

冷轧压下率对低碳铝镇静钢 冷轧板深冲性能的影响

常 军¹,程兴德¹,徐建中¹,赵永平²,吕庆功³

(1. 攀枝花钢铁研究院,四川 攀枝花 617000; 2. 攀钢冷轧厂,四川 攀枝花 617062; 3. 中科院力学所,北京 100080)

摘 要:采用攀钢热轧板厂生产的低碳铝镇静钢热轧卷,在实验室进行了不同压下率对冷轧钢板深冲性能的影响试验。结果表明,冷轧压下率对常规力学性能和 n 值无明显影响,而对 r 值影响显著。对于含碳量 0.059% 的低碳铝镇静钢,获得最大 \bar{r} 值的冷轧压下率为 73%,而 r 值随冷轧压下率的提高单调减小。

关键词:低碳铝镇静钢;冷轧钢板;深冲性能;冷轧压下率

中图分类号: TG335.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-7638(2000)02-0021-05

EFFECT OF COLD ROLLED REDUCTION RATIO ON DEEP-DRAWING PROPERTIES OF LOW CARBON AL-KILLED AND COLD ROLLED STEEL SHEET

CHANG Jun¹, CHENG Xing-de¹, XU Jian-zhong¹, ZHAO Yong-ping², LYU Qing-gong³

(1. Panzhihua Iron & Steel Research Institute, Sichuan, Panzhihua 617000, China; 2. Cold Roll Mill of Pangang, Sichuan, Panzhihua 617062, China; 3. Institute of Mechanics, CAS, Beijing 100080, China)

Abstract: Effect of various reduction ratios on deep-drawing properties of cold rolled steel sheet has been investigated in laboratory with low carbon Al-killed and hot-rolled coils produced in Pangang hot rolled mill. It is concluded that cold rolled reduction ratio has no obvious effect on the conventional mechanical properties and n -value but effective effect upon r -value. For the low carbon Al-killed steel with 0.059% carbon, the maximum \bar{r} -value is achieved at the reduction ratio of 73% and r -value is monotonously reduced with the increment of cold rolling reduction ratio.

Key Words: low carbon Al-killed steel; cold-rolled steel sheet; deep-drawing property; cold rolling reduction ratio

1 引言

为保证低碳铝镇静钢冷轧冲压钢板的深冲性能(特别是 r 值),需要从冶炼、热轧和冷轧等各方面加以控制。冶炼时应严格控制化学成分,保证低碳、适量的 Al_s 和钢质纯净;由于是罩式退火工艺,热轧时应采用“三高一低”制度,以便获得细小均匀的铁素体组织,并使 AlN 保持固溶状态;冷轧时施以大压下,为退火过程中有利织构的形核和发展创造条件。

在冷轧过程中,对冷轧冲压钢板 r 值有影响的工艺因素有总压下率、压下分配、润滑和张力等,其中总压下率是最主要的影响因素。曾有学者对冷轧压下率与冷轧冲压钢板成品 r 值的关系进行过一些研究^[1],研究表明,采用罩式退火工艺生产的冲压钢板,根据碳含量的不同,其获得高 \bar{r} 值的最佳冷轧压下率为:低碳钢约为 70%,微碳钢约为 80%,超低碳钢约为 90%,而 IF 钢的 r 值则随冷轧压下率的增加而单调增加。

本文采用攀钢热轧板厂生产的低碳铝镇静钢热

轧卷,在实验室条件下研究了冷轧压下率对低碳铝镇静钢冷轧板深冲性能的影响。

2 试验过程

2.1 热轧卷选取

为研究冷轧压下率对冷轧冲压钢板深冲性能的影响,必须选取组织符合要求的热轧原料。考虑到攀钢钢研院冷轧实验室冷轧机能力(允许最大来料厚度为3.0 mm)和攀钢热轧板厂终轧温度偏低的现状,为保证均匀细小的热轧态组织,选取碳含量在中上限的低碳铝镇静钢进行热轧试验,试验钢的化学成分见表1。在热轧过程中,严格控制温度制度,使终轧温度和卷取温度在通带上均匀分布,热轧板卷的终轧温度、卷取温度和金相组织见表2。

