JMatPro 软件在药芯焊丝 W110 性能研究中的应用

李晓峰1,陈冰泉2,黄永溪3

(1.武汉理工大学 工程训练中心,湖北 武汉 430063;2.武汉理工大学 材料学院,湖北 武汉 430070;3.中钢邢台机械轧辊 有限公司修复公司,河北 邢台 054025)

摘 要:利用 JMatPro 软件对 W110 埋弧焊丝熔敷金属在不同温度下的物理及力学性能、平衡相图和连续冷却曲 线进行了分析计算,得到 W110 焊丝熔敷金属从室温到熔化温度下的热物理性能和部分力学性能的确定值。结果表明, 该焊丝熔敷金属的奥氏体转变温度为 692~779℃,在 1330~1468℃温度区间存在高温铁素体相,固液相温度区间为 1371~1468℃;在连续冷却过程中当冷速大于 100℃/s 时,无碳化物析出,当冷速在 100℃/s 和 10℃/s 之间时,有两种碳 化物析出;当冷速在 10℃/s 和 1℃/s 之间时,有三种碳化物析出;当冷速在 1℃/s 和 0.1℃/s 之间时,有四种碳化物析出。 关键词: JMatPro 软件; W110 埋弧焊丝;相图; CCT 图; 热物理性能

中图分类号:TG445;TG423 文献标识码:A 文章编号:1001-3814(2010)09-0005-03

Application of JMatPro Software in Properties Study of Flux Cored Welding Wire W110

LI Xiaofeng¹, CHEN Bingquan², HUANG Yongxi³

(1. Engineering Training Center, Wuhan University of Technology, Wuhan 430063, China; 2. Wuhan University of Technology, College of Material Science and Engineering, Wuhan 430063, China; 3. Sinosteel Xingtai Machinery & Mill Roll Co., Ltd., Repairing Co., Xingtai 054025, China)

Abstract: By means of JMatPro software, the physical and mechanical properties, phase map and CCT curves of deposited metal of W110 wire for submerged welding were studied. The determinate values of heat physical properties and partial mechanical properties of the deposit metal of W110 wire from room temperature to melting temperature were obtained by calculation. The results indicate that the austenitic transformation temperature of the deposited metal of W110 wire is $692 \sim 779$ °C, δ -ferrite exists in $1330 \sim 1468$ °C, the solid and liquid phase lines is $1371 \sim 1468$ °C. During continue cooling, if cooling speed is higher than 100 °C/s, there is not carbide in structure; when cooling speed is between 100 °C/s and 10 °C/s, three kinds of carbides exist; when cooling speed is between 1 °C/s and 0.1 °C/s, four kinds of carbides precipitate.

Key words: JMatPro software; W110-wire for submerged welding; phase-map; CCT curve; heat physical property

目前大部分材料的热物理性能参数(比热容、导 热系数、杨氏模量、密度等)只测得常温、中温或中高 温范围的数据,测试方法通常是采用实测法或实测 加上微机信息采集系统^[1-3]。由于测试方法和手段的 限制,高温的、特别是接近于熔化温度及熔化状态时 的参数几乎还是空白。多元合金相图的测定是一个 费时费力的艰苦工作,尽管目前也采用了实测与微 机数据采集、处理结合的方式^[4-5],仍然有许多多元合 金的相图不全。为了保证焊接质量,已对许多金属 材料的连续冷却曲线进行了研究^[6-8]。而对于含有多 种合金元素的堆焊熔敷金属的物理性能、相图、CCT

收稿日期:2009-12-21

作者简介:李晓峰(1971-),男,河南信阳人,工程师,学士,从事金属 结构设计和制造方面的研究;电话:13971278379; E-mail:laln991011@sohu.com 图的研究只见到个别报道^[9]。

英国最新的软件 JMatPro 是一套功能强大的金 属材料相图计算与材料性能模拟软件,可以用来计 算金属材料多相平衡与多种性能。JMatPro的独特优 势是它能够计算合金中每一个相的性能数据。该软 件所采用的物理模型准确的描述了这些性能对相成 分和温度的依赖性。

JMatPro软件是以建立物理模型动态求解材料 性能的。JMatPro开发商英国 Sente Software 公司利 用母公司(Thermo Tech 公司)十几年合金热力学数 据库的开发经验与研发团队,并通过关键实验验证 从而保证计算结果的准确性。目前 JMatPro软件已 在国内焊接温度场、应力场数值模拟,金属材料热处 理、铸造、锻压等方面性能分析中得到应用^[10-11]。

