热冲压平板和零件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法（常规法）

GB/T 222 钢的成品化学成分允许偏差

GB/T 228.1 金属材料拉伸试验 第1部分：室温试验方法

GB/T 2523 冷轧金属薄板（带）表面粗糙度和峰值数测量方法

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 10561 钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检验法

GB/T 34474.1 钢中带状组织的评定 第1部分：标准评级图法

GB/T 36399 连续热镀铝硅合金镀层钢板及钢带

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度实验 第1部分：试验方法

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

T/CASE 154 汽车用钢板极限尖冷弯性能测试及评价规范

VDA 238-100: 2017 金属材料的板弯曲实验（Plate bending test for metallic materials）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热冲压成形 hot stamping

将钢板加热到奥氏体化温度以上，加热的钢板在模具内冲压，同时完成成形和淬火的一种工艺。

3.2

热镀铝硅合金镀层 hot-dip aluminium-silicon alloy coating

在热镀铝硅生产线上，将经过预处理的钢带浸入硅含量为 $5\%\sim 11\%$ 、除铁以外杂质元素不大于 1% 、余量为铝的熔融镀液中所得到的镀层。

3.3

热冲压用钢 hot stamping steel

钢的显微组织是铁素体和珠光体，在铁素体和珠光体基体上可能存在少量的贝氏体和/或马氏体，热钢板及钢带在热冲压成形后的组织是马氏体基体，同时可能含有少量的铁素体。

3.4

镀层重量 coating mass

钢板上下表面的镀层重量，通常采用每面镀层重量的形式表示，单位为克/平方米（ g/m^2 ）。

4 牌号表示方法

高韧性镀层钢板的牌号命名由基板编号和镀层代码两部分构成，之间用“+”连接。其中，基板编号由钢板状态、强度级别和钢种分类三部分构成，而镀层代码则由镀层种类和镀层重量两部分构成，其中的字母和数字的含义如下：

CR 1500 HS + AS 25/25



图1 高韧性镀层钢板的牌号命名组成及含义

示例如下：

CR1500HS+AS25/25 - t1.4 - T/CSAE 050-2024表示板厚为1.4 mm的汽车用高韧性热镀铝硅合金镀层热冲压用钢，双面涂镀，且典型单面镀层重量为 25g/m^2 ，在热冲压后规定的抗拉强度强度级别为1500 MPa，采用的标准号为T/CSAE 050-2024。

5 技术要求

5.1 化学成分

高韧性镀层钢板的化学成分应符合表1的规定，其中化学成分分析方法应符合GB/T 4336中的规定，化学成分允许偏差应符合GB/T 222 中的规定。如对化学成分有特殊要求，需由供需双方以技术协议的形式进一步约定。

表 1 镀层钢板基板化学成分^{a, b}

牌号		化学成分（质量分数）%											
		C	Si	Mn	Cr	P	S	N	Al	B	Ti	Nb	V
CR550HS+AS 25/25	min	0.04	0	1.2	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0
	max	0.10	0.8	1.8	0.2	0.02	0.005	0.008	0.10	0.0010	0.1	0.1	0.2
CR1000HS+AS 25/25	min	0.05	0	1.2	0	0	0	0	0.02	0.0005	0	0	0
	max	0.11	0.8	1.8	0.6	0.02	0.005	0.008	0.10	0.0050	0.1	0.1	0.2
CR1500HS+AS 25/25	min	0.18	0	1.0	0	0	0	0	0.02	0.0005	0	0	0
	max	0.25	0.8	1.6	0.5	0.02	0.005	0.008	0.10	0.0050	0.1	0.1	0.2
CR2000HS+AS 25/25	min	0.28	0	0.8	0	0	0	0	0.02	0.0005	0	0	0
	max	0.35	0.8	1.5	0.6	0.02	0.005	0.008	0.50	0.0050	0.1	0.1	0.2
CR2200HS+AS 25/25	min	0.35	0	0.6	0	0	0	0	0.02	0.0005	0	0	0
	max	0.42	0.8	1.3	0.6	0.02	0.005	0.008	0.50	0.0050	0.1	0.1	0.2

