

铜板带加工行业 MES 构架及关键技术研究

肖 翀¹,袁喜连²,刘 勇²

(1 中铝洛阳铜业有限公司,河南 洛阳 471003; 2 河南科技大学 电子信息工程学院,河南 洛阳 471003)

摘 要: 为了有效集成铜板带加工企业生产活动与经营活动,弥补企业计划层和生产控制层的数据断层,文中结合铜板带加工行业生产特点与信息化现状,提出了一种适合铜板带加工行业的 MES 构架,并对物料工艺状态建模和车间生产调度这两项关键技术进行研究.MES 优化管理在铜板带生产过程中的应用,对于改善物料的流通性能,节约生产成本,提高企业效益具有重要意义.

关键词: 铜板带;构架;建模;生产调度

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)07-0229-04

Research on Architecture and Key Technology of MES for Copper Sheet and Strip Processing Enterprises

XIAO Chong, YUAN Xi-lian, LIU Yong

(1 Chinalco Luoyang Copper Co., Ltd., Luoyang 471003, China;

2 Electronic Information Engineering College, Henan University of Science & Technology, Luoyang 471003, China)

Abstract: In order to integrate efficiently the production and operation of copper sheet and strip processing enterprises, make up for the data deficiency between planlayer and production controllayer, this paper proposed a MES architecture for copper sheet and strip processing enterprises, investigated two key technology about material process state modeling and job shop scheduling in MES. The application of MES optimal management in copper sheet and strip processing is very important for ameliorating the flowing performance of material, saveing production costs and improving the enterprise's benefit.

Key words: copper sheet and strip; architecture; modeling; production scheduling

1 引言

铜板带加工业是我国国民经济发展不可缺少的重要基础原材料工业之一,其整个加工过程特点是:工艺流程复杂、多品种、小批量、高速度、高质量要求,其中涉及到大量的人力、物力、财力.许多企业虽然拥有底层的控制系统(基础自动化层),并且实施了企业资源计划(ERP)系统,但缺乏对生产过程的宏观管理和集中控制与调度,计划无法与生产密切结合,生产管理人员对于生产现场的变化,很难做出准确的判断和快速的决策,致使生产计划难以得

到合理配置.

为了解决上述问题,文中提出了一种适合铜板带加工行业的制造执行系统(MES)构架,并对其中的关键技术进行介绍.

2 铜板带加工行业 MES 总体构架

MES作为生产活动与管理活动信息沟通的桥梁,在整个企业信息集成系统中起到承上启下的作用,通过工序详细调度、资源分配和状态管理、生产单元分配、过程管理、人力资源管理、维护管理、质量管理、文档控制、产品跟踪和产品清单管理、性能分

析和数据采集等功能模块,可以实现过程控制与生产管理之间的无缝链接,从而对生产过程进行全过程、高度协调的控制和管理^[1].

铜板带加工是离散与连续并存的多阶段混合式生产过程,主要工艺流程为:原料—配料—熔炼—铸造—加热—热轧—铣面—初轧—切边—退火—酸洗—预精轧—退火—精轧—清洗—拉弯矫直—剪切—包装—入库.生产过程工艺流程复杂、产线长、工序多,同时兼有物理和化学变化,既要考虑资源和工序方面的限制,也要考虑温度、能耗以及质量偏差调整等铜板带生产中的特殊问题,任何环节出现故障都会影响到整个生产过程进行细致、实时的执行管理,也无法直接获取和利用过程控制系统中的生产实绩.因此,要实现铜板带加工企业信息化,满足今天复杂多变的竞争需要,就要在 ERP 系统与过程控制系统之间引入 MES 系统,达到双向实时通信的目的.

结合铜板带加工企业生产过程的特点,参照 ARM 的 3 层企业集成和 MESA 的功能模型,对铜板带加工企业的 MES 总体构架进行设计,如图 1 所示.

