

研究报导

中密度纤维板热压时间的模糊控制

曾钦志

(福建农林大学林产工业系, 福建南平 353001)

摘要: 基于模糊控制理论, 论述了中密度纤维板热压时间模糊控制模型的建立及其算法。叙述了 Mamdani 推理合成算法, 并离线编程建立了热压时间模糊控制查询表, 将模糊规则的推理合成运算简化为直接查模糊控制查询表来实现。

关键词: 中密度纤维板; 热压时间; 模糊控制; 查表法

中图分类号: TS653 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2001)04-0015-04

Fuzzy Control of Hot-pressing Time for Medium Density Fiberboard

ZENG Qin-zhi

(Department of Forest Products Industry, Fujian Agricultural and Forestry University, Nanping 353001, Fujian)

Abstract: Based on fuzzy control theory, this paper deals with the modeling and the arithmetic to establish the fuzzy controller of hot-pressing time for medium density fiberboard (MDF). Analyzed the arithmetic of the Mamdani theorization and synthesizing, the querying table of the fuzzy controller is established by programming offline, to simplify the arithmetic of the theorization and synthesizing to inquire the querying table directly.

Key words: MDF; Hot-pressing time; Fuzzy control; Method of querying table

在中密度纤维板的热压过程中, 在热和压力的联合作用下, 板坯水分汽化、蒸发、密度增加、胶粘剂和防水剂重新分布、胶粘剂固化, 原料中的各组分发生一系列物理化学变化, 使纤维间形成各种结合力。完成这一复杂过程需合适的时间, 但压板温度、板坯密度等会因诸多因素的变化而发生变化, 须调整热压时间以获得较好的板材质量^[1]。国产装备多为由继电器等硬件实现的传统控制, 或简单的微机控制和手动控制。简单的微机控制和传统控制方式均为按事先设定值控制热压过程, 过程中不调整参数; 手动控制则由操作人员通过观察过程参数进行调整, 常因操作人员的经验不同, 造成产品质量不稳定。因此, 总结手工操作的经验, 结合工艺理论, 用模糊控制理论建立模糊控制模型, 提高控制智能化程度, 对于提高产品质量具有重要意义^[2]。

1 模糊控制模型的基本结构

在热压过程中, 实时调整热压时间需考虑压板温度、加热方式、热压压力、原料树种的配比、板坯厚度、密度、板坯含水率、胶粘剂种类及质量等因素。在确定热压时间长短的诸多因素中, 热压温度和板坯厚度的影响较为突出, 板坯含水率也是一重要因素, 本试验中, 板坯含水率已得到稳定控制, 故未予以考虑。由于板坯厚度难以直接测量, 可由闭合升压时的最大压力和升压速度推算出。因此热压时间模糊控制模型结构是由两个控制器组成, 每个模糊控制器都是一个双输入、单输出的模糊结构, 其结构如图1所示。本文将模糊控制器Ⅰ为例说明模型的建立及其算法。

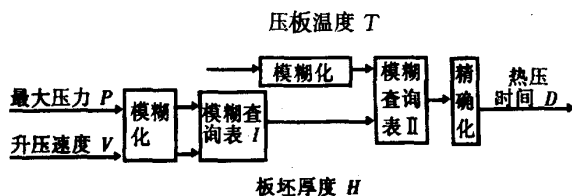


图1 热压时间模糊控制模型结构

Fig. 1 Fuzzy controller structure of hot-pressing time

收稿日期: 2000-08-11

第一作者: 曾钦志(1969-), 男, 福建农林大学林产工业系讲师。

2 模糊控制模型的建立

2.1 输入输出量模糊化

输入变量 压板温度偏差 ΔT (前 2/3 热压周期平均压板温度与设定温度之间的差值)、板坯厚度偏差 ΔH 。压板温度偏差的基本论域取为 $\Delta T = -20 \sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$,按式(1)转换为整数论域 $(-4,4)$,取模糊变量 $\tilde{T} = \{ PB, PS, O, NS, NB \}$,其模糊子集 PB, PS, O, NS, NB 分别表示正大、正小、零、负小、负大。取板坯厚度偏差的模糊变量 $\tilde{H} = \{ PB, PS, O, NS, NB \}$,对应于整数论域元素 $N = (-4,4)$,板坯厚度偏差为输出变量,作为模糊控制器 I 的输入变量,经控制器 I 得到的板坯厚度是一个模糊集合,不需精确化。

