

ER70S-6 焊丝生产工艺研究

孙中伟¹, 杨茂麟²

(1. 贵州大学材料与冶金学院, 贵州 贵阳 550003; 2. 首钢水城钢铁技术中心, 贵州 水城 553000)

摘要:本文介绍了首钢水城钢铁对 ER70S-6 焊丝用钢调试生产情况, 为进一步提高 ER70S-6 焊丝用钢拉拔加工性能, 本文主要从钢坯的加热温度, 开轧温度, 终轧温度, 焊丝的吐丝温度, 冷却速度对焊丝用钢拉拔性能的影响做了充分的论述。通过理论指导实践的基本实验方法, 确定了对钢坯的加热温度, 开轧温度, 终轧温度, 焊丝的吐丝温度, 冷却速度的温度控制范围, 试制生产出了符合厂家要求的焊丝产品。

关键词: ER70S-6 焊丝用钢 组织形态 拉拔性能

中图分类号: TC423 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-6886(2010)05-0065-03

Production Process Research of ER70S-6 Welding Wire

SUN Zhongwei, YANG Maolin

Abstract: This article described the tentative production of ER70S-6 Welding wire in shuicheng iron and steel. In order to further improve the drawing processing performance of ER70S-6 welding wire, this article made a full exposition about drawing processing performance on heating temperature, opening rolling temperature, finishing rolling temperature, spinning temperature and cooling rate about ER70S-6 welding wire. This article determined the temperature range about heating temperature, opening rolling temperature, finishing rolling temperature, spinning temperature and cooling rate through the method that the theory guide the practice. Shuicheng iron and Steel manufactured the wire products which meet the manufactures' requirements.

Key words: ER70S-6 welding wire; tissue conformation; drawing performance

0 前言

近年来, 我国的气体保护焊发展速度较快, 特别是随着我国扩大内需政策的贯彻实施, 国内各行业对钢材的用量越来越大, 这就间接带动了对焊丝用量的需求。ER70S-6 是国外常用的气体保护焊丝品种, 按美国焊接学会标准 AW-5A5.18 的要求控制化学成分。该焊丝在焊接时具有较好的电弧稳定性和较高的焊缝性能, 在国外得到普遍使用。ER70S-6 是作为二氧化碳气体保护手工焊、埋弧焊、半连续焊和自动焊接用的钢丝, 广泛用于压力容器、电力、汽车以及各类机械制造业, 是国外常用的气体保护焊丝品种。

1 焊丝用钢的技术指标设计

1.1 力学性能的控制

作为焊丝用钢的生产原料, 在后续生产中要经过多次的拉拔, 因此母材的强度和塑性将对拉拔产生关键影响。其力学性能的控制将对后续拉拔生产的顺利进行和获得综合性能合格的焊丝提供保证。控制好盘条的力学性能非常重要, 设计的力学性能见下表 1。

表 1 力学性能的要求

牌号	R_m (MPa)	R_{el} (MPa)	A/%	Z/%
ER70S-6	≤ 550	≥ 330	$\geq 25\%$	$\geq 75\%$

1.2 化学成分的控制

根据其加工特性和后期产品的使用性能, 焊丝用钢用户要求不经过热处理直接由 $\phi 5.5$ mm 拉拔到 $\phi 1.0$ mm ~ 2.2 mm, 这就需要该钢既要保证较低的抗拉强度、较高的韧性又要保证力学性能和焊缝质量, 且成品在焊接时不产生气泡, 因此对该钢的化学成分有严格的要求, 其化学成分如表 2。

表 2 根据 GB/T3429-2002 要求

牌号	化学成分 (W%)							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
ER70S-6	0.06 ~ 0.15	1.40 ~ 1.85	0.80 ~ 1.15	不大于				
	0.06 ~ 0.10	1.40 ~ 1.50	0.80 ~ 0.90	0.20	0.30	0.20	0.025	0.025
内控标准	0.06 ~ 0.10	1.40 ~ 1.50	0.80 ~ 0.90	0.08	0.10	0.05	0.015	0.015
	0.10	1.50	0.90					

