

一种适用于热送热装生产计划优化的方法

吕志民 徐金梧

北京科技大学高效轧制国家工程研究中心,北京 100083

摘要 提出了一种将遗传算法用于热送热装生产计划优化的方法.与MTSP方法不同,该方法在优化时不需预先确定轧制单位的数目,它充分利用了轧制单位的结构特点,在对轧制计划优化的同时,优化了轧制单位的数目.仿真结果表明,该方法可在大量的生产合同中很快找出满足各种生产约束条件的热送热装生产计划的可行解,以提高热送热装率.

关键词 热送热装;生产计划;优化方法;遗传算法

分类号 TG 335.11

热送热装技术的诞生,变革了炼、铸、轧三个工序相对独立的传统生产工艺,通过三个环节的合理衔接、匹配,使钢铁生产的三个主要生产工序的生产管理成为一体化系统,从而可以大幅度地降低消耗,简化工艺流程,缩短物流周期,提高生产效率.热送热装一体化管理技术是冶金企业运用高科技来提高企业的经济效益、生产效率的一条有力途径^[1,2].

热送热装工艺是一项系统的技术,它涉及从炼钢到热轧之间的各个环节,实施该项技术必须协调各个部门的工作.各部门之间生产的协调要以热送热装生产计划为基础,因而生产计划编制的好坏,将直接影响生产是否可以有序地进行,能否保证合同的订货要求以及热送热装经济效益的提高.热送热装生产计划的编制是实现热送热装一体化管理中的核心,如果编制的生产计划不可行,不仅达不到实施热送热装工艺的目的,反而会对生产造成不良的影响.热送热装生产计划编制时必须同时考虑热轧、炼钢、连铸的生产约束条件^[3],对于热轧的生产调度计划的优化方法有多种方法^[4,5],如唐立新研究了并行处理策略的多旅行商模型^[6-8]——MTSP模型,该方法是从 N 个任务池中同时编制出 M 个轧制单元计划.实际上采用该方法时,需给定任务池可编制的轧制单位数量.如果确定的轧制单位数量的不合适,就很难得到合理的优化结果.

本文在进行热送热装生产管理系统开发时,提出了一种新的基于遗传算法的热送热装生产计划优化方法.该方法与MTSP方法有类似之