

基于人工神经网络的钛合金焊接接头机械性能预测

Mechanical Property Prediction of Welding Joint Based on Artificial Neural Network for Titanium Alloy

中科院沈阳自动化研究所
哈尔滨工业大学

王 敏
董志波 魏艳红 高 巍

[摘要] 采用多层前向反馈神经网络模型,对钛合金钨极氩弧焊的焊接接头机械性能进行了模拟和预测。其中,输入参数包括钛合金成分、冷却速度和热处理参数;输出参数包括5个重要的机械性能,即极限抗拉强度、延伸率、断面收缩率、屈服强度和硬度。详细分析了铝和钒这2种元素对机械性能的影响。

关键词: 神经网络模型 焊接接头 机械性能 钛合金

[ABSTRACT] The mechanical properties of gas tungsten arc welding (GTAW) are simulated predicted by multilayer forward neural network model for titanium alloys. The input parameters of the neural network are alloy compositions, cooling rate and heat treatment conditions, and the output parameters of the neural network are five important mechanical properties of the weld metal of titanium alloys, namely ultimate tensile strength, elongation, reduction of area, yield strength and hardness. The effects of aluminum and vanadium on mechanical properties were investigated in detail.

Keywords: Neural network model Welding joint Mechanical property Titanium alloy

人工神经网络作为人工智能的典型代表之一,具有并行处理、非线性映射、自适应学习和鲁棒性等特性,在模式识别、控制优化、智能信息处理以及故障诊断等方面都有广泛的应用。尤其是在焊接应用方面,将人工神经网络、专家系统、焊接数据库、模糊控制和面向对象技术等智能技术结合起来,可以很好地克服单一技术的缺陷,进而实现焊接工艺选择、质量检测、过程控制和性能预测等方面的综合应用,使焊接变得更加智能化。

在国内,张忠典等利用3层BP网络建立了Q235钢点焊力学性能的估测模型^[1];彭金宁等利用BP网络,根据900多份焊接工艺评定报告,针对不同的母材种类、

母材厚度以及焊接位置等建立了手工电弧焊和埋弧焊的焊接电流、电压和线能量等参数的6种焊接规范设计网络模型^[2];黄石生等以GTAW焊焊接厚度为2mm的低碳钢为研究对象,在特定的钨极直径和气体流量条件下,利用神经网络建立了焊接电流、焊接电压及焊接速度与焊缝正面熔宽的关系^[3]。

在国外,Harry Bhadeshia等利用神经网络,对合金钢、不锈钢和镍基合金进行了研究,建立了这些材料及其焊接接头机械性能的神经网络预测模型^[4-5];I. S. Kim等以焊接工艺参数为输入向量,利用神经网络建立了熔池正面熔宽和熔池高度的预测模型^[6];D. S. Nagesh等以焊接速度、焊接热输入和焊接电流为输入参数,利用BP网络建立了焊缝形状的预测模型^[7]。

本课题利用神经网络建立了以母材化学成分、焊后热处理参数等作为输入参数的钛合金焊接接头机械性能神经网络预测模型。模型分别对极限抗拉强度、屈服强度、延伸率和断面收缩率等机械性能指标进行了预测,对焊接工艺的制定具有重要的实际应用价值。

1 BP网络的基本原理

BP网络是一种正向求解、反向传播误差以达到修改各层之间连接权值的多层前馈网络模型。具体说,该网络的算法思想是:对一个输入样本,从输入层经隐含层节点逐层正向计算,得到输出层的输出,然后将它与样本期望值进行比较,若有偏差,则把输出层单元的误差向输入层逆向传播,由此调整连接权与偏置值,从而使网络的输出逼近期望值。一般来说,BP网络包括1个输入层,1个输出层和若干个隐含层。典型3层BP网络的拓扑结构如图1所示。

本课题选择双曲正切函数作为网络隐含层的作用函数,不仅有利于改善收敛速度,而且有利于提高网络的拟合能力。相应的输入层与隐含层之间以及隐含层与输出层之间的关系可以分别用公式(1)、(2)表示:

