

环保型含 Bi 低碳高硫易切削钢的开发

张文基 李国忠 张剑锋

(江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江阴 214429)

摘要 开发 Bi 易切削钢 1215M (% : 0.06C, 0.04Si, 1.25Mn, 0.39S, 0.17Bi) 替代 Pb 易切削钢 SUM24L。生产 Bi 易切削钢的流程为 40 t UHP EAF-40 t LF(喂 Bi 线)-180 mm × 180 mm 连铸-连轧工艺。试验结果表明, Bi 易切削钢 1215M Φ9 mm 盘条夹杂物分布均匀, Bi 易切削钢 1215M 的切削性能优于 SUM23HS 含 S 易切削钢与 SUM24L 含 Pb 易切削钢相当。

关键词 易切削钢 低碳高硫 Bi

Development of Environment-friendly Containing Bi Low-Carbon High-Sulfur Free-Cutting Steel

Zhang Wenji, Li Guozhong and Zhang Jianfeng

(Jiangyin Xingcheng Special Steel Works Co Ltd, Jiangyin 214429)

Abstract Bi free-cutting steel 1215M (% : 0.06C, 0.04Si, 1.25Mn, 0.39S, 0.17Bi) has been developed to replace Pb free-cutting steel SUM24L. The flow sheet for production of Bi free-cutting steel is 40 t UHP EAF-40 t LF (feeding Bi wire)-180 mm × 180 mm CC-continuous rolling process. Test results show that the distribution of inclusions in Φ9 mm coil of Bi free-cutting steel 1215M is homogeneous, and the cutting performance of Bi free-cutting steel 1215M is better than that of S free-cutting steel SUM23HS and is equal to Pb free-cutting steel SUM24L.

Material Index Free-Cutting Steel, Low-Carbon High Sulfur, Bi

易切削钢按所含易切削元素分类大致可分为硫易切削钢、铅易切削钢、钙易切削钢和复合易切削钢。其中最优秀的品种为铅易切削钢, 但该类钢含有对环境污染的物质 Pb。由于铋与铅的物理和化学性质很相近, 铋有可能替代铅生产环保易切削钢, 这样既能解决环境污染问题, 切削性能并不比 Pb 差。为此, 兴澄特钢进行了低 C 含 Bi 的易切削钢开发, 并成功进行了实用化。

国内大多用户使用 Y15、SUM23 及 AISI1215 高硫易切削钢。新开发的含 Bi 低碳高 S 环保型易切削钢 1215M 的平均成分 (%) 为: 0.06C、0.04Si、1.25Mn、0.07P、0.39S、0.17Bi。

在低 C 易切削钢类的切削中, 切削工具表面附着物被称作“切屑瘤”, 它影响切削后钢的表面光洁度和质量。因此, 如何抑制“切屑瘤”的生长是较大的技术课题。钢在切削过程中的工具刃尖处存在高温和高应力, 且在工具与被切削材之间有严重的“结瘤”粘附现象。环保型含 Bi 易切削钢的开发能替代此钢中 Pb 作用的技术, 避免“结瘤”造成的危害。

1 易切削钢的试生产

易切削钢由于其钢种特性, 一般钢中氧含量较

高, 可以说是半镇静钢, 因此基本以模铸工艺生产为主, 能成功采用连铸工艺生产的厂家很少。其连铸工艺的难点主要在于: 钢中的高氧含量、高硫含量显著降低了钢水的表面张力, 使钢渣分离困难, 从而造成钢渣混卷; 同时随着钢水温度的下降, 进入结晶器的钢水还会发生碳氧反应而产生气体, 从而形成大量表面及皮下气孔、夹杂等缺陷, 甚至造成漏钢, 使连铸生产难以进行。该钢种裂纹敏感性强, 必须采用弱冷制度, 为形成合适的硫化物又必须采用合适的二冷强度。这些相互矛盾的要求使易切削钢由模铸工艺转变为连铸工艺非常困难^[1]。兴澄特钢于 2007 年 4 月采用连铸工艺开发该钢种。