^a 材料中不得添加含有铅或其化合物、汞或其化合物、镉或其化合物以及六价铬。

^b 也可以添加 Mo、Ni 等元素，但 $\text{Cr}+\text{Mo}+\text{Ni}<1.5\%$ 。

5.2 非金属夹杂物

按GB/T 10561 中A法评定，钢中非金属夹杂物应符合表2的规定。此外，针对CR2000HS+AS25/25和CR2200HS+AS25/25，规定了TiN以及AlN等非金属夹杂物的要求。

表 2 非金属夹杂物要求

A类		B类		C类		D类		$B_{\text{Ti (C, N)}}$		氮化物 TiN		氮化物 AlN		DS
细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	
≤ 1.5	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 1.0	≤ 1.5	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 1.5	≤ 1.0	≤1.0	≤1.0	≤0.5	≤ 1.0

5.3 高韧性镀层钢板（交货状态）的技术要求

5.3.1 力学性能

按GB/T 228.1 中的规定测试高韧性镀层钢板的横向力学性能，结果应符合表3的规定。

表 3 力学性能要求

牌号	板厚 mm	屈服强度 ^{a,b} R_{eL} 或 $R_{p0.2}$, MPa	抗拉强度 ^{a,b} R_m , MPa	断后伸长率 A80 mm, % ($L_0=80\text{mm}$, $b_0=20\text{mm}$)
CR550HS+AS 25/25 HR550HS+AS 25/25	0.70~3.5	≤ 650	≤ 850	≥ 12
CR1000HS+AS 25/25 HR1000HS+AS 25/25	0.70~3.5	≤ 650	≤ 900	≥ 12
CR1500HS+AS 25/25 HR1500HS+AS 25/25	0.70~3.5	≤ 550	≤ 850	≥ 12
CR2000HS+AS 25/25 HR2000HS+AS 25/25	1.00~3.0	≤ 700	≤ 850	≥ 10
CR2200HS+AS 25/25 HR2200HS+AS 25/25	1.00~3.0	≤ 700	≤ 850	≥ 10
^a 考虑到板料的加工性，只对材料强度的上限作要求； ^b 考虑到性能的稳定性，要求波动范围不超过 200MPa；				

5.3.2 显微组织

显微组织主要为铁素体、珠光体和碳化物，可含有少量的贝氏体和/或马氏体，典型显微组织照片见图2。

钢板生产过程中，应严格控制带状组织，按照GB/T 34474.1中的规定，带状组织的程度不应超过标准评级图谱A~C系列的3级，CR2000HS+AS25/25和CR2200HS+AS25/25不应超过图谱D和E系列的2级。