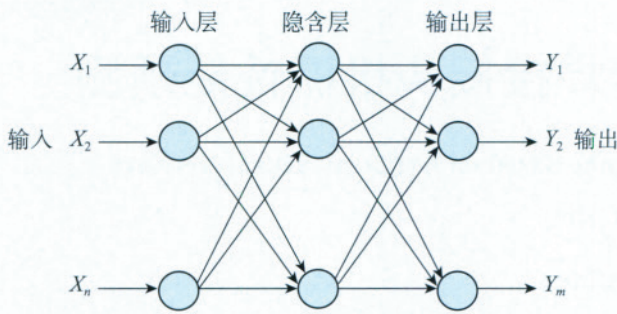


图1 典型3层BP神经网络

Fig.1 A typical three-layered BP neural network

$$h_i = \tanh \left(\sum_j w_{ij} x_j + \theta_j \right), \quad (1)$$

$$y = \sum_i w_i h_i + \theta. \quad (2)$$

式中, x_j 为第 j 个输入参数, h_i 代表第 i 个隐含单元, y 代表输出值, w_{ij} 为输入参数 x_j 与隐含单元 h_i 之间的权值, w_i 为隐含单元 h_i 与输出值 y 之间的权值, θ_j 为输入层与隐含层之间的阈值, θ 为隐含层与输出层之间的阈值。

2 钛合金焊接接头机械性能预测模型

本课题建立的钛合金焊接接头机械性能神经网络预测模型如图2所示。

从图2中可以明显看出,钛合金神经网络模型的输入参数包括合金的化学成分、冷却速度和热处理参数;模型的输出参数包括5个最重要的机械性能,即极限抗拉强度、屈服强度、延伸率、断面收缩率和硬度。

3 预测结果及分析

本课题针对不同的钛合金成分和机械性能指标,分别建立不同的BP神经网络预测模型。下文以钨极氩弧焊的抗拉强度预测模型的输出结果为例,来测试BP神经网络

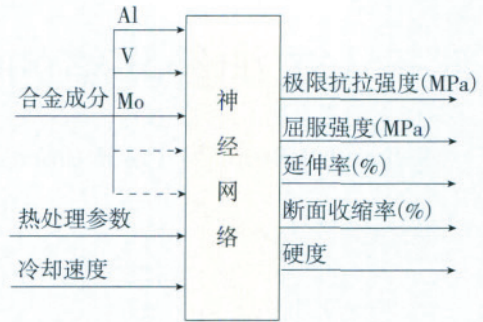


图2 焊接接头机械性能预测的BP神经网络模型结构

Fig.2 BP neural network model structure to predict the mechanical property of welding joint