1215M 钢生产工艺流程: 40 t UHP EBT EAF → 40 t LF → R8M 4 机 4 流方坯连铸机 (连铸坯断面为 180 mm × 180 mm) → 铸坯修磨 → 全自动步梁进式加热炉 → 高压水除鳞 → 29 机架高精度、高刚度连轧机组 → 收集 → 切头切尾 → 包装 → 检验 → 入库。

1.1 EAF

(1) 废钢料 (优质废钢 + 50% 铁水) 中配入磷铁, 按全回收增磷 0.060% 配入, 根据终点磷在电弧炉出钢把磷配到标准中限, 冶炼过程不流渣; (2) 终点碳 0.04% ~ 0.08%, 做好出钢前喷吹碳粉工作,

禁止下氧化渣;(3)出钢不使用 Al 脱氧,使用低 Si 低 C 合金,顺钢流加石灰、合成渣。

1.2 LF

通过下列工艺措施,优化开发的 1215M 易切削钢化学成分,使 Mn、P、S、Bi、O 等控制在合理的范围:(1)不使用 Al 脱氧,用硅铁粉脱氧,使氧含量符合游离氧(100~120)×10⁻⁶内控要求;(2)Mn 尽量按标准上限 1.4% 控制;(3)精炼后期使用硫铁按全回收把 S 配到 0.20%,均匀后取样;(4)精炼后期使用喂 Bi 线的方法达到目标值 0.15%。经统计 Bi 的回收率为 60%;(5)LF 吊包温度 1642~1657℃;(6)LF 精炼结束后软吹氩时间≥8 min,吹氩台吊包温度 1607~1627℃。

钢中夹杂物呈球形或纺锤形有利于钢的切削性能,因此应尽可能将钢中夹杂物控制成纺锤形。为得到好的夹杂物形态及切削性能,要保持钢中有一定的氧含量及合适的 Mn/S 比,同时又能防止形成低熔点的 FeS,1215M 钢的 Mn/S 比控制在 2.5~4.0,脱氧制度必须合理而且要求将氧含量控制在(200~250)×10⁻⁶,精炼过程中适时测定。为减少钢中脆性夹杂,严禁使用 Al 脱氧,使用 Mn-Fe 合金,尽可能降低 Si 含量,避免硅酸盐类夹杂物大量形成。

1.3 CCM

连铸工艺进行优化,严格控制钢水过热度、拉速、二冷强度,同时优化电磁搅拌参数,使铸坯硫化物均匀而细小:

(1)使用专用结晶器保护渣(半沸腾钢保护渣);(2)中间包过热度 20~40℃,拉速 1.0~1.2 m/min;(3)比水量 0.18 L/kg,结晶器电磁搅拌参数 4 Hz/120 A,末端电磁搅拌参数 8 Hz/150 A。

1.4 轧钢工艺

轧制过程加热温度及冷却工艺影响到是否能顺

利生产及钢材的表面质量,通过选择合适的加热温度避免了轧制过程中铸坯的打滑和撕裂产生,同时又不至于恶化表面质量,因而提高了新开发的 1215M 易切削钢的合格率,降低其轧制废品率:

(1)1215M 钢对加热质量要求极高,轧制时温度过高会打滑,温度过低会开裂,因此必须严格按照要求加热,加热温度 1180~1250℃,均热段温度 1160~1230℃,开轧温度 1150~1230℃;(2)轧制过程中注意控制轧辊冷却水量和均匀性,避免局部冷却不均,特别是头部冷却过快,防止劈头和撕裂;(3)搬运和吊装等过程注意采取防擦伤措施,防止机械擦伤产生。

2 开发含 Bi 易切削钢特点

2.1 夹杂物形貌

开发 1215M 钢的硬度(HV=102)与其他低碳易切削钢的硬度虽然大致相当,但前者在提高了 S 的同时,还控制了生产条件使 MnS 非常细小分散。通过光学显微镜和 SEM 电镜观察钢中 MnS 形态和