对焊接用钢来说碳当量是影响焊接性能的关键因素, 也是影响拉拔性能的重要因素, 对具体生产时要求碳含量控制在下限即 0.06% ~ 0.10% 为宜。Si、Mn 主要用于脱氧, Si 能

作者简介: 孙中伟(1984-), 男, 贵州大学材料加工工程专业硕士。

杨茂麟, 男, 首钢水城钢铁集团高级工程师。

收稿日期: 2010-5-4

促进多边形铁素体的形成,有利于焊丝在冷却过程中形成均匀分布的铁素体晶粒。同时 Mn 能增加焊丝用钢的抗拉强度,但考虑到过多 Si、Mn 的加入,增加了钢材的淬透性,不利于形成易于拉拔的组织,要求 Si、Mn 含量不能同时达到上限,实际生产中要求 $W(\text{Si})$ 控制在 0.80% ~ 0.90%, $W(\text{Mn})$ 控制在 1.40% ~ 1.50%;氧大多数情况下以氧化物的形式存在,会减弱焊缝的强度和韧性,而氮是焊缝形成气孔的主要因素,所以对氮氧要严格控制。

1.3 焊丝用钢金相组织的控制

根据其力学性能要求要低,决定了其组织大部分为等轴铁素体组织,若存在贝氏体或马氏体组织,强度增加,对拉拔不利。

2 ER70S-6 焊丝用钢的生产流程(表 3)

表 3

钢坯加热→初轧→精轧→吐丝机→保温罩→集卷器			
加热炉出口	轧制区	保温区	空冷区

在焊丝用钢的实际生产中,首先要用加热炉对连铸出来的钢坯进行加热,然后进行多道次的轧制。轧制过程分为初轧和精轧,精轧前设有水冷段,精轧后进入吐丝机吐丝,冷却段采用斯太尔摩延迟型冷却。

3 控轧控冷工艺参数的讨论

3.1 钢坯的加热温度

考虑到轧制设备的使用性能,钢坯的加热温度越高,在轧制时其变形抗力越小,有利于延长设备的使用寿命;但不利的方面是,加热温度过高导致钢坯原始晶粒过热或过烧,奥氏体晶粒长大,易形成魏氏组织,不利于对后续的形变加工做组织准备,在冷却过程中不利于形成有利于拉拔的金相组织。根据该钢种的性能和特点以及生产经验,将其加热温度控制在 1 000 °C ~ 1 050 °C。

3.2 开轧温度的确定

开轧温度可以改变晶粒变形后的存储能及晶界迁移而影响再结晶的形核率和晶粒的长大速度,从而影响晶粒长大后的平均晶粒尺寸,导致相变温度发生变化,影响组织形态。一般认为轧制温度越接近钢坯加热温度越好,这样可以防止奥氏体晶粒在开轧之前长大和减少钢坯表面氧化铁皮的数量。一般把变形温度划分为四个温度区域,即:1)奥氏体完全再结晶区;2)奥氏体部分再结晶区;3)奥氏体未再结晶区;4)奥氏体和铁素体两相轧制区。对低强度焊丝用钢来说,希望其得到大部分等轴的铁素体晶粒,因此应在奥氏体完全再结晶区轧制,轧后使奥氏体晶粒能够再结晶长大,为后面的等轴铁素体晶粒做组织准备,在实际得到生产中,开轧温度很接近钢坯的加热温度,因此开轧温接近 1 000 °C ~ 1 050 °C。

3.3 终轧温度的确定

终轧温度的高低主要影响轧后奥氏体晶粒的长大与否,

对于本焊丝用钢来说,要求其组织为分布均匀的等轴铁素体和少量的珠光体组织,考虑到以上要求,终轧温度不宜过高,因为过高的终轧温度会造成奥氏体晶粒过分长大,一方面形成混晶组织,不利于拉拔;另一方面,粗大的奥氏体晶粒能明显推迟相变终了线,即使慢冷也可能产生中、低温组织。随着终轧温度的降低,限制了奥氏体晶粒的过分长大。若终轧温度过低,相变前奥氏体晶粒过小(图 1),一方面使晶界面积增大,增加了铁素体晶粒的形核部位,提高了铁素体的形核率,使铁素体晶粒变的细小,强度增加,不利于拉拔。另一方面,奥氏体晶粒细小,使相变终了线左移,有利于相变过程的温度控制。

