

基于神经网络建立液态挤压成形管、棒材工艺参数知识库

齐乐华 侯俊杰 杨方 李贺军
(西北工业大学机械系, 西安, 710072)

ESTABLISHING THE KNOWLEDGE BASE OF PARAMETERS FOR SHAPING TUBE AND BAR PRODUCTS ON THE NEURAL-NETWORK

Qi Lehua, Hou Junjie, Yang Fang, Li Hejun

(Department of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072)

摘要 采用人工神经网络方法, 将 81 组实验数据用于神经网络的建模及检测, 建立了液态挤压成形管、棒材工艺参数知识库, 可以对该工艺的关键参数进行较为准确的预测, 从而为推动该金属成形新工艺的实际应用奠定了基础。

关键词 神经网络 液态挤压 知识库

中图分类号 TP18, V261

Abstract The liquid extrusion process, which is developed by incorporating the strong points of liquid metal forging and hot extrusion process, is a kind of new metal forming technology for shaping nonferrous metal tube and bar products in recent years. Because the process is concerned with a series of complex problems in metallurgy, heat transfer, solidification and plastic deformation, establishing its exact mathematic model is very difficult. The process parameters are only selected by experience, which makes the quality control of products uneasy. For solving the problem, an artificial neural network has been applied to the process in this paper. The knowledge base for shaping tube and bar products has been established and verified by 81 series of experimental data. By this research, the key process parameters of liquid extrusion, including deforming pressure and delay period, can be accurately predicted, and an important foundation has been laid for advancing the new forming process utilized in practice.

Key words neural networks, liquid extruding, knowledge bases

有色金属管、棒材是航空、航天及其它领域大量使用的结构材料。液态挤压成形有色金属管、棒材, 是在液态模锻研究的基础上, 结合热挤压变形的特点于近年来开发出的一种金属成形新工艺。其显著特点是在保证液态金属在压力下结晶的前提下, 对其进行塑性变形, 无需中间工序, 便可由液态一次成形出管、棒材类制品, 同时可对材料进行双重强化^[1]。在成形过程中, 液态金属要发生压力下流动-凝固过程, 准固态金属要经受大塑性变形, 因而, 选取合适的工艺参数, 保证变形速度与凝固速度的协调, 是保证管、棒材成形质量的关键^[2]。但因该工艺牵涉冶金、热传导、塑性变形等一系列复杂过程, 难以建立确切的数学模型, 同时, 由于各种干扰的存在, 工艺参数选取稍有不当, 就会导致成形过程中断, 或是得不到合格制品。目前, 工艺参数的选取依然是凭经验数据, 使该工艺的应用受到很大限制。因而, 建立

工艺参数知识库, 保证成形过程稳定进行是十分重要的。

人工神经网络作为一门新兴边缘学科, 已成功地用于模式识别、数据存储、材料设计和优化控制等多个方面, 并逐渐成为解决一些工程实际问题的基本工具之一^[3,4]。传统专家系统的知识获取是依靠人工移植, 把有关领域的专家知识以规则的形式存入计算机中, 但因这些知识很难以一定的规则来描述, 且知识的获取是间接的, 常会因系统知识库的不良结构造成知识组合爆炸, 而基于神经网络的知识获取方法可实现知识的自动获取, 分布式地存储在神经网络中, 便于知识库的组织和管理^[5]。本文利用神经网络的数据处理与分类特性、非线性逼近特性和自学习、自适应特性, 建立了液态挤压成形管、棒材工艺参数知识库, 能较为准确地预测液态挤压变形力和加压前停留时间, 实现对成形质量的优化控制。

1 神经网络模型

选用 3 层误差反向传播神经网络作为知识获取的网络模型(图 1)。每一个节点代表一个神经元, 每一层神经元只影响下一层神经元的状态。采用 BP 学习算法实现知识获取, 此算法的学习过程由正向传播和反向传播所组成。网络运行时, 对输入信息通过加权经激励函数输出至下一层神经元, 逐层传至输出层, 此为前向计算。若输出层得不到期望输出, 则反向传播, 将误差信号沿原路返回。用梯度法调整各层神经元的权值, 直至达到最优解。前向计算时, 第 i 个神经元的输出为

$$O_i = f_i(X_i) \tag{1}$$

$$X_i = \sum_k X_{i,k} O_k - H \tag{2}$$

式中: $X_{i,k}$ 为该神经元与前一层第 k 个神经元的连结权值; O_k 为第 k 个神经元的输出; H 为该层第 i 个节点的阈值; $f(\cdot)$ 为激励函数, 本文取为

$$f_i(X_i) = \frac{1}{1 + e^{-X_i}} \tag{3}$$

训练网络的目标函数定义为

$$E = \frac{\sum_{p=1}^M \sum_{j=1}^Q (d_j^p - O_j^p)^2}{MQ} \tag{4}$$

式中: M 为训练样本数; Q 为神经网络的输出节点数; d_j 为期望输出。

通过调整学习参数 X_k 和 H , 使 E 趋于极小。

$$\Delta X_{i,k}(t) = -G \frac{\partial E(t-1)}{\partial X_{i,k}(t-1)} + A \Delta X_{i,k}(t-1) \tag{5}$$

式中: $\Delta X_{i,k}(t) = X_{i,k}(t) - X_{i,k}(t-1)$; $G \in (0, 1)$ 为学习率; $A \in (0, 1)$ 为惯性项系数。