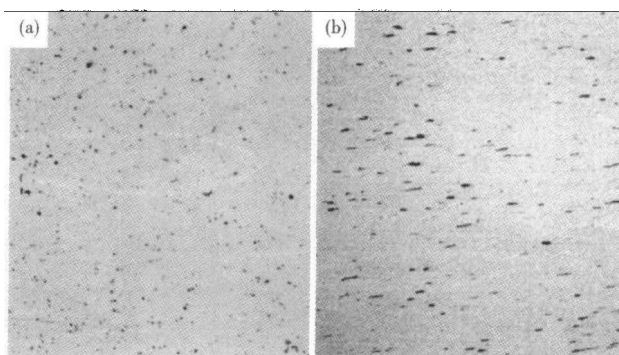


图 1 Bi 易切削钢 1215M 夹杂物的分布和形态,×100:(a) 180 mm×180 mm 铸坯;(b)Φ9 mm 盘条
Fig. 1 Morphology and distribution of inclusions in Bi free-cutting steel 1215M, ×100: (a) 180 mm×180 mm cast billet; (b) Φ9 mm coil

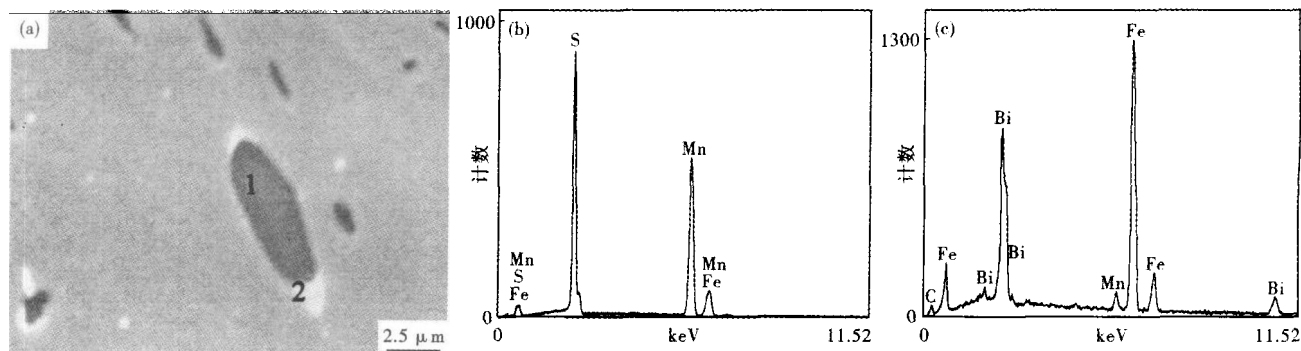


图 2 Bi 易切削钢 1215M 中 Bi-MnS 复合夹杂的形貌(a)和成分:(b)-黑色 1 区;(c)-白色 2 区
Fig. 2 Morphology (a) and analysis of black area 1 (b) and white area 2 (c) of Bi-MnS complex inclusion in Bi free-cutting steel 1215M

分布表明,开发的 1215M 钢中的 MnS 较其他低碳易切削钢的 MnS 要细小和分散,且细小的 MnS 极多(图 1),Bi 与 MnS 形成复合夹杂物及单独的 Bi 金属颗粒(图 2),代替了原来 Pb 的润滑和脆化功能,从而获得了原含 Pb 易切削钢同等的切削性能。易切削钢中添加铅在钢中以球形态存在,由图 1(a)知其形貌与含铅的基本一致。只要将钢的显微组织均质化,在接近刀具的位置频繁脱落而抑制其长大,从而获得良好的切削性能

能和表面光洁度。因此,钢中无 Pb 化通过增加钢中 S 含量添加到与 Pb 性质相当的 Bi,并将 MnS 细化分散,以确保对切削的润滑效果,同时减少应力集中,并促使“结瘤”频繁脱落而避免其长大,避免了表面光洁度恶化。