的预测性能。

图3为几种主要成分的质量分数对抗拉强度影响的模型预测图。

从图3可看出,主要成分质量分数的增加对极限抗拉强度(UTS)的影响趋势可以分为3类:提高UTS;降低UTS;先提高UTS后将降低UTS。其中,铝、锰属于第一

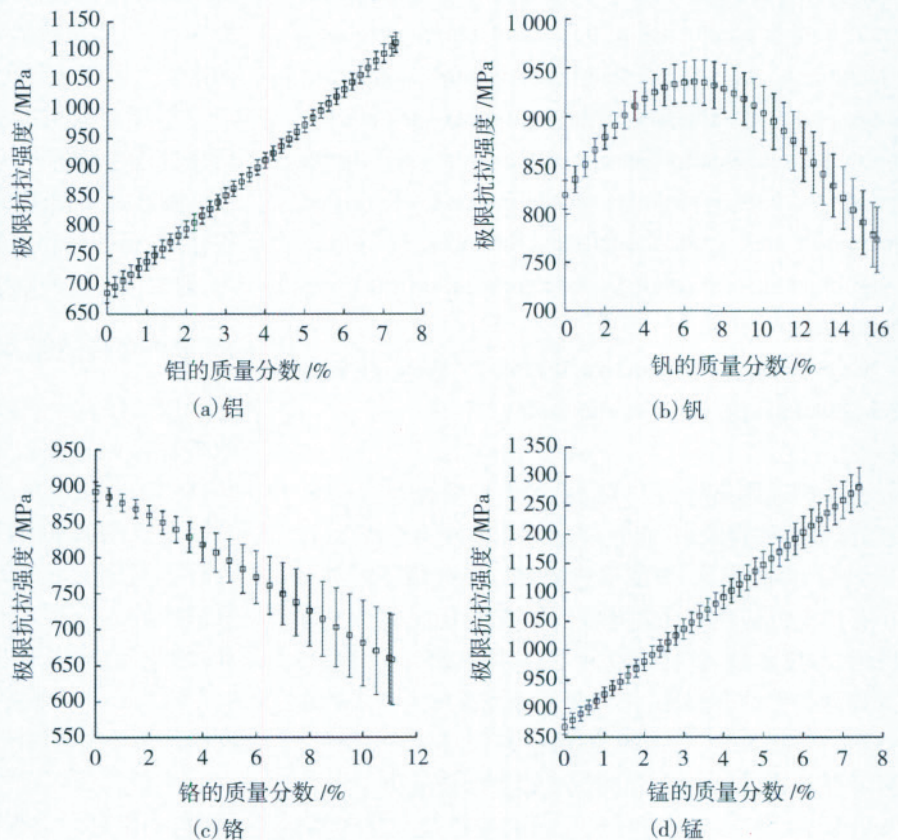


图3 基于神经网络的极限抗拉强度模型预测

Fig.3 Model for predicting the ultimate tensile strength based on neural network

类, 铬属于第二类, 钒属于第三类。当钒含量低于 6.5% 时, 随着钒含量增加, UTS 提高; 当钒含量高于 6.5% 时, UTS 开始下降。

铝和钒是钛合金中的重要元素, 这里着重讨论这 2 种元素对不同钛合金成分的焊接机械性能的影响。表 1 为用于预测的不同类型的钛合金成分(质量分数), 所研究的钛合金包括 55Y. S.、Ti6Al4V、Ti6Al2Sn4Zr2Mo 和 Ti3Al18V6Cr4Mo4Zr, 机械性能主要包括极限抗拉强度、延伸率和断面收缩率。

(1) 铝含量对焊接接头机械性能的影响。

铝含量对钛合金焊接接头机械性能的影响如图 4 所示。

从图 4 预测结果可以看出, 随着铝含量的增加, 极限抗拉强度和屈服强度提高, 延伸率降低。

(2) 钒含量对焊接接头机械性能的影响。

钒含量对钛合金焊接接头机械性能的影响如图 5 所示。

表 1 用于预测的钛合金成分

钛合金	55 Y. S.	Ti6Al4V	Ti6Al2Sn4Zr2Mo	Ti3Al18V6Cr4Mo4Zr
类型	CP	$\alpha + \beta$	α	β
Al/%	0	6.3	6.0	3.4
V/%	0	4.2	0	8.2
Cr/%	0	0	0	5.8
Mo/%	0	0	2.0	4.0
Zr/%	0	0	4.0	3.9
Sn/%	0	0	2.0	0
Fe/%	0.28	0.16	0	0.17
C/%	0.02	0.02	0.02	0.02
O/%	0.192	0.11	0.10	0.090
N/%	0.006	0.010	0.03	0.011
H/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	3.75	4.73	4.46	1.88