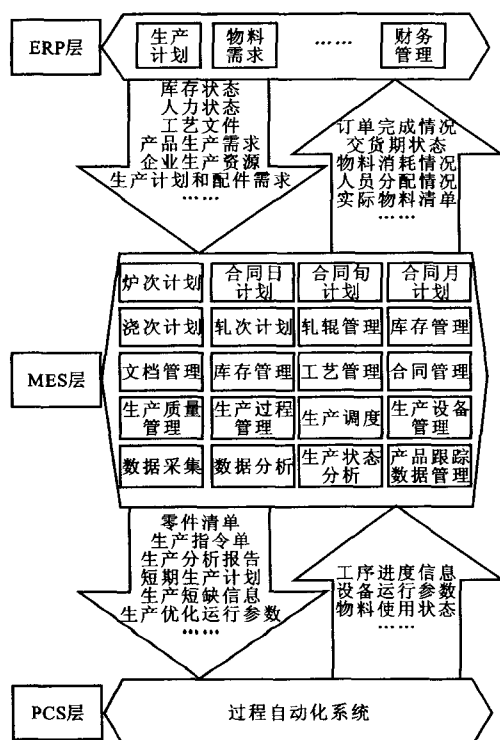


图 1 铜板带加工行业 MES 的总体构架

3 MES 的主要关键技术

在上文提到的 MES 功能中,最能体现 MES 特

征的核心功能是:物料管理和车间生产调度,为了满足车间生产管理的需求,MES 必须很好的解决这两项关键技术,为此文中对物料工艺状态建模和车间生产调度重点研究.

3.1 物料工艺状态建模

由上述铜板带加工行业 MES 的总体构架可知,ERP/MES/PCS 之间信息的传递,主要是物料加工工艺过程的流动信息,通过了解某时刻物料的工艺状态可以清楚地判断出该时刻物料的加工进程,结合物料的加工工艺文件可以确定物料所处的加工位置.因此准确地描述物料的工艺状态信息对企业有效进行生产计划的实时滚动,实现物料的实时跟踪和 ERP/MES/PCS 之间信息的传递具有重要的意义.文中根据铜板带生产加工工艺特点,提出了一种支持实时性的铜板带物料工艺状态建模方法.

3.1.1 物料工艺状态矢量和工艺状态值

物料工艺状态矢量(Material Process State Vector)是用来描述物料加工信息的矢量,记为 $\bar{M}$.

$$\bar{M} = (x_0, x_1, \dots, x_{n-2}, x_{n-1})$$

其中, $x_i (0 \leq i \leq n-1)$ 在十六进制数的前 11 位数字中取值,表示物料的第 i 道工序的加工状态;

$x_i = 0$, 物料第 i 道工序没有加工;

$x_i = 1$, 物料第 i 道工序完成了 10%;

.....

$x_i = A$, 物料完成了第 i 道工序;

n 表示物料的有效加工工序总数.

物料工艺状态值(Material Process State Value)是物料工艺状态矢量确定的值,记为 V :

$$V = x_0 \times 16^0 + x_1 \times 16^1 + \dots + x_{n-2} \times 16^{n-2} + x_{n-1} \times 16^{n-1}$$

3.1.2 物料工艺状态域和物料域工艺状态值

物料工艺状态域完全是物料工艺状态矢量计算管理的结果.将物料工艺状态矢量进行分块处理后的每一块称为物料工艺状态的一个域.按 8 位长度从前至后把物料的状态矢量 $\bar{M}$ 分块为:

$$\bar{M} = [(x_0, x_1, \dots, x_7)(x_8, x_9, \dots, x_{15}) \dots]$$

$$\bar{M} = (\bar{M}_0, \bar{M}_8, \dots)$$

$\bar{M}_0$ 为物料工艺状态 0 域矢量, $\bar{M}_8$ 为物料工艺状态 8 域矢量,依次类推,最后的某个物料工艺状态域矢量可能维数不满 8.

物料域工艺状态值是物料工艺状态域上的物料工艺状态矢量所表示的物料工艺状态值.当物料的第 i 道工序的完成 $k\%$ 时,物料工艺状态值只需更

新对应域上的物料域工艺状态值. 物料域工艺状态值记为 $V(m)$, 其中 m 为物料的域值.

$$V(m) = V(m) + (k/10) \times 16^{n-m}$$

其中, $m = n - \text{mod}(n, 8)$.

铜板带生产是介于连续型和离散型之间的混合型生产方式, 不同类别的生产任务有不同的生产流程和加工设备, 各工序间设有中间在制品放置场, 生产有一定的间断性. 文中以纯铜窄带加工工艺状态的描述为例, 详细介绍铜板带生产的物料工艺状态建模方法.

纯铜窄带加工工艺共有 11 道工序, 如图 2. 在加工过程中有严格的工序顺序约束, 即前一道工序没有在完成之前不能进行下一道工序操作. 根据物料的工艺状态, 可求得物料工艺状态值, 如表 1 所示.