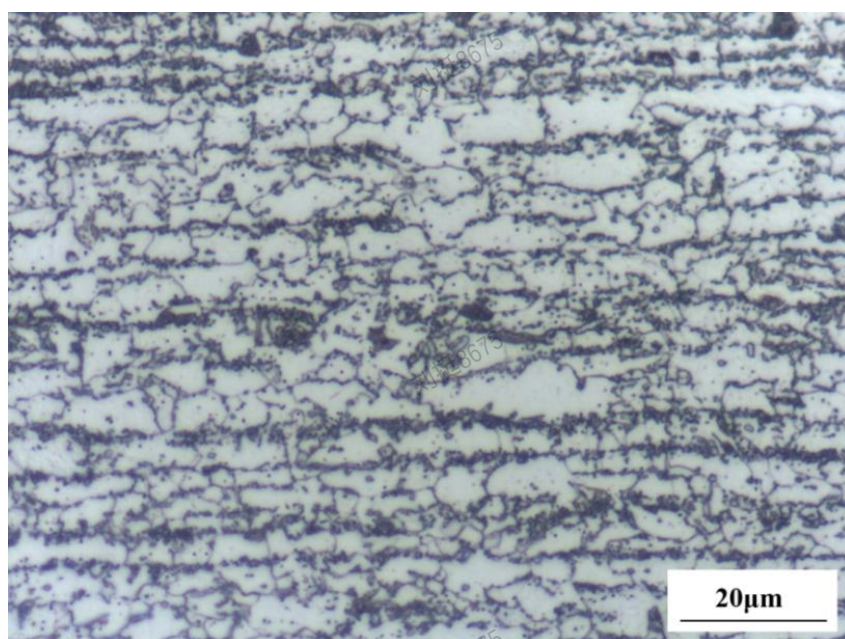


图 2 高韧性镀层钢板（交货状态）的显微组织

5.3.3 镀层结构

高韧性镀层钢板为双面热镀铝硅合金镀层，热冲压前，其镀层由靠近基板的FeAlSi抑制层以及外侧的AlSi合金层组成，其典型结构见图3，而热镀铝硅合金镀层时热浸镀液的化学成分应符合表4的要求。

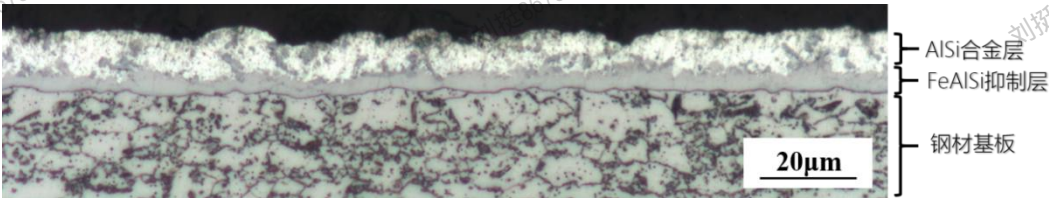


图 3 高韧性镀层钢板（交货状态）的铝硅合金镀层的结构特征

表 4 热镀铝硅合金镀层时热浸镀液的化学元素含量

化学元素	化学成分（质量分数）%		
	Si	Fe	Al
含量	8~10	≤3	≥85

为改善钢板最终的焊接性能，应FeAlSi抑制层与基板的界面至基板的2 μm内的柯肯达尔孔洞的直径和数量进行控制，柯肯达尔孔洞的直径需保证在2.5 μm以下，且直径在0.5 μm~2.5 μm的柯肯达尔孔洞的数量不超过15个/35 μm。镀层中各层的厚度测量以及柯肯达尔孔洞特征见图4。热镀铝硅合金镀层标识、重量及厚度应符合表5的要求。

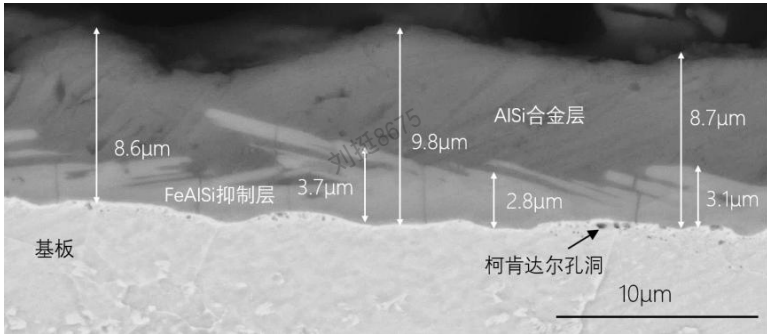


图 4 高韧性镀层钢板（交货状态）的铝硅合金镀层各层的厚度测量以及柯肯达尔孔洞特征

表 5 镀层（交货状态）结构特征及要求

镀层代码	单面镀层重量 ^a g/m ²		单面镀层厚度 μm		FeAlSi 抑制层厚度 μm	
	三点试验 (平均值)	单点试验	典型值	范围	典型值	范围
AS25/25	15~35	10~40	12	8~16	4	2~6