2.2 切削性能

为了评价含 Bi 易切削钢的实际使用性能,进行了设定零件的切削试验,试验条件为:车削速度 1 120 r/min,进刀量 1 mm,盘条规格为 $\Phi 9$ mm。观察了切削面的表面精度、工具磨损量状况,结果表明,开发含 Bi 1215M 易切削钢的表面精度和工具磨损量指标都比 Y15 易切削钢要好,显示出具有与 SUM24L 含 Pb 易切削钢同等的切削性能;同等切削条件下对比,SUM23HS 钢和开发含 Bi 1215M 易切削钢的切屑形貌比较见图 3。

新开发的 1215M 易切削钢断屑细小,无长的连续金属屑,同时对切屑面、工具磨损和切屑状态发现,开发钢切削面上的划痕和刮伤都最少,且工具磨损量亦然,加之其切屑断开性好。

3 结语

(1)开发的($\%$)0.06C、0.04Si、1.25Mn、0.39S、0.17Bi 易切削钢利用 Si-Fe 粉扩散脱氧,加入 Mn-Fe

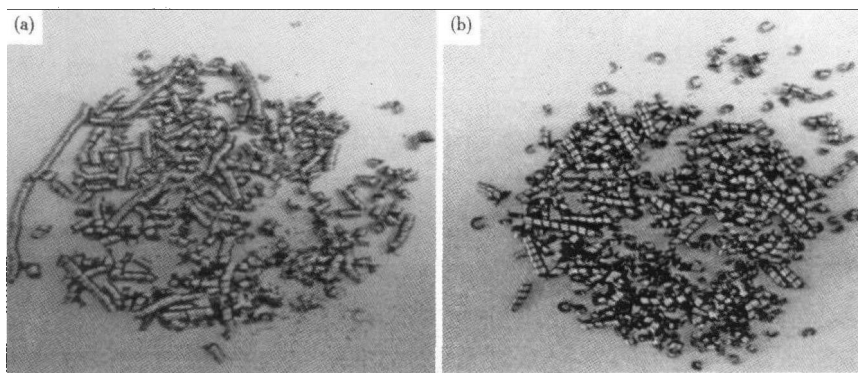


图 3 (a)SUM23HS 钢($\%$:0.10C、0.02Si、1.28Mn、0.38S)的切屑形貌;(b)1215M 钢($\%$:0.06C、0.04Si、1.25Mn、0.39S、0.17Bi)的切屑形貌

Fig. 3 (a) morphology of cutting scrap of steel SUM23HS ($\%$: 0.10C, 0.02Si, 1.28Mn, 0.38S); (b) morphology of cutting scrap of steel 1215M ($\%$: 0.06C, 0.04Si, 1.25Mn, 0.39S, 0.17Bi)

进行合金化,为夹杂物控制创造条件,并避免生成大量硅酸盐类夹杂物。

(2)对连铸工艺的优化特别是末端电磁搅拌由弱变强的调整,使心部硫夹杂物长条状变成短杆状或纺锤状,解决铸坯表面质量及连铸顺行的问题。

(3)开发的含 Bi 低碳高硫易切削钢经用户拉丝加工后,用于汽车、OA 机器、家电相关领域,特别是在油封部和轴承安装部以及与其它部件配套的小部件上应用较多。由于本开发钢的切削性、拉丝性和镀层性等都与含铅的易切削钢同等水平,在实用中完全可以代替含铅的易切削钢。经用户使用后,刀具寿命长,车后表面光洁度高,综合性能良好,且不含铅有利环保。

参考文献

- 1 王小红,谢兵,冯仲渝,等.易切削钢连铸工艺的开发.西南石油学院学报,2005,27(6):88

张文基(1950-),男,高级工程师,上海工业大学毕业,钢铁冶金及新材料研究。

收稿日期:2009-06-08

欢迎订阅 2010 年《特殊钢》杂志

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

全国各地邮局订阅