因此,为了得到理想的组织,应控制好终轧温度,即可适当粗化晶粒,使奥氏体晶粒向铁素体与珠光体转变最佳化,同时又不产生低温组织。经生产实践,将终轧温度控制在 850 °C 左右为宜。

3.4 吐丝温度的控制

ER70S-6 盘条的金相组织主要为铁素体 + 珠光体组织,由于钢中硅锰含量较高,使“CCT”曲线向右下方移动,增加了钢的淬透性,如果在吐丝后冷却速度不当的话,会产生大量的低温组织,不利于焊丝钢的拉拔加工性能。

吐丝温度过高,大于 900 °C 时,一方面会出现大量的混晶组织如图 1(a),在拉拔过程中造成应力集中,使抗拉强度不稳定;另一方面,过高的吐丝温度使奥氏体晶粒变大,能明显的推迟相变终了线,使 CCT 终了线右移,延长了相变终了时间,造成了即使采用缓慢冷却也有可能产生中低温组织。

考虑到焊丝用钢要具有较低的抗拉强度和较高的韧性,所以吐丝温度也不宜过低,以免造成析出铁素体晶粒过小,珠光体片间距过小导致抗拉强度高于厂家要求标准,在拉拔过程中损害拉丝机。

实验表明,将吐丝温度控制在 850 °C ± 10 °C,在恰当的冷却速度下,可得到均匀等轴的铁素体和少量的珠光体组织,如图 1(b)。

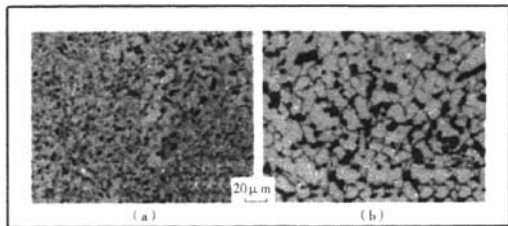


图 1

3.5 冷却速度的控制

由于 ER70S-6 成分中碳含量较低,因此冷却时相变温度区间较大,又由于钢中硅锰含量(图 2)较高,导致“CCT”曲线右移,进一步延迟了相变终了线,使焊丝中出现低温组织的可能性增大。在生产过程中,虽然在高温区缓慢冷却,但如

果在相变没有结束时的后期快冷,仍会出现低温组织,这就需要考虑冷却速度和冷却时间的共同作用。由焊丝用钢的“CCT”曲线(图2)可知,11条曲线分别代表20.0,8.0,4.0,3.0,2.5,1.8,1.3,1.0,0.8,0.5和0.1℃/s的冷却速度,冷却速度和显微组织的关系见表4。当冷却速度小于1℃/s时,可得到铁素体和珠光体组织,当冷却速度大于1℃/s时,出现部分的低温组织。

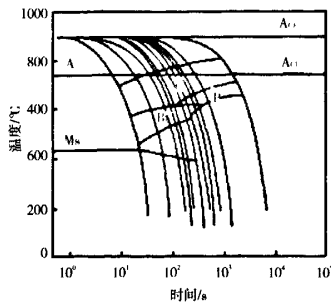


图2

表4 冷却速度对 ER70S-6 钢显微组织的关系

冷速/℃ ⁻¹	显微组织	组织含量/%			
		F	P	B	M
0.1	F + P	81	19	-	-
0.5	F + P	80	20	-	-
0.8	F + P	82	18	-	-
1.0	F + P + 少量 B	83	14	3	-
1.3	F + P + B	81	11	8	-
1.8	F + P + B	76	19	15	-
2.5	F + P + B + M	72	4	9	5
3.0	针,块 F + B + M	68	-	27	5
4.0	针,块 F + B + M	63	-	30	7
8.0	针,块 F + B + M	50	-	40	10
20.0	针,块 F + B + M	30	-	50	20