从图 5 中可以看出, 随着钒含量的增加, 极限抗拉强度先提高后降低, 而延伸率和断面收缩率则呈下降趋势。

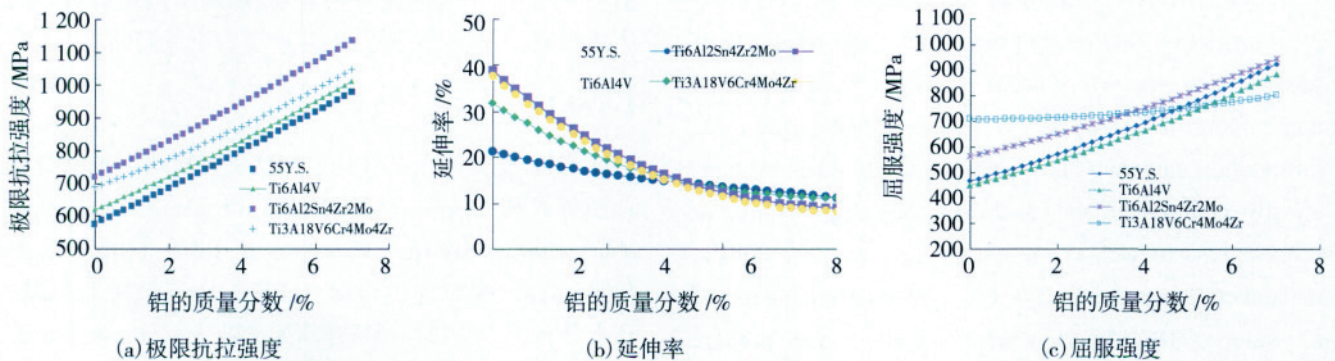


图 4 铝含量对不同钛合金焊接接头机械性能的影响

Fig.4 Effect of aluminum content on mechanical properties of welding joint of different titanium alloys

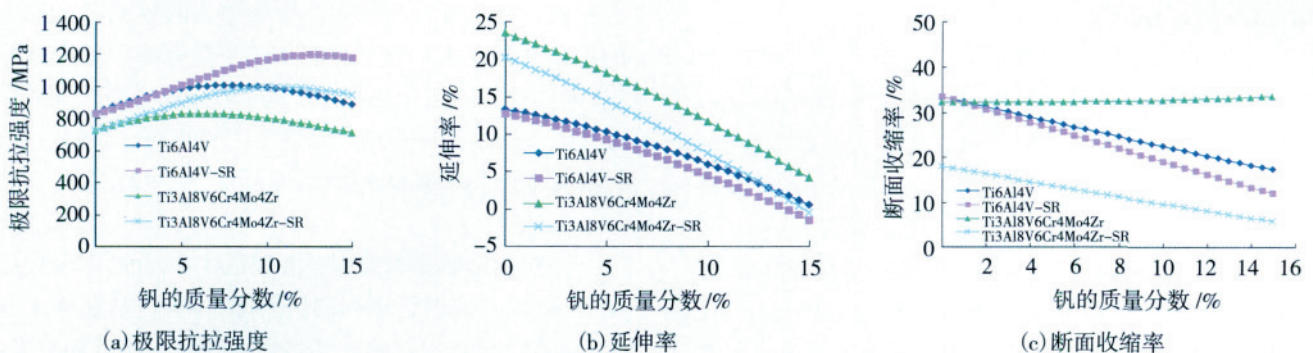


图 5 钒含量对不同钛合金焊接接头机械性能的影响

Fig.5 Effect of vanadium content on mechanical properties of welding joint of different titanium alloys

(下转第 99 页)

较快,而 CD 算法受影响较小。

4 结束语

目前,复杂事件处理在 RFID 中间件平台中的应用尚处于理论研究阶段,与实际的结合还有些问题需要解决,其性能测试也没有统一的标准。目前的 RFID 平台普遍只具有记录读卡信息等基本功能,随着 RFID 应用场合的逐渐增多,以及硬件技术的不断成熟,复杂事件处理技术将会得到深入研究,信息系统也将会更加智能化,从而帮助企业管理者和经营者更加高效、准确地进行商业信息的分析与判断。