表1 试验钢的化学成分 %

C	Si	Mn	P	S	Al _s
0.059	0.017	0.232	0.010	0.010	0.054

表3 试验计划的压下率和轧制过程中的实际压下率 %

压下量		道次								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
计划	H/mm	2.84	1.420	1.136	0.852	0.767	0.682	0.596	0.511	0.426
	h/mm	1.420	1.136	0.852	0.767	0.682	0.596	0.511	0.426	0.341
	总压下率	50	60	70	73	76	79	82	85	88
实际	H/mm	2.84	1.425	1.123	0.887	0.752	0.665	0.583	0.518	0.422
	h/mm	1.425	1.123	0.887	0.752	0.665	0.583	0.518	0.422	0.365
	总压下率	49.8	60.5	68.8	73.5	76.6	79.5	81.8	85.1	87.2

火工艺见图2。

利用SG—300四辊可逆式冷轧机,采用恒轧制力对退火后的冷轧带卷进行平整,轧制力为6 t,平整延伸率为1%左右。

2.3 试验结果

对平整后的冷轧带卷取样检验,测试了常规力学性能和 n 、 r 值,并检验了金相组织,见表4、5。

从表4可见,各厚度规格冷轧成品的力学性能和金相组织均达到了GB 5213—85的08AlZF级的标准。冷轧压下率从49.8%增加到87.2%,冷轧成品的常规力学性能(s_b 、 b_{10} 和 r_{80})和 n 值均无明显变化,但是冷轧压下率对代表深冲性能的最重要指标— r 值却有明显影响,其各方向的 r 值有不同的表现,见图3。

表2 热轧终轧温度、卷取温度和热轧卷的金相组织

终轧温度/	卷取温度/	晶粒度	渗碳体
855~870	560~585	10	A0.5

2.2 试验工艺

试验所采用的工艺流程如图1所示。将热轧卷纵切成3.0 mm×200 mm的热轧窄带卷,采用盐酸浅槽酸洗清除热带卷表面的氧化层。

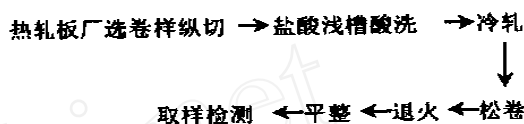


图1 工艺流程

在SG—300四辊可逆式冷轧机上,采用9种压下率轧成9种不同厚度规格的冷轧带卷。试验计划的压下率和轧制过程中的实际压下率见表3。

用电阻式罩式炉,采用分解氨(N₂ 75%, H₂ 25%)作为保护性气体,进行冷轧带卷的退火,退

由图3可见, r_{90} 值随冷轧压下率的增加而增加,在压下率为73%出现峰值,随后随冷轧压下率的增加而减小。冷轧压下率对 r_{10} 值的影响与对 r_{90} 值的影响相似,只是峰值略为提前。而 r_{45} 值则随冷

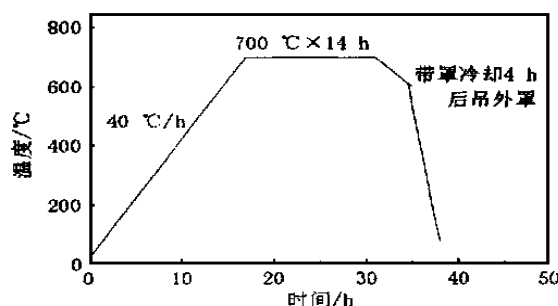


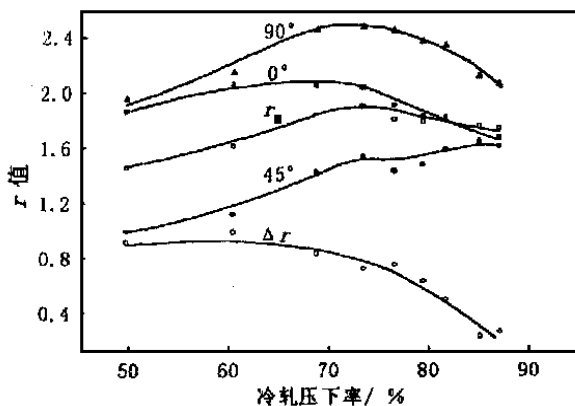
图2 退火工艺

表 4 平整后冷轧带卷的常规力学及工艺性能

编号	厚度/mm	s /MPa	b /MPa	80 /%	10 /%	杯突/mm	晶粒度	渗碳体
1	1.425	176	290	44	50	12.2	7.0	0C
2	1.123	175	290	44	52	11.5	7.0	0C
3	0.887	159	285	43	50	12.1	6.0	0C
4	0.752	191	285	42	55	11.3	6.0	0C
5	0.665	154	285	43	53	10.5	6.5	0C
6	0.583	186	290	42	52	10.1	7.0	0C
7	0.518	159	295	43	53	10.1	7.0	0C
8	0.422	177	290	41	54	9.6	8.0	0C
9	0.365	158	300	40	54	9.6	8.0	0C