本文利用 JMatPro 软件对埋弧焊丝 W110 熔敷

金属的物理性能和相图进行了分析计算,为对该焊 丝热过程进行有限元模拟、全面了解该焊丝性能、合 理制定该焊丝的焊接工艺提供参考。

1 研究材料和计算参数设定

W110 是一种应用于有色辊、支撑辊、开坯辊等 修复堆焊的药芯埋弧焊丝,熔敷金属为马氏体不锈 钢,具有耐氧化、耐磨等特点,其成分见表1。

表1 W110(焊剂 260)熔敷金属的化学成分(质量分数,%) Tab.1 Composition of deposited metal of W110 with flux HJ 260 (wt%)

С	Cr	Mn	Мо	Ni	Si
0.3~0.45	12.5~14.5	1.0~1.6	0.5~0.8	0.8~1.5	0.5~1.2

将表1中的成分(C、Cr取下限,其余元素取中间值)输入到JMaPro软件中。金属晶粒的粒度取7。

2 计算结果

2.1 药芯焊丝W110 熔敷金属的性能

经 JMatPro 软件计算,获得 W110 熔敷金属在 平衡态和非平衡态(焊态)的密度、热焓、热膨胀系 数、潜热、液体扩散率、泊松比、剪切模量、比热、摩尔 体积、导热率、电阻率、导电率、热容、杨氏模量等热 物理参数及强度与温度的对应关系。图1是该软件 计算出的平衡态的密度、泊松比、比热和杨氏模量随





温度的变化。

2.2 药芯焊丝 W110 熔敷金属的相图和 CCT 图

由表 1W110 熔敷金属的化学成分,通过 JMatPro 软件可得到其熔敷金属的相图、TTT 图和 CCT 图。

图 2 是 W110 焊丝熔敷金属平衡相图,显示室 温平衡组织为铁素体 +α-Cr 相 +G 相 +M₂₃C₆,奥氏 体转变温度为 692~779 ℃,在 1330~1468 ℃温度区 间存在高温铁素体相,固液相温度区间为 1371~ 1468 ℃。



CCT 图与焊接的联系较为紧密,图 3 为 W110 焊丝熔敷金属的 CCT 图。图 3 中显示,在连续冷却过 程中当冷速大于 100 C/s 时,无碳化物析出;当冷速 在 100 C/s 和 10 C/s 之间时,有 M₂₃C₆ 和 M₇C₃ 析出; 当冷速在 10 C/s 和 1 C/s 之间时,有 M₂₃C₆ 和 M₇C₃ 和 M₂(C,N)析出;当冷速在 1 C/s 和 0.1 C/s 之间时,有 M₂₃C₆、M₇C₃ 和 M₂(C,N)及 M₆C 析出。即随冷却速度 的降低,马氏体中的碳化物数量和种类增加。



(1) 利用 JMatPro 软件可以获得 W110 熔敷金

Hot Working Technology 2010, Vol.39, No.09

Casting · Forging · Welding 金属铸锻焊技术

属从室温到熔化温度下的热物理性能和部分力学性 能、平衡相图和 CCT 图。

(2) W110 焊丝熔敷金属室温平衡组织为铁素
 体 +α-Cr 相 +G 相 +M₂₃C₆₀

(3) W110 熔敷金属的奥氏体转变温度为
692~779℃,在1330~1468℃温度区间存在高温铁
素体相,固液相温度区间为1371~1468℃。

(4) 在连续冷却过程中, 当冷速大于 100 °C/s 时,无碳化物析出;当冷速在 100 °C/s 和 10 °C/s 之 间时,有 $M_{23}C_6$ 和 M_7C_3 析出; 当冷速在 10 °C/s 和 1 °C/s之间时,有 $M_{23}C_6$ 、 M_7C_3 和 $M_2(C,N)$ 析出;当冷 速在 1 °C/s 和 0.1 °C/s 之间时,有 $M_{23}C_6$ 、 M_7C_3 和 $M_2(C,N)$ 及 M_6 C 析出。

参考文献:

- [1] 王久彬,刘庆福,袁福延,等. 高铬白口铸铁的热物理性能[J].
 热加工工艺,1992,(3):25-27.
- [2] 郑丽璇,刘建辉,李宁,等. 1Ni2Ti2Nb 合金的热物理性能的测

定[J]. 金属热处理,2005,3(6):54-56.

