

低碳高硫易切削钢带状组织对冷拔材裂纹形成的影响

徐 芴 明

(宝山钢铁股份有限公司特殊钢分公司制造管理部, 上海 200940)

摘 要 低碳高硫易切削结构钢(% :0.07C、0.86Mn、0.06P、0.32S) Φ 11.5 mm 冷拔材出现 0.3 mm 深的一次纵裂纹, 造成批量废品。经取样分析表明, Φ 14 mm 冷拔坯(热轧材)的带状组织达 4 级, 冷拔一次断面缩减率达 32.52%, 致使在冷拔过程中产生裂纹。通过控制连铸时钢水过热度, 在冷拔坯连轧过程精轧温度由 850 $^{\circ}$ C 提高到 1050 $^{\circ}$ C, 喷淋冷却, 650 $^{\circ}$ C 回红, 使 Φ 14 mm 冷拔坯带状组织降至 1.5 级以下; 冷拔时一次断面缩减率降低至 30.5% 以下, 从而避免了 Φ 11.5 mm 冷拔材纵裂纹的产生。

关键词 低碳高硫易切削钢 带状组织 冷拔 纵裂纹

Effect of Banded Structure in Low Carbon High Sulphur Free Cutting Steel on Crack Formation of Cold Drawn Products

Xu Xiangming

(Manufacturing Management Department, Special Steel Branch, Baoshan Iron and Steel Co Ltd, Shanghai 200940)

Abstract The longitudinal crack with 0.3 mm depth occurred in Φ 11.5 mm cold drawn products of low carbon high sulphur free cutting structural steel (0.07C, 0.86Mn, 0.06P, 0.32S) to produce some batches of rejection. The analysis results by sampling indicated that the rating unit of banded structure in Φ 14 mm cold drawing blank was up to 4 and the section reduction in cold drawn one pass was up to 32.52% which led to crack formed in cold drawing. With overheat control of molten steel during casting, finishing rolling temperature increasing to 1050 $^{\circ}$ C from 850 $^{\circ}$ C during continuous rolling of cold drawn blank, spraying cooling and 650 $^{\circ}$ C self tempering, the rating unit of banded structure of Φ 14 mm cold drawing blank decreased to less than 1.5, moreover the section reduction in cold drawn pass decreased to less than 30.5%, thereby the longitudinal crack in Φ 11.5 mm cold drawn products was avoided.

Material Index Low Carbon High Sulphur Free Cutting Steel, Banded Structure, Cold Drawing, Longitudinal Crack

宝钢特殊钢分公司热轧硫系钢材经冷拉后表面开裂缺陷频发, 严重影响生产的正常进行, 因此进行了试验分析和改进工艺参数。

1 易切削钢的化学成分组织和机械性能

低碳高硫易切削结构钢的化学成分为(%): 0.07C、0.86Mn、0.06P、0.32S。该钢冷拔坯料为 Φ 14 mm 热轧盘卷, 经酸洗并冷拔成 Φ 11.5 mm 的成品材。

检验表明, 冷拔坯料的带状组织较严重, 为 4 级(图 1)。冷拔材和冷拔坯料机械性能检验结果见表 1。由表 1 可见, Φ 14 mm 热轧材经冷拔后塑性指标急剧下降。

2 冷拔材裂纹形貌和裂纹成因分析

试验试样加工工艺: 热轧盘卷 Φ 14 mm \rightarrow 酸洗 \rightarrow 冷拔 Φ 11.5 mm \rightarrow 车削成塔型。加工后在第 1、2、3 阶梯表面存在纵向细裂纹。

金相试样制备: 在第 1 阶梯 Φ 11.5 mm 及第 3 阶梯 Φ 6 mm 缺陷处分别取纵、横向试样。 Φ 11.5 mm、 Φ 6 mm 的横截面试样, 在金相制备前, 原缺陷

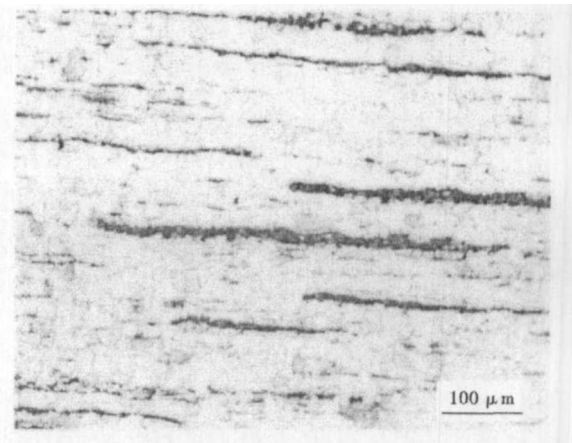


图 1 Φ 14 mm 冷拔坯料的带状组织

Fig. 1 Banded Structure in Φ 14 mm cold drawing blank

处裂纹深度约 0.3 mm, 但在金相磨制过程中, 裂纹迅速扩展至中心, 深度约 5 mm。高倍观察, 裂纹两侧未氧化, 裂纹形貌呈不规则锯齿形, 见图 2。

纵截面试样抛光后观察, 基体中硫化物分布较均匀, 其分布形态见图 3(a)。

冷拔材试样经浸蚀后观察, 裂纹两侧无脱碳现

表1 低碳高硫易切削钢冷拔坯和冷拔材机械性能

Table 1 Mechanical properties of cold drawn products and cold drawing blank of low carbon high sulphur free cutting steel

试样	$\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	σ_b/MPa	$\delta_5/\%$	$\psi/\%$	HB
冷拔材 ($\Phi 14.5 \text{ mm}$)	595 ~ 600	680 ~ 685	10.0 ~ 10.5	40 ~ 42	219 ~ 229
冷拔坯 ($\Phi 14 \text{ mm}$)	250 ~ 270	460 ~ 465	22.0 ~ 23.5	64 ~ 67	138 ~ 140