输出控制量 热压时间偏差 ΔD (在设定的热压时间上增加或减小的时间)的基本论域为 $\Delta D = -60 \sim 60\text{ s}$,取整数论域为 $(-6,6)$,模糊变量 $\tilde{D} = \{ PB, PM, PS, O, NS, NM, NB \}$,其模糊子集 $PB, PM, PS, O, NS, NM, NB$ 分别表示正大、正中、正小、零、负小、负中、负大。输入/输出量的隶属函数如图 2 所示。

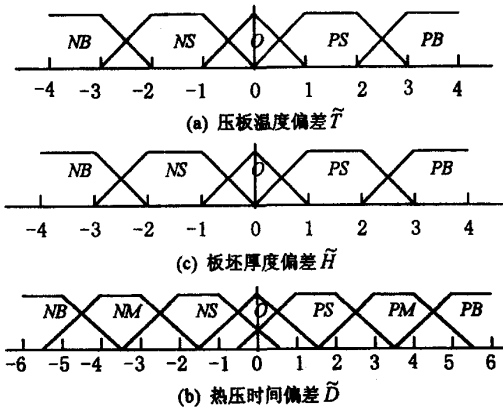


图 2 模糊变量的隶属函数

Fig. 2 Subordination function of the fuzzy variable

$$b = \frac{2n}{X_H - X_L} (a - \frac{X_H + X_L}{2}) \dots\dots\dots (1)$$

式中: b —整数论域的元素;
 n —整数论域元素的最大整数;
 a —实际物理量值;
 X_H, X_L —实际物理量基本论域的上、下界值。

2.2 模糊控制规则

模糊控制规则的形成是根据实际生产工艺参数,结合专家、操作者的经验和生产工艺理论等,采用综合分析方法得到,对应于所有可能输入情况的输出,各个对应关系分别以条件语句的形式或表规则形式表达出来。一般情况以条件语句表达,其一般形式写

成(双输入单输出):

if A_i and B_j then C_{ij}

式中: A_i 表示第 1 个输入量的模糊语言; B_j 表示第 2 个输入量的模糊语言; C_{ij} 为对应于 A_i 和 B_j 的输出量的模糊语言。

模糊控制器 I 的模糊规则,即为根据压板温度偏差和板坯厚度偏差推理出热压时间偏差的规则,经整理数据得到模糊规则表见表 1。

表 1 模糊控制器 I 的模糊规则

Tab. 1 Fuzzy rule of the fuzzy controller I

$\Delta T \backslash \Delta D$	ΔH				
	NB	NS	O	PS	PB
NB	O	PS	PM	PB	PB
NS	NS	O	PS	PM	PB
O	NM	NS	O	PS	PM
PS	NB	NM	NS	O	PS
PB	NB	NB	NM	NS	O

2.3 模糊推理算法

要执行模糊推理,须在数字计算机中以一定算法实现。算法的目的是从输入连续精确量中,通过模糊推理算法过程,求出相应的精确控制量。模糊算法有多种实现形式,目前应用最广泛的是 Mamdani 法,较适合于实时控制。其算法如下^[3]:

控制规则条件语句可写成一般形式: if $\Delta T = A_i$ and $\Delta H = B_j$ then $\Delta D = C_{ij}$

式中: $i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$

ΔT —压板温度偏差;

A_i —压板温度偏差的语言变量值;

ΔH —板坯厚度偏差;

B_j —板坯厚度偏差的语言变量值;

ΔD —控制输出量;

C_{ij} —对应于 A_i, B_j 的输出量的语言变量值。

根据 Mamdani 推理法,上式可用一个从 $\Delta T \times \Delta H \rightarrow \Delta D$ 的模糊关系 R 来描述,即

$$R = \bigcup_{ij} A_i \times B_j \times C_{ij} \dots\dots\dots (2)$$

运算符“ $\times$ ”表示对模糊量求内积和,故可用下式表示模糊关系 R :

$$\mu_R(a, b, c) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} \mu_{A_i}(a) \wedge \mu_{B_j}(b) \wedge \mu_{C_{ij}}(c)$$

对特定输入精确量 a^*, b^* , 则有输出:

$$\Delta D = (A \times B) \circ R \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{或 } \mu_{C_{ij}}(c) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} \mu_{A_i}(a) \wedge \mu_{B_j}(b) \wedge \mu_R(a, b, c)$$