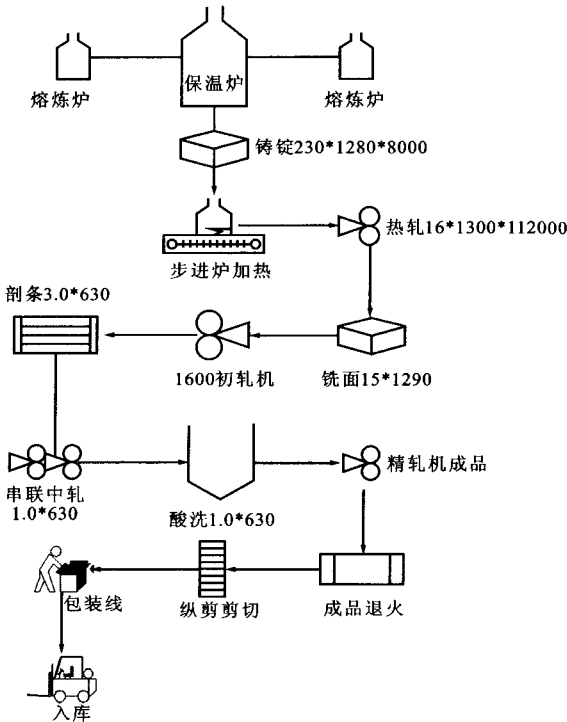


图 2 纯铜窄带工艺流程图

表 1 纯铜窄带加工状态表

物料工艺状态	物料工艺状态描述矢量	物料工艺状态值
未加工	$[(000)_8(00000000)_0]$	$(0)_8(0)_0$
工序 3 加工 60%	$[(000)_8(00006AAA)_0]$	$(0)_8(27, 306)_0$
工序 8 加工 20%	$[(002)_8(AAAAAAAA)_0]$	$(2)_8(2, 863, 311, 530)_0$
完成所有工序	$[(AAA)_8(AAAAAAAA)_0]$	$(2, 730)_8(2, 863, 311, 530)_0$

反之, 根据物料的工艺状态值, 也很容易获得物料的工艺状态.

利用上文提出的铜板带物料工艺状态建模方法可精确地对铜板带物料的工艺状态进行描述, 尤其

是能够精确描述在生产计划滚动或重排中的物料状态.

3.2 车间生产调度

生产调度作为 MES 的一个关键模块, 是体现制造执行系统先进性的技术核心, 它的任务就是“如何安排加工作业顺序并合理地分配目前有限的制造资源, 从而使加工作业在合理的时间内完成”[2].

遗传算法作为一种群体优化算法, 通过变异、重组等操作, 使解集性能不断得到进化, 最终以较快的速度进行搜索, 但其存在早熟和收敛性难以控制的问题. 模拟退火算法在理论上能收敛到全局最优解, 可有效地避免基本遗传算法解决生产调度早熟的问题, 但是存在收敛速度慢、解的质量不稳定等缺陷.

为了克服遗传算法和模拟退火算法各自的缺点, 发挥它们的优势, 文中将模拟退火算法引入到自适应遗传算法的交叉和变异算子中. 不但有效避免了出现早熟的现象、加快了算法的收敛速度, 而且可以提高算法的运行效率, 使算法更加稳定. 文中利用遗传模拟退火算法优化铜板带生产调度的计算流程如下:

- (1) 初始化控制参数: 群体规模 N ; 退火初始温度 T_0 ; 温度衰减因子 K ;
- (2) 随机产生初始种群;
- (3) 计算当前种群的个体适应函数值 $f(x_i)$, $i = 1, 2, \dots, N$;
- (4) 使用适应度比例方法和最佳个体保留方法相结合的选择策略进行选择操作;
- (5) 随机选取两个个体 x_i 和 x_j 进行自适应交叉操作, 产生两个新个体 x'_i 和 x'_j , 并计算它们的适应函数值 $f(x'_i)$ 和 $f(x'_j)$, 若 $f(x'_i) > f(x'_j)$, 以 x' 代替 x_i , 否则若 $\min\{1, \exp(-(f(x'_i) - f(x_i))/T_k)\} > \text{random}$, 以 x' 代替 x_i , 然后以同样的方式接受 x'_j . 其中 random 是 $[0, 1]$ 之间的随机数;

(6) 对交叉后的个体进行自适应变异操作, 按 5 中的方法决定是否接受变异后的解;

(7) 判断终止条件, 判断当前状态是否满足收敛条件, 如果满足条件, 则转(8), 否则 $T_{k+1} = kT_k$, $t = t + 1$ 转(3);

(8) 计算结束, 输出最优结果.

算法流程如图 3 所示.