^a 镀层重量测试方法参照 GB/T 3639 中附录 B 的化学称重法或附录 E 的 X 射线荧光法。

5.3.4 表面质量

5.3.4.1 钢板表面不应有漏镀、镀层脱落、目视可见裂纹等影响使用的缺陷。不切边钢板边部可存在微小的镀层裂纹和白边。

5.3.4.2 钢板各级别表面质量特征应符合表6的规定。

表6 表面质量特征

级别	名称	特征
FA	普通级表面	可有小腐蚀点、印痕、划痕、凹陷、色差、暗点、带痕和轻微钝化斑点等。可能出现拉矫纹或轻微的镀层云纹以及横折印和滑移线。
FB	较高级表面	要求经过光整处理。可有小缺欠如:平整压痕、光整印痕、轻度刮痕、流痕和轻微钝化等。
FC	高级表面	要求经过光整处理。经过控制的表面使其适于均匀的高级涂漆。另一面至少要达到FB级。

5.4 热冲压平板和零件（热冲压状态）的技术要求

5.4.1 力学性能

按GB/T 228.1和GB/T 4340.1中的规定测试热冲压平板或零件的力学性能，结果应符合表7的规定。其中，热冲压平板垂直轧制方向取样，热冲压零件在平面区域取样，取样方向不做要求。

表7 热冲压平板和零件的力学性能要求

牌号	状态	板厚 mm	屈服强度 R_{eL} 或 $R_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 R_m MPa	总伸长率 A_{50mm} , % ($L_0=50mm$, $b_0=12.5mm$)	1/4 厚度 处硬度 ^d HV10/HV 30
CR550HS+AS25/25	热冲压平板 ^a (淬火态)	0.70~3.50	330~550	550~750	≥13	170~230
	热冲压平板 ^b (烘烤态)	0.70~3.50	380~600	550~700	≥10	
	热冲压零件 ^{a, c} (烘烤态)	0.70~3.50	380~600	550~750	≥10	
CR1000HS+AS25/25	热冲压平板 ^a (淬火态)	0.70~1.19	800~1100	1000~1300	≥4.5	280~380
		1.20~1.79			≥5.0	
		1.80~3.50			≥5.5	
	热冲压平板 ^b (烘烤态)	0.70~1.19	850~1150	1000~1250	≥5.0	280~370
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.50			≥6.0	

牌号	状态	板厚 mm	屈服强度 R_{eL} 或 $R_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 R_m MPa	总伸长率 A_{50mm} , % ($L_0=50mm$, $b_0=12.5mm$)	1/4 厚度 处硬度 ^d HV10/HV 30
	热冲压零件 ^{a,c} (烘烤态)	0.70~1.19	850~1150	1000~1300	≥5.0	280~380
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.50			≥6.0	
CR1500HS+AS25/25	热冲压平板 ^a (淬火态)	0.70~1.19	950~1250	1400~1650	≥4.0	400~ 485
		1.20~1.79			≥4.5	
		1.80~3.50			≥5.0	
	热冲压平板 ^b (烘烤态)	0.70~1.19	1000~ 1300	1400~1600	≥5.0	400~ 475
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.50			≥6.0	
	热冲压零件 ^{a,c} (烘烤态)	0.70~1.19	1000~ 1300	1350~1650	≥5.0	390~ 485
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.50			≥6.0	
CR2000HS+AS25/25	热冲压平板 ^a (淬火态)	1.00~1.19	1200~1450	1800~2000	≥4.0	515~580
		1.20~1.79			≥4.5	
		1.80~3.00			≥5.0	
	热冲压平板 ^b (烘烤态)	1.00~1.19	1250~1500	1750~1950	≥5.0	505~570
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.00			≥6.0	