参 考 文 献

- [1] 游战清,李苏剑等. 无线射频识别技术 (RFID) 理论与应用. 北京: 电子工业出版社.
- [2] Wang F, Liu S, Liu P, et al. Bridging physical and virtual worlds: complex event processing for RFID data streams. The 10th International Conference on Extending Database Technology (EDBT), Munich, Germany, 2006.
- [3] SHARIQ R. Complex event processing beyond active databases: streams and uncertainties. California: Department of EECS of University of California at Berkeley, 2005.
- [4] Wu E, Diao Y, Rizvi S. High-Performance Complex Event Processing over Streams. SIGMOD, Chicago, America, 2006.
- [5] 臧传真,范玉顺. 基于智能物件的制造企业复杂事件处理研究. 计算机集成制造系统, 2003 (6): 107-109.
- [6] Adaikkalavan R, Chakravarthy S. SnoopIB: Interval-based event specification and detection for active databases. ADBIS, Dresden, German, 2003.
- [7] Hwang J H, Balazinska M, Rasin A, et al. High-availability algorithms for distributed stream processing. ICDE, Tokyo, Japan, 2005.
- [8] Li M, Liu M, Ding L, et al. Event Stream Processing with Out-of-Order Data Arrival. DEPSA of ICDCSW Conference, Toronto, Canada, 2007.
- [9] 杨清,徐建良,高德欣. 基于复杂事件处理技术的 RFID 系统数据分析. 微计算机信息, 2006 (26): 179-181.

(责编 恒之)

(上接第 81 页)

4 结束语

本课题利用 BP 神经网络技术,建立了钛合金焊接接头机械性能预测模型,根据实际焊接过程中测得的样本数据,确定了网络的输入输出向量,并对数据样本进行了归一化处理,保证了输入分量的同等重要。

通过对钛合金的钨极氩弧焊焊接接头机械性能的

预测,研究了钛合金成分对焊接接头机械性能的影响规律以及不同元素对各种钛合金机械性能的影响,并且详细分析了铝和钒这 2 种元素对不同机械性能的影响。

参 考 文 献

- [1] 张忠典,李严,何幸平,等. 人工神经网络法估测点焊接头力学性能. 焊接学报, 1997, 18 (1): 1-5.
- [2] 彭金宁,陈炳森,朱平. 焊接工艺参数的神经网络智能设计. 焊接学报, 1998, 19 (1): 19-24.
- [3] Huang Shisheng, Li Di, Song Yonglun. Welding quality control by neural network. 1994 International Conference of International Institute of Welding, Beijing, 1994.
- [4] Lalam S H, Bhadeshia H K D H, Mackay D J C. Estimation of mechanical properties of ferritic steel welds, Part 1: yield and tensile strength. Science and Technology of Welding and Joining, 2000, 5 (5): 135-147.
- [5] Lalam S H, Bhadeshia H K D H, Mackay D J C. Estimation of mechanical properties of ferritic steel welds, Part 2: elongation and charpy toughness. Science and Technology of Welding and Joining, 2000, 5 (2): 149-161.
- [6] Kim S, Son J S, Park C E, et al. A study on the quality improvement of robotic GMA welding process. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2003, 19 (6): 567-572.
- [7] Nagesh D S, Datta G L. Prediction of weld bead geometry and penetration in shielded metal-arc welding using artificial neural networks. Journal of Materials Processing Technology, 2002, 123 (2): 303-312.

(责编 恒之)

IAE 庆祝上海航空公司

接收首架以 V2500 为动力的飞机

IAE 国际航空发动机公司于近日庆祝上海航空公司接收首架 V2500 为动力的飞机。这架 A321 飞机在德国汉堡的空客总装厂交付,意味着上航接收了其在 2008 年范堡罗航展上订购的 10 架飞机中的第一架飞机。

在大中华区所有在役和订购的 A321 飞机上, V2500 目前拥有超过 70% 的市场份额。在 A321 飞机上, V2500 可以提供最低的油耗,最低的噪声值和最少的排放量。

共有大中华区的 16 家航空公司约 370 架在役或订购的飞机配备 V2500 发动机。IAE 也是中国天津空客 A320 总装厂的主要发动机供应商,将为计划总装的头 10 架飞机中的 9 架作动力。

V2500-A5 共有 7 种不同的推力额定值,它们为空客 A319、A320 和 A321 飞机系列和 A319 公务机提供动力装置。全球在役或确认订购的 V2500 发动机超过 5 500 台,拥有 180 多家用户。(本刊记者 凌川)