以某铜板带加工企业车间数据对遗传模拟退火算法的性能进行验证. 假如有 20 个生产任务待加工, 加工设备中含有的并行机的为: 两台初轧机、三

台高精度铜带精轧机、两台酸碱洗机列、四台可控气氛连续式热处理炉机列、四台高精度精整包装机列、两台清洗机列、两台轧辊磨床,其余都是一套设备。

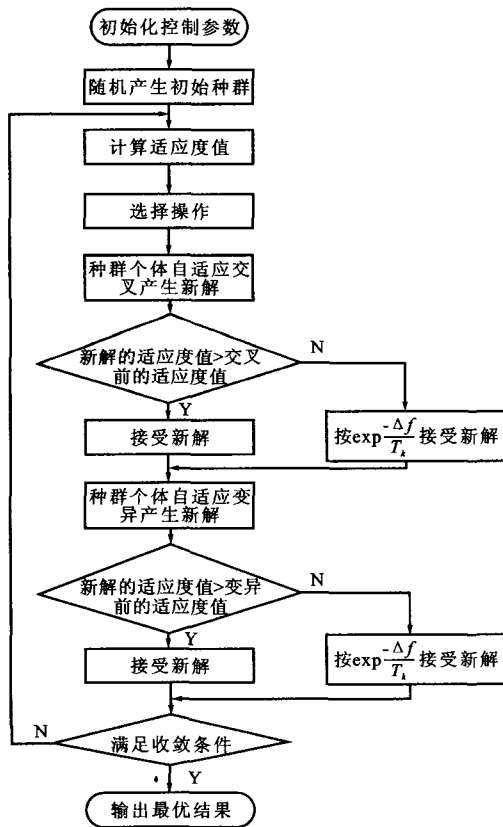


图3 模拟退火混合遗传算法流程

按照上述方法进行仿真实验,基于该算法的生产调度与手动调度的对比结果如表2所示。可以看出,相对于遗传算法和模拟退火算法,遗传模拟退火算法优化之后效果是显著的。

表2 纯铜窄带加工状态表

指标	遗传算法	模拟退火算法	遗传模拟退火算法
最优指标	44.67	48.75	31.34
平均指标	45.72	50.43	33.68
最差指标	47.86	52.64	35.63

4 结束语

文中针对铜板带生产过程特点,提出了一种适合铜板带加工行业的MES构架^[3],并对物料工艺状态建模和车间生产调度这两项关键技术进行重点研究。文中提出的支持实时性的铜板带物料工艺状态建模和遗传模拟退火算法优化铜板带车间生产调度^[4]的方法,可有效平衡各工序的产能,使前后工序同步化,物流运行准时化,从而实现精益化生产。随着现场数据采集技术的提高和可视化现场工作环境的出现,需要建立一个可以实现对物料加工工艺状态连续性描述的物料工艺状态模型,另外,智能优化算法控制参数的选取往往依赖于经验和大量的实验结论,如何选择最优的参数也需要创建理论性的指导。因此如何解决铜板带生产中上述两个问题将是下一步研究工作的重点。

参考文献:

- [1] Pel Ernst. Enterprise resource planning (ERP) and manufacturing execution systems(MES) ERP - und MES - Systeme[J]. ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 2008,103(4):271 - 275.
- [2] Huang Jiayen, Yao Mingjiong. A genetic algorithm for solving the economic lot scheduling problem in flow shops [J]. International Journal of Production Research, 2008, 46(14):3737 - 3761.
- [3] 闫欢,张宜生,李德群. 规则引擎在制造企业 MES 中的研究与应用[J]. 计算机工程,2007,33(7):210 - 212.
- [4] 刘爱珍,王嘉祯,贾红丽,等. 改进的多任务分配与调度遗传算法[J]. 微电子学与计算机,2007,20(9):162 - 168.

作者简介:

肖 翀 男,(1966-),高级工程师,信息化管理师.研究方向为软件工程。

袁喜连 女,(1981-),硕士研究生.研究方向为软件工程。

刘 勇 男,(1966-),副教授,硕士生导师.研究方向为计算机软件与理论、软件体系结构软件复用。

作者简介:

陈章进 男,(1968-),博士,副教授,硕士生导师.研究方向为新型显示及驱动。

张志高 男,(1986-),硕士研究生.研究方向为视频编解码。

孔敏达 男,(1986-),硕士研究生.研究方向为视频编解码。

(上接第228页)

- [7] Loeffler C, Ligtenberg A, Moschytz G S. Practical fast 1 - D DCT algorithms with 11 multiplications[J]. Speech and Signal Processing, 1989,2(5):998 - 991.