牌号	状态	板厚 mm	屈服强度 R_{eL} 或 $R_{p0.2}$ MPa	抗拉强度 R_m MPa	总伸长率 A_{50mm} , % ($L_0=50mm$, $b_0=12.5mm$)	1/4 厚度 处硬度 ^d HV10/HV 30
	热冲压零件 ^{a, c} (烘烤态)	1.00~1.19	1250~1500	1700~2000	≥5.0	495~580
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.00			≥6.0	
CR2200HS+AS25/25	热冲压平板 ^a (淬火态)	1.00~1.19	1300~1550	2000~2250	≥4.0	580~660
		1.20~1.79			≥4.5	
		1.80~3.00			≥5.0	
	热冲压平板 ^b (烘烤态)	1.00~1.19	1350~1600	1950~2150	≥5.0	570~640
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.00			≥6.0	
	热冲压零件 ^{a, c} (烘烤态)	1.00~1.19	1350~1600	1900~2250	≥5.0	560~660
		1.20~1.79			≥5.5	
		1.80~3.00			≥6.0	

^a 热冲压成形宜采用 900~950℃的加热工艺，保温时间根据钢板厚度和加热炉条件动态调整。

^b 考虑到热冲压零件通常在涂装烘烤态后使用，因此，检测烘烤后的力学性能，烘烤工艺为 170±10℃保温 20min。另外，本文中如无特殊说明，所有烘烤工艺均相同。

^c 如热冲压零件平面区域不足以加工上述尺寸的试样，可按照 GB/T 228.1 采用 P5 试样。如仍无法取出，可采用检测零件 1/4 厚度处硬度的方式代替。

^d 为确保获得硬度值的准确性，宜每个试样上检测五个点并求取平均值作为其硬度值，而且压痕对角线需放大到视场的 25%~75%进行测试。

5.4.2 显微组织

热冲压成形后各强度系列热冲压钢平板或零件的显微组织主要为马氏体和贝氏体，其中 CR1000HS+AS25/25 及 CR1500HS+AS25/25 热冲压钢可存在 5% 以下的先共析铁素体，CR2000HS+AS25/25 及 CR2200HS+AS25/25 热冲压钢组织内先共析铁素体的含量控制在 1% 以下，典型显微组织照片见图 5。