- [3] 于帆,张欣欣,何小瓦.材料热物理性能非稳态测量方法综述[J]. 宇航计测技术,2006,26 (4):23-30.
- [4] 刘青,王永宁,石玉平,等. 微机金属相图绘制的实验程序设 计[J]. 青海师范大学学报(自然科学版),2007,(2):56-59.
- [5] 邹庆化. MnCrNiMo 钢新型动态相图 [J]. 热加工工艺, 1997,36(3):54-56,59.
- [6] 李红英,龚美涛,何堃.77B钢奥氏体连续冷却转变曲线 (CCT图)[J]. 热加工工艺,2005,34(4):58-59.
- [7] 李德元,邵成吉,周振丰,等. 奥-贝球铁焊缝金属的连续冷却 转变图及其组织分析[J]. 焊接学报,1998,19(3):159-165.
- [8] 陈炳森. 焊接 CCT 图数据库的数字化化网络化智能化[A].
 第十一次全国焊接会议论文集 (第二册)[C]. 上海, 2005. 385-388.
- [9] 王建国,王贵,刘晓刚,等.表面堆焊层金属 CCT 图及转变组织和性能研究[J]. 兵器材料科学与工程, 1999,22(3):37-40.
- [10] 杜晗婷,陈冰泉,牟军伟,等. 轧辊堆焊温度场的动态有限元 模拟[J]. 电焊机,2007,37(11):44-48.
- [11] 闵永安,刘湘江,毛远建.应用 JMatPro 软件对比研究两种抽 油杆钢的合金化特点 [J]. 上海大学学报 (自然科学版), 2008,14(5):503-508. □

(上接第4页)

此兼顾制管的生产效率,该热输入可作为 X80 管线 钢制管埋弧焊的推荐焊接规范。当热输入为 10~17 kJ/cm 时,其 CGHAZ 可获得优良的韧性水平,可作 为 X80 管线钢钢管现场焊接的推荐焊接规范。当热 输入超过 35 kJ/cm 时,其 CGHAZ 韧性已严重恶化。

(2) 当焊接热输入为 17~35 kJ/cm 时,X80 管 线钢 WCGHAZ 可获得较好的韧性水平,其中热输 入为 20 kJ/cm 时,WCGHAZ 可获得最佳韧性水平。 当热输入小于 17 kJ/cm 和大于 35 kJ/cm 时,X80 管 线钢 WCGHAZ 的韧性水平都有所下降。

(3) X80 管线钢母材的组织主要包括粒状铁素 体和贝氏体铁素体,以及部分多边形铁素体。在焊接 热过程中,管线钢的显微组织发生变化,在低的焊接 热输入下,出现少量板条马氏体,在高的焊接热输入 下,多边形铁素体增多,从而导致韧性降低。中等热 输入条件下形成的针状铁素体,使材料保持较好的 韧性水平。X80 管线钢 WCGHAZ 的组织构成以晶 内针状铁素体为主,含部分多边形铁素体。随着焊接 热输入的变化,当组织中多边形铁素体含量增加时, 韧性水平降低。

参考文献:

- [1] 高珊,郑磊.高强度高韧性 X80 管线钢的研制与应用[J]. 宝
 钢技术,2007,(2):1-4.
- [2] 李为卫,沈磊,韩林生,等. X80 钢级管线钢焊接工艺试验[J]. 热加工工艺,2006,(1):26-27.
- [3] 高青云,王纪等. 西气东输翼宁支线 X80 管线钢焊接工艺[J]. 石油工程建设,2006,(4):52-54.
- [4] Tuma J,Gubelja K N,Sustarsi C B. Fracture toughness of a high-strength low-alloy steel weldment [J]. Materiali in Tehnologije,2006,40(6):263-268.
- [5] Ohya K, Kim J. Microstructures relevant to brittle fracture initiation at the heat-affected zone of weldment of a low carbon steel [J]. Metallurgical and Materials Transactions, 1996, 27A (9):2574-2582.
- [6] Davis C L,King J E. Cleavage initiation in the intercritically reheated coarse-grained heat-affected zone:part . Failure criteria and statistical effects [J]. Metallurgical and Materials Transactions, 1996, 27A(10): 3019-3029.