表 5 平整后冷轧卷带卷的 n 、 r 值

编号	n 值				r 值				r
	0°	45°	90°	平均	0°	45°	90°	平均	
1	0.232	0.218	0.229	0.224	1.859	0.991	1.951	1.448	0.914
2	0.227	0.223	0.224	0.224	2.059	1.112	2.139	1.605	0.987
3	0.241	0.229	0.237	0.234	2.042	1.422	2.451	1.834	0.825
4	0.216	0.210	0.203	0.210	2.028	1.534	2.472	1.891	0.716
5	0.260	0.247	0.250	0.251	1.906	1.430	2.443	1.802	0.745
6	0.218	0.208	0.205	0.210	1.819	1.470	2.366	1.781	0.623
7	0.259	0.253	0.247	0.253	1.802	1.580	2.339	1.825	0.491
8	0.234	0.209	0.220	0.218	1.629	1.645	2.113	1.758	0.226
9	0.254	0.256	0.245	0.253	1.669	1.603	2.055	1.732	0.259

图 3 冷轧压下率对 r 值的影响

轧压下率的增加而单调增加,无峰值出现, \bar{r} 值约在 73%的压下率处出现峰值, r 值则随冷轧压下率的提高而减小。

3 讨论

冷轧冲压钢板 r 值的高低是由其晶粒取向分布的各向异性,即织构所决定的。不同碳含量的深冲钢

板其冷轧织构极为相似,主要表现为不完整的 110 RD线织构和完整的 111 ND线织构,但不同钢种的冷轧织构度是不同的,碳含量越低,织构度越强。

由于受试验条件所限,本次试验未检测试验钢的织构组分,但有文献研究了随冷轧压下率变化,低碳铝镇静钢冷轧板线织构的演变规律,如图 4^[2]所示。本文将借助图 4并结合笔者的试验作讨论。

由图 4 可以看出,当压下率较小时,线织构在 $\{001\}$ 和 $\{111\}$ 之间基本呈均匀增长。当压下率增大到 60% 时, $\{112\}$ 110 和 $\{111\}$ 110 组分的增长速度明显加快并超过了 $\{001\}$ 110 织构。随着压下率进一步增大, $\{112\}$ 110 和 $\{111\}$ 110 组分进一步增强,当压下率达到 70% ~ 80% 时, $\{112\}$ 110 的增长速度已经开始占了优势,当压下率达到 90% 时, $\{112\}$ 110 占了明显的优势。线织构中 $\{111\}$ 110 和 $\{111\}$ 112 随冷轧压下率提高而增大,并且碳含量与试验钢相近的 H2 钢其线织构组