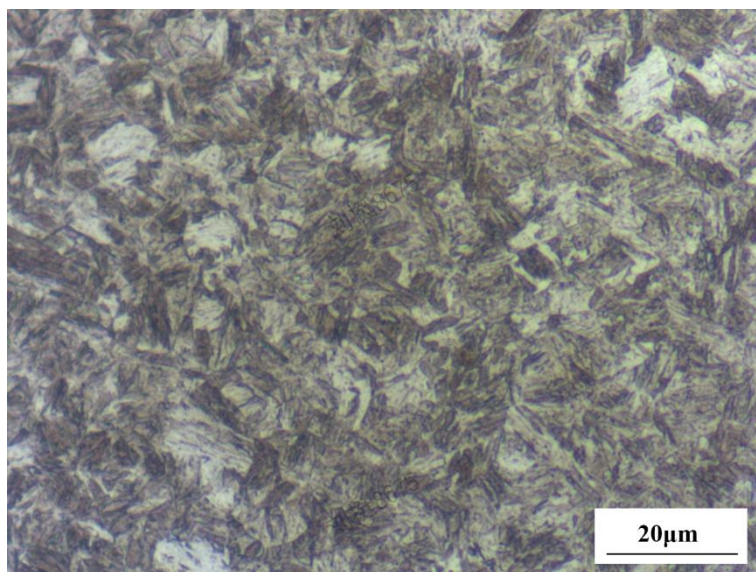


图5 热冲压平板或零件的典型显微组织

按照GB/T 6394 的方法，对热冲压成形后的热冲压平板或零件的原始奥氏体晶粒进行评级，要求原始奥氏体晶粒度大于等于9级，典型原始奥氏体晶粒的金相照片见图6。

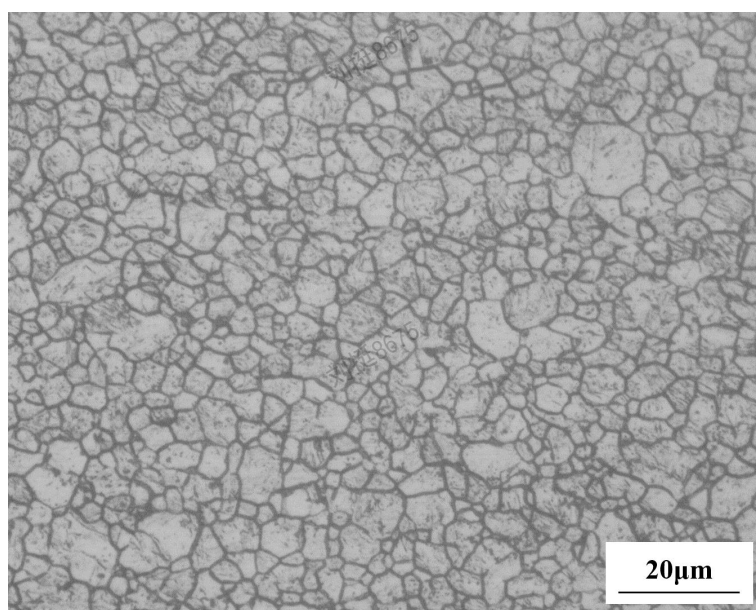


图6 热冲压平板或零件的典型原始奥氏体晶粒

5.4.3 镀层结构

热冲压过程中，由于镀层与基板发生相互扩散，热冲压平板或零件的镀层结构包括靠近基板的FeAl相互扩散层以及最外侧的FeAl金属间化合物层，典型的镀层结构照片见图7，相应的镀层厚度要求应符合表8的规定。

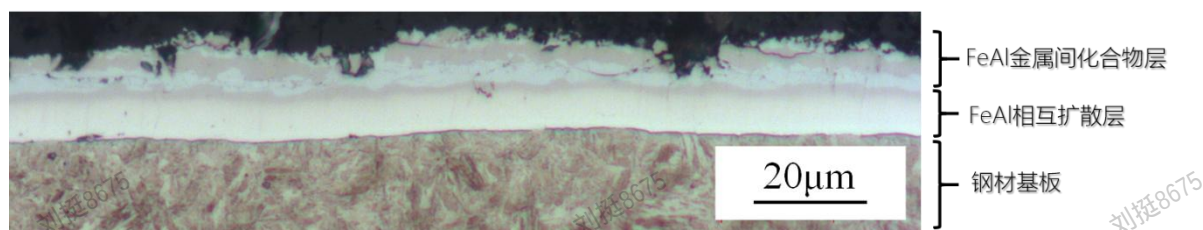


图7 热冲压平板或零件的镀层结构

表8 热冲压平板或零件的镀层厚度要求

镀层标识	镀层厚度 μm		相互扩散层厚度 μm	
	典型值	范围	典型值	范围
AS25/25	18	10~25	6	3~13

5.4.4 表面粗糙度

按照GB/T 2523的规定测试热冲压平板或零件的表面粗糙度，要求表面平均粗糙度 R_a 不低于 $1.0\mu\text{m}$ ，峰值数 RP_c 不低于50个/cm。

5.4.5 弯曲性能

如需方要求检测热冲压成形后热冲压平板或零件的弯曲性能，试验方法宜参考VDA 238-100: 2017或T/CASE 154的规定。

采用激光切割或线切割在热冲压平板或零件取样，热冲压平板试样方向为平行于和垂直于轧制方向，零件不限定取样方向，尺寸为 $60\text{mm}\times 60\text{mm}$ 的矩形试样，检测烘烤态下的最大弯曲角，最终结果应符合表9的规定。