2 工艺参数知识库的建立

选用 ZL108 合金为实验材料, 在 315T 液压机上进行管、棒材成形实验, 采集 81 组数据构成样本集。

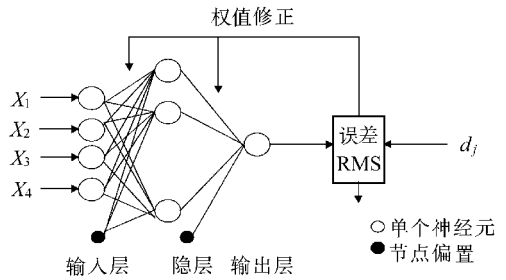


图 1 神经网络模型

液态挤压工艺参数中的变形力和加压前停留时间,对成形质量影响很大,其影响因素也颇多。为了提高知识库的预测精度,将其分为两个部分,即采用两个BP网络:BPF和BPT,分别对变形力和加压前停留时间两个系统进行模拟。考虑到系统受多种因素的影响,变形力的表达式为

$$F = f(T_1, T_2, v, t, K) \quad (6)$$

加压前停留时间的表达式为

$$t = f(T_1, T_2, F, v, K) \quad (7)$$

式中: F 为液态挤压变形力; t 为加压前停留时间; T_1 为液态金属浇注温度; T_2 为模具预热温度; v 为变形速度; K 为与材料有关的参数。

其知识获取过程描述如下:

(1) 构造训练样本集 考虑到神经网络具有按相似输入产生相似输出的联想推理功能和增强网络的推广能力,选择包括成形工艺参数上、下限及考虑干扰因素的60组实验数据作为训练样本集。其向量形式为

$$\text{样本} = (X^{(n)}, Y^{(n)}) \quad n = 1, 2, \dots, 60 \quad (8)$$

(2) 初始化神经网络 输入层包含4个神经元,分别表示4个工艺参数: T_1 , T_2 , v , t 或 F ; 输出层为一个神经元,代表变形力 F 或停留时间 t ; 隐层神经元数根据需要任意选取,为达到全局优化,在对网络结构参数进行大量探讨的基础上,取作6和8;网络权值在(-0.5, 0.5)之间随机初始化。

(3) 用BP算法分别训练BPF网络和BPT网络,直至满足所求精度0.003为止。

(4) 输入测试样本集,检测网络的可靠性。

3 算例

采用C语言编制相应的知识库软件,以加压前停留时间BPT网络为例说明工艺参数知识库的建立。学习后的BPT网络知识参数见表1,预测结果见表2。可以看出,其最大误差为5.282%,其余均小于2.82%,亦即停留时间预测误差除一个为2.2s外,其余都在0.002~1.1s之间,完全可以满足实际需要。说明采用神经网络方法建立的知识库,能较为准确地预测液态挤压关键工艺参数,从而实现对成形质量的稳定控制。根据预测值进行实验,效果良好。

表1 BPT网络知识参数

单元号		1	2	3	4	5	6	7	8
输入层节点	1	- 2.1602	- 1.1319	- 1.8784	- 0.9706	2.4861	- 0.9845	- 1.9701	- 0.8901
	2	- 2.7428	- 0.6015	- 1.4267	- 0.1922	2.9202	- 0.3594	- 1.5020	- 0.1828
	3	- 2.3906	- 1.6529	- 1.5448	- 1.5389	2.3895	- 1.4799	- 1.4734	- 1.3048
	4	- 10.284	- 2.9289	- 6.3391	- 1.4300	11.3105	- 0.2629	- 6.6250	- 0.0521
	阈值	- 6.6887	- 1.1985	- 3.4878	0.3756	10.9020	1.2414	- 3.5749	1.6363
输出	1	- 5.5119	- 2.6902	- 4.1514	- 1.7670	5.3155	- 0.9224	- 4.2791	- 0.6936
	阈值	- 0.9118							

注:网络参数 $G=0.4$; $A=0.8$; 偏置-1。

表2 BPT网络预测结果

	$T_1/^\circ\text{C}$	$T_2/^\circ\text{C}$	$v/\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$	F/MPa	t/s		
					实际值	预测值	相对误差
管	705	270	5	86	37.5	36.44418	0.028155
	705	260	3	94	37.5	36.91459	0.015611
	695	250	5	94	37.5	36.90998	0.015734
材	715	250	3	98	42.5	42.49665	0.000079
	695	260	5	98	42.5	42.50247	0.000058
	705	230	3	110	47.5	48.52978	0.021680
棒	705	270	4	90	37.5	36.60407	0.023891
	705	230	5	98	37.5	37.49111	0.000237
	705	250	4	98	42.5	42.49472	0.000124
材	695	250	3	102	42.5	44.74435	0.052820
	715	250	3	102	47.5	48.07526	0.012111
	705	230	4	106	47.5	48.37124	0.018342

4 结论

(1) 采用人工神经网络方法建立了液态挤压成形管、棒材知识库, 可以对该工艺的关键参数进行预测。就停留时间而言, 其预测值与实际值相比, 除一个误差为 2.2s 外, 其余均小于 1.1s, 预测结果令人满意。

(2) 该知识库的建立, 不仅为液态挤压工艺的优化控制奠定了基础, 同时对其实际应用也具有指导意义。

参 考 文 献

- 1 Qi Lehua. The influence of liquid extrusion on the microstructure and properties of an Al-Si alloy. *Materials and Manufacturing Processes*, 1998, 13(3): 405~413
- 2 齐乐华, 李贺军, 罗守靖, 等. 液态挤压下 ZA27 合金的性能与组织特征. *有色金属*, 1997, 49(1): 90~94
- 3 Carpenter W C, Hoffman M E. Selecting the architecture of a class of back-propagation neural network used as approximators. *Artificial Intelligence for Engineering Design*, 1997, (11): 33~44
- 4 Narayanan V. Systems for the prediction of process parameters. *J of Mater Process Tech*, 1995, 54: 64~69
- 5 王伟. 神经网络原理. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995. 215~220