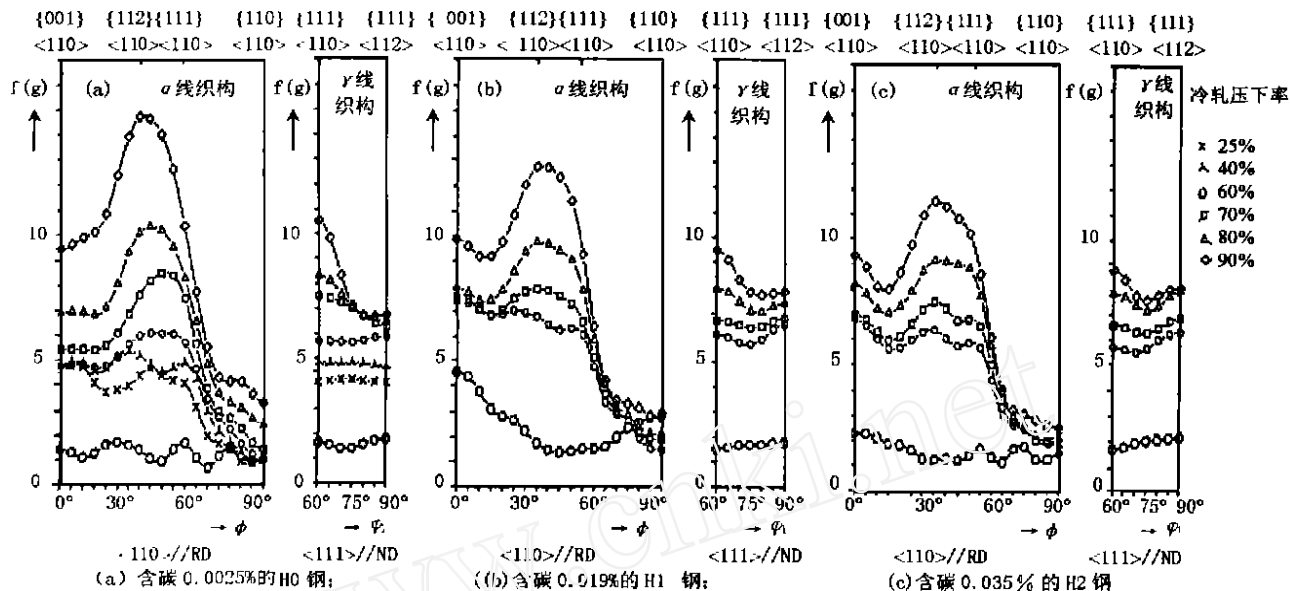


图4 不同含碳量的三种低碳铝镇静钢冷轧板随冷轧压下率增加的织构演变过程

分呈均匀增长。由此可见,随着冷轧压下率的增加,形成了强的 $\{112\}$ 110 织构、次强的 $\{111\}$ 110 织构和较弱的 $\{001\}$ 110 织构、最弱的 $\{110\}$ 110 织构。冷轧织构的形成是退火过程中有利织构形核和长大的必要条件。

冷轧态织构经退火后,除了 $\{111\}$ 110 保持了较强的织构度外,其余织构均明显减弱,见图5^[3]。冷轧压下率较小时(50%~70%),退火织构中有明显的 $\{110\}$ 001 组分,当冷轧压下率增大到90%时, $\{110\}$ 001 组分基本消失;而 $\{112\}$ 110 织构组分由于冷轧态组分最强,所以仍保留一定量的退火态 $\{112\}$ 110 织构组分。

Daniel^[4]采用RC变形模型计算了同一体积百分量的不同织构时低碳铝镇静钢冷轧板的 r 值,其分析结果是 $\{110\}$ 001 织构为 $r_0 < 1, r_{45} < 1, r_{90} > 20$, $\{112\}$ 110 织构为 $r_0 = 0.5, r_{45} = 3, r_{90} = 1$ 。各织构的 \bar{r} 值和 r 值见表6。

由表6可以看出, $\{111\}$ 织构组分可以获得较大的 \bar{r} 值和很小的 r 值,是理想的有利织构, $\{112\}$ 110 织构组分的 \bar{r} 值小于 $\{111\}$ 织构, r 值呈现较大的负值, $\{110\}$ 001 织构对 \bar{r} 值的影响力度远远大于其它织构,造成 \bar{r} 值和 r 值都特别大。结合冷轧压下率对冷轧织构和退火织构的影响特点不难理解,当冷轧达到一定变形量时, $\{111\}$ 织构的增强速度减弱, $\{112\}$ 110 织构明显增强,而 $\{110\}$

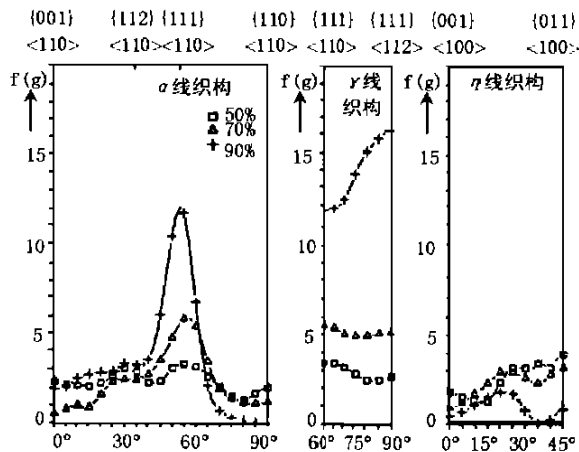


图5^[3] 不同冷轧压下率下低碳铝镇静钢的退火织构

001 织构组分明显减弱。三者的综合作用效果是 r 值在冷轧压下率为70%~80%出现峰值,而 \bar{r} 值在一定冷轧压下率后呈现单调减小。

由此可见,对于同为低碳铝镇静钢,含碳量为0.059%的试验钢,由于这三种织构组分随冷轧压下率的变化,使得冷轧钢板的深冲性能宏观表现为: \bar{r} 值在冷轧压下率为73%时出现峰值, r 值呈现单调减少。