(上接第17页)

$$\begin{aligned} s &= h - \frac{2h}{\delta_0^2} \times (\delta_{01} + \delta_{02} + \delta_{03} - \delta)^2 v \\ &= \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\delta} \times \frac{d\delta}{dt} \\ &= \frac{4h\omega}{\delta_0^2} (\delta_0' - \delta) \end{aligned}$$

当 $\delta = \frac{7\pi}{12}$ 时,推杆下降时的最大速度理论值为 $v_{\max} = 480$

mm/s,而仿真值最大速度为 $v = 471$ mm/s。相对误差为1.8%。

综合以上分析,从图6可知从动件位移与理论设计要求一致具有较高的精度。从图7可知从动件速度的最大相对误差为1.8%,发生在凸轮转角为210°与理论设计要求相符。可见,在SolidWorks环境下结合Excel设计的凸轮廓线具有较高的精度,符合设计要求。

5 结束语

在SolidWorks环境下结合Excel软件进行建模,最大优点就是简单易学,不需要掌握VB、VC等程序设计语言,只需

为保证相变区冷速,应降低风冷区辊道速度,关闭风机和加保温罩等措施。在确定相变开始温度和结束温度以及冷却速度后,才能却定冷却时间,为防止在相变没有结束时空冷产生的中低温组织,应适当减慢辊道速度或加长风冷线长度使钢材相变结束后出保温罩。

4 结论

1)焊丝用钢用于后续的拉拔,降低强度是技术的关键,因此得到大量的等轴铁素体晶粒是控轧的目的。轧后要是有一定的晶粒长大时间,即初轧辊与穿水冷却要有一定的距离。

2)钢中加入了高含量的合金元素,增加了淬透性,冷却速度要小于1℃/s,保证有大量的铁素体析出。

3)焊丝用钢相变完成后出保温罩,防止相变没完成出保温罩形成中低温组织。

参考文献

- [1]王有铭,李曼云,韦光. 钢材的控制轧制和控制冷却[M](第二版). 北京:冶金工业出版社,2009年3月:84-87
- [2]冯跃平,张建新. ER50-6 焊丝用钢盘条的生产试制[J]. 新疆钢铁, 2007,(1):16-17
- [3]丁华,王丽,刘雅政等. 相变控制冷却速度对 ER70S-6 钢线材组织性能的影响[J]. 特殊钢,2001,22(6):18-19
- [4]王秉喜,耿继双,郭大勇等. 无需退火工艺的 ER70S-6 焊丝用盘条的研制[J]. 鞍钢技术,2007,(5):30-31

要了解 Excel 和 SolidWorks 的基本操作,在 Excel 数据表格中修改相应的凸轮参数。即可在 SolidWorks 中快速完成复杂、高精度凸轮模型设计。

通过建立凸轮机构虚拟样机模型进行更具真实的运动模拟,从而预见机构的实际运行效果,对机构的评判和优化设计更具有现实的意义。

参考文献

- [1]洪振宇,许致华. 一种具有大分度数新型行星分度凸轮机构凸轮廓线设计[J]. 机械设计,2008(9):35-38
- [2]孙恒,付则绍. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,1989:345-347
- [3]刘善林,胡鹏浩,王会生. 基于 SolidWorks 二次开发的凸轮廓线精确设计及运动仿真[J]. 机械传动,2008(5):46-48
- [4]郑凯,胡仁喜,陈虎民等. ADAMS 2005 机械设计高级应用实例[M]. 北京:机械工业出版社,2006(1)
- [5]徐芳,周志刚. 基于 ADAMS 的凸轮机构设计及运动仿真分析[J]. 机械设计与制造,2007(9):8-80
- [6]郭利锋,郭顺牛. 凸轮轮廓的设计与仿真[J]. 机械研究与应用,2005,18(3):95-97