表9 热冲压平板或零件的最大弯曲角^a要求

弯曲半径 mm	牌号	板厚 mm	热冲压平板 烘烤态		热冲压零件 烘烤态
			最大弯曲角	峰值力	最大弯曲角
0.4	CR550HS+AS25/25	1.00~2.50	/	/	/
	CR1000HS+AS25/25	1.00~1.19	$\geq 78^\circ$	$\geq 3\text{kN}$	$\geq 73^\circ$
		1.20~1.49	$\geq 75^\circ$	$\geq 4.5\text{kN}$	$\geq 70^\circ$
		1.50~1.79	$\geq 72^\circ$	$\geq 7.5\text{kN}$	$\geq 67^\circ$
		1.80~2.50	$\geq 69^\circ$	$\geq 11\text{kN}$	$\geq 64^\circ$
	CR1500HS+AS25/25	1.00~1.19	≥ 60	$\geq 4.5\text{ kN}$	$\geq 55^\circ$
		1.20~1.49	≥ 58	$\geq 7\text{ kN}$	$\geq 53^\circ$

弯曲半径 mm	牌号	板厚 mm	热冲压平板 烘烤态		热冲压零件 烘烤态
			最大弯曲角	峰值力	最大弯曲角
		1.50~1.79	≥56	≥11kN	≥51°
		1.80~2.50	≥54	≥15 kN	≥49°
	CR2000HS+AS25/25	1.00~1.19	≥46°	≥5 kN	≥42°
		1.20~1.49	≥44°	≥7.5kN	≥40°
		1.50~1.79	≥42°	≥13kN	≥38°
		1.80~2.50	≥40°	≥18kN	≥36°
	CR2200HS+AS25/25	1.00~1.19	≥44°	≥5.5 kN	≥40°
		1.20~1.49	≥42°	≥8.5 kN	≥38°
		1.50~1.79	≥40°	≥13.5 kN	≥36°
		1.80~2.50	≥38°	≥18.5 kN	≥34°
	a 最大弯曲角α应按照 VDA 238-100: 2017 中附录 A 或 T/CASE 154 中附录 C 的计算方法获得。				

5.4.6 氢致断裂风险

如需方要求检测热冲压成形后热冲压平板或零件的氢致断裂风险，试验方法宜参考T/CSAE 049—2024规定的缺口试样慢速拉伸试验的实验方法。采用激光切割立即在刚完成热冲压的平板或零件上取样，热冲压平板垂直轧制方向取样，热冲压零件在平面区域取样，试样尺寸如图8，样片数量不少于3片，根据需求评价淬火态的氢致断裂风险，实验过程为对试样进行拉伸，分别以10mm/min和0.01mm/min的拉伸速度进行拉伸直至断裂获得对应的断裂强度，最终测试结果记录见表10。

单位：mm

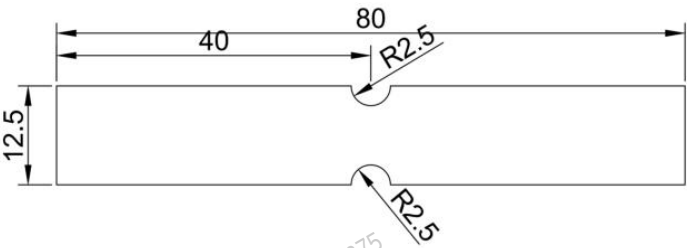


图 8 慢速拉伸试验缺口试样（R2.5）规格

表 10 检测报告

	材料信息					
	测氢方法					
	常规拉伸速度					
	慢速拉伸速度					
检测结果						
试样编号	露点 ℃	氢含量 ppm	常规拉伸断裂强度 MPa	慢速拉伸断裂强度 MPa	氢脆风险指数 %	是否存在氢致断裂风险

6 其他要求

高韧性镀层钢板的其他技术要求应符合GB/T 36399的规定。