将上述推理合成算法用于控制系统时,要把压板温度偏差和板坯厚度偏差转换为模糊集,经式(2)、(3)计算出的结果也是模糊集,为输出量对应的模糊

集,必须经过模糊判决将其精确化后才得出精确控制量 Δd 。

从上述理论可知,每当有一对输入信号(a^* 、 b^*)输入,则必须用式(3)去计算一次,而模糊关系 R 是一个矩阵,故而每次都要 R 执行繁琐的推理合成运算,而实时控制要求实时性好,不允许过长的运算时间,所以在实际控制中是不可行的。采用查表法可克服繁琐的实时运算,这种方法是事先离线在微机系统上进行繁琐的推理合成运算,生成模糊控制查询表,并存放在数据表中,使模糊规则的推理合成运算简化为直接查模糊控制查询表来实现,因此具有结构简单、响应速度快等特点。

2.4 建立模糊控制查询表

2.4.1 模糊推理合成模糊关系 根据前述模糊控制规则表可知,共有 25 条模糊条件语句,每条语句(Fuzzy 语句)决定一个 Fuzzy 关系,即

$$\begin{aligned} \tilde{R}_1 &= [(NB)\tilde{T} \times (NB)\tilde{H}]^T \times (O)\tilde{D} \\ &\vdots \\ \tilde{R}_{25} &= [(PB)\tilde{T} \times (PB)\tilde{H}]^T \times (O)\tilde{D} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4)$$

通过对 25 个 Fuzzy 关系求“并”运算而得到总的模糊关系:

$$\tilde{R} = \bigcup_{i=1}^{25} \tilde{R}_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

2.4.2 建立查询表 已知压板温度偏差 t_i 为论域 $T = \{-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4\}$ 中的元素 T_i ;板坯厚度偏差 h_j 为论域 $H = \{-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4\}$ 中的元素 H_j ;则可根据系统模糊关系 $\tilde{R}$,应用推理合成法计算出相应控制量的模糊集合 $\tilde{D}_{ij}$,再对其进行模糊判决,可得论域 $D = \{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ 上的元素 D_{ij} 。对于论域 T 、 H 为全部元素的所有组合计算出相应的控制量 $\tilde{D}_{ij}$,由这些控制量构成一 9×9 的矩阵,写成表格形式即为模糊控制查询表。控制查询表通过离线计算得到,具体步骤如下:

(1)将输入量对应为相应论域的分档数,将该量看作是模糊集合的特例,将该元素的隶属度定为 1,其他元素定为 0。实际上,对于任意确定热压温度偏差 t^* ,经过量化之后,必定为对应论域中的某个元素,并可能为下列任一模糊量 $T_i(i=0,1,2,\dots,8)$,

$$\begin{aligned} T_0 &= 1/(-4) + 0/(-3) + \dots + 0/0 + \dots + 0/3 + 0/4 \\ T_1 &= 0/(-4) + 1/(-3) + \dots + 0/0 + \dots + 0/3 + 0/4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\dots\dots\dots \\ T_7 &= 0/(-4) + 0/(-3) + \dots + 0/0 + \dots + 1/3 + 0/4 \\ T_8 &= 0/(-4) + 0/(-3) + \dots + 0/0 + \dots + 0/3 + 1/4 \end{aligned}$$

板坯厚度偏差 h^* 对应的模糊量 $H_j(j=0,1,2,\dots,8)$ 的形式与上面的形式相同。

(2)把 T 、 H 论域中所有输入情况——对应组合,通过模糊关系,求出所有组合对应的输出控制量 $\tilde{D}_H$,即

$$\begin{aligned} \tilde{D}_{-4,-4} &= [(\tilde{T})_{-4} \times (\tilde{H})_{-4}]^T \circ \tilde{R} \\ \tilde{D}_{-4,-3} &= [(\tilde{T})_{-4} \times (\tilde{H})_{-3}]^T \circ \tilde{R} \dots\dots\dots (6) \\ &\vdots \\ \tilde{D}_{4,4} &= [(\tilde{T})_4 \times (\tilde{H})_4]^T \circ \tilde{R} \end{aligned}$$

(3)采用加权平均法对输出模糊集合进行模糊判决,即

$$d = \frac{\sum_{i=0}^n d_i \mu_D^2(d_i)}{\sum \mu_D^2(d_i)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中 $\mu_D(D_i)$ 是输出模糊子集中元素 D_i 的隶属度。