用户对冷轧冲压钢板的性能要求,一方面是高的 \bar{r} 值,满足冲压性能,以生产冲压复杂件,另一方面是低的 r 值,以避免产生制耳缺陷。试验结果表明,冷轧压下率应控制在 \bar{r} 值出现峰值的右侧,对

表 6^[4] 不同织构类型对低碳铝镇静钢冷轧板的 \bar{r} 值、 r 值的影响

织构类型	\bar{r}	r
{111} 110	2.62	0.01
{111} 112	2.62	0.01
{112} 110	2.07	- 2.69
{001} 100	0.41	0.75
{110} 001	5.04	8.95

于含碳量为 0.059 % 的试验钢,应控制冷轧压下率在 73 % 以上,以满足用户对上述两方面的要求。特别是后续冲压工序对制耳有严格控制的产品,需增大冷轧压下率,在损失一定 \bar{r} 值的情况下,获得低的 r 值。

4 结论

(1) 对于低碳铝镇静钢,冷轧压下率对常规力

学性能(s_x 、 s_b 和) 及 n 值无明显影响,而对 r 值有明显影响。

(2) 随冷轧压下率的提高, \bar{r} 值出现峰值,对于含碳量为中上限的低碳铝镇静钢(0.059 %C),其峰值在冷轧压下率约为 73 % 处,而 r 值随冷轧压下率的提高而单调下降。这是由于随冷轧压下率增加,冷轧织构{111} 110、{112} 110 和{110} 001 有不同演变规律所致。

(3) 冷轧压下率应控制在 \bar{r} 值出现峰值的右侧。对于含碳量为 0.059 % 的试验钢,应控制冷轧压下率在 73 % 以上,特别是后续冲压工序对制耳有严格要求的产品,需增大冷轧压下率,以减小钢板的 r 值。

参考文献:

- [1] Fukuda M. The Effect of Carbon Content Against r Value - Cold Reductions Relations in Steel Sheets[J]. J. Iron Steel Inst. Jpn, 1967, 53(4) :559—561.
- [2] Christian Klينenberg, Dierk Raabe and Kurt L ücke. Influence of Volume Fraction and Dispersion Rate of Grain - Boundary Cementite on the Cold - Rolling Textures of Low - Carbon Steel[J]. Steel Research, 1992, 63(6) :263—269.
- [3] Martin Holscher, Dierk Raabe and Kurt L ücke. Rolling and Recrystallization Textures of Bcc Steels[J]. Steel Research, 1991, 62(12) :567—575.
- [4] Daniel D and Jonas J J. Measurement and Prediction of Plastic Anisotropy in Deep - Drawing Steels[J]. Metallurgical Transactions, 1990, 21A(2) :331—343.

编辑 雷念慈

收稿日期:2000 - 01 - 28

攀钢已开发成功热轧酸洗板

为满足市场需要,攀钢于 1999 年开始研究开发“以热代冷”的热轧酸洗板,以取代部分冷轧板。这种热轧酸洗板对质量的要求为: 必须具有接近冷轧板的表面质量; 厚度公差范围要求比较严,一般要求 ± 0.25 mm; 高于标准要求的使用性能,例如,冲压用热轧酸洗板的 s_{50} 要求 $\geq 45\%$ 。鉴于此,开发研究的难度较大。

经过一年的努力,已相继解决了表面的“横纹”问题,稳定了厚度公差,并通过调整成分及优化工艺,使产品使用性能可根据用户的具体要求,实现成本最低,综合质量最好。至 2000 年 6 月份,攀钢已试生产热轧酸洗板近 4 万 t,其产品广泛应用于汽车、家电、五金等领域,是国内能够批量生产热轧酸洗板的少数厂家之一。

(李 军 供稿)