象。裂纹处与基体的显微组织为铁素体+珠光体+颗粒状渗碳体,晶粒度8~10级,带状组织为4~5级,珠光体带贯穿整个视场,呈连续性分布(见图3b)。

上述检验结果可见,该低碳高硫易切削钢在冷

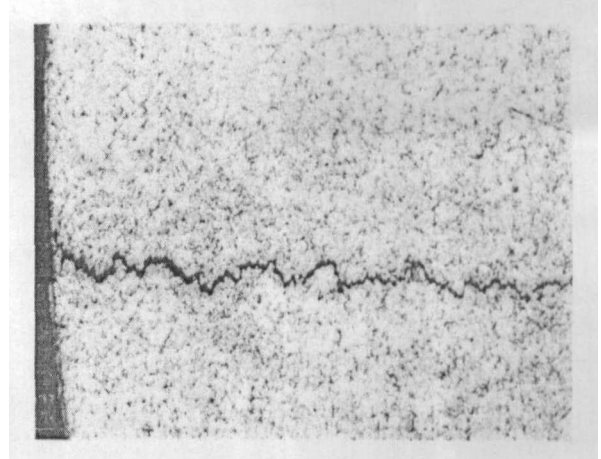


图2 低碳高硫易切削钢 $\Phi 11.5 \text{ mm}$ 冷拔材裂纹形貌, $\times 500$
Fig.2 Morphology of crack in $\Phi 11.5 \text{ mm}$ cold drawn products of low carbon high sulphur free cutting steel, $\times 500$

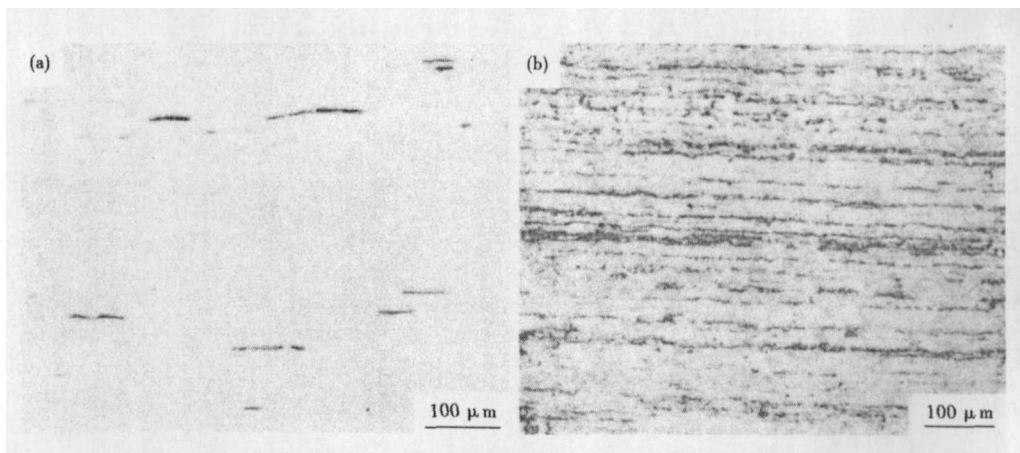


图3 低碳高硫易切削钢冷拔材中硫化物(a)和带状组织(b)

Fig.3 Sulphide (a) and banded structure (b) in cold drawn products of low carbon high sulphur free cutting steel

拔过程形成裂纹的原因有:

(1)钢中存在严重的沿轧制方向呈层状分布的铁素体和珠光体带状组织。该组织使钢材的力学性能呈各向异性,特别是降低钢的横向冲击韧性和断面收缩率^[1]。由于较高带状级别,使钢材在冷拔过程中引起不均匀变形,促使钢材中产生裂纹。

(2)冷拔坯(热轧材)冷拔断面缩减率高达32.52%,冷拔后钢的抗拉和屈服强度分别增加了47.31%和122.22%,高于低碳高硫结构钢的极限断面缩减率30.5%^[2],致使钢中产生裂纹。

3 工艺改进措施和效果

为有效降低钢的带状级别,采取以下工艺措施:

(1)连铸坯时,控制钢水过热度;使用电磁搅拌,控制二冷强度,保证钢坯凝固稳定性。

(2)适当提高钢坯加热段温度和延长均热段停留时间。热轧成材时采用控轧控冷工艺,精轧温度由原 $\geq 850 \text{ }^\circ\text{C}$ 提高至 $\geq 1050 \text{ }^\circ\text{C}$,轧后喷淋急冷,650 $^\circ\text{C}$ 回红。

(3)热轧材的冷拔断面缩减率 $\leq 30.5\%$ 。

通过上述主要工艺措施使冷拔坯(热轧材)的带状组织级别 ≤ 1.5 。已生产的1000 t冷拔材均未发现冷拔纵裂纹。

4 结论

冷拔坯中严重的铁素体-珠光体带状组织和热轧材的冷拔断面缩减率过高是 $\Phi 11.5 \text{ mm}$ 低碳高硫易切削钢冷拔材产生纵裂纹的主要原因。实施控轧控冷工艺和合理的冷拔工艺能有效地防止冷拔材纵裂纹的产生。

参考文献

- 1 殷瑞钰. 钢的质量现代进展-(下篇). 特殊钢. 北京:冶金工业出版社,1995
- 2 合金钢钢种手册编写组. 合金钢钢种手册(第二册). 北京:冶金工业出版社,1983

徐芴明(1956-),男,高级技师,主任工程师,从事冶金工艺技术工作。

收稿日期:2007-02-08