根据上述计算方法,采用 Turbo C 编制查询表计算程序,计算得出的模糊控制器 I 查询表见表 2。

表 2 模糊控制器 I 的查询表

Tab. 2 Querying table of the fuzzy controller I

T	H								
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
-4	0	1	2	3	4	5	6	6	6
-3	-1	0	1	2	3	4	5	6	6
-2	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
-1	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
0	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
1	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3
2	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
3	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1
4	-6	-6	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0

3 输出量反模糊化

编程前完成模糊推理合成运算,形成了模糊控制查询表并存入数据库中。系统运行时,只需将各输入变量按式(1)转换为相应的分档值(整数论域的元素),简单地查询数据库获得对应输入变量的输出量分档(整数论域的元素),按式(8)量化为实际输出量,然后根据式(8)计算出的实际输出量修改各有关参数即可。

$$a = b \frac{X_H - X_L}{2n} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中: a —实际物理量值,即实际输出值;

b —输出量整数论域的元素(查表得到的值);

n —整数论域元素的最大整数;

X_H, X_L —实际物理量基本论域的上、下界值。

本系统是一周期性过程控制,每个热压周期完成2/3时间时进行一次模糊推理,获得热压时间的延长或缩短。

4 结束语

本试验建立的中纤板热压时间模糊控制器已在 中纤板热压机微机控制系统中应用,取得较好效果,

(上接第11页)

度的降低,这对增加复合材料的弹性、提高复合材料的可弯曲性能是有利的^[4]。

3 结论

1)木纤维能和顺丁烯二酸酐和丁二酸酐进行酯化反应,从而降低木纤维的表面极性,化学改性后的木纤维能与合成纤维进行良好的复合。

2)改性胶粘剂B对表面极性不同的木纤维和合成纤维都有良好的附着作用,可有效地改善木纤维与合成纤维的复合能力。

产品质量稳定。但因工艺数据不足,只较粗放地实现了热压时间的模糊控制,对一些参数如含水率未予考虑。实际应用中应是一多输入、单输出的模糊控制器,因此,有待进一步研究和完善。

参考文献:

- [1] 徐咏兰,中密度纤维板制造[M]. 北京:中国林业出版社,1995.
- [2] 景林,等. 纤维板热压机模糊控制模型的研究[J]. 福建林学院学报,1998,18(4):287~290.
- [3] 余永权,等. 单片机模糊逻辑控制[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1995.

参考文献:

- [1] KAJITA Hiromu. Recent Trends of Wood-based Composite Panels [J]. Wood Preservation, 1998,24(6): 2.
- [2] Banks W B. Fibre Activation and Subsequent Co-polymerisation [J]. Holzforschung, 1995, 49(2): 104~108.
- [3] Matsuda H. Preparation and Utilization of Esterified Woods Bearing Carboxyl Groups [J]. Wood Sci. Technol., 1987, 21:75~88.
- [4] 李阜东,等. 木/塑纤维复合材料力学性能平衡性初探[J]. 木材工业,1998,12(3):19~24.

邮购服务

- ◆《人造板生产质量管理与检验》 陆肖宝主编。系统介绍了人造板生产的工艺及工序控制点;标准与标准化;抽样检验;质量管理及质量保证体系;有关的人造板国家标准及质量控制的常用方法。16开207页,邮购价:25元
- ◆《制材生产技术》 孙友富主编。系统阐述了制材理论,生产工艺过程,设备使用与维修,车间流水线设计等技术问题,及木材运输与保护,锯材深加工,制材剩余物利用,锯条修整,相关国家标准及检验等。16开272页,邮购价:30元
- ◆《胶合板生产技术》 朱典想主编。系统介绍了胶合板制造理论,生产工艺、设备使用及维修,及特种胶合板的生产。16开286页,邮购价:33元
- ◆《中国红木》 2000年出版。介绍红木标准及其材质标准的制定、依据及应用,树种名称确定及真假红木识别等,是红木制品生产、经销及消费者必备参考资料。32开106页,邮购价:23元
- ◆《世界商品木材拉丁英文名称》 2000年在原书基础上增补内容后再版,是木材贸易、进口材使用者必备工具书。32开394页,精装,邮购价:60元
- ◆《东南亚热带木材》 第5次印刷,精装,邮购价:220元
- ◆《非洲热带木材》 第5次印刷,精装,邮购价:220元
- ◆《拉丁美洲热带木材》 第5次印刷,精装,邮购价:220元

联系电话:010-62889419 Fax:010-62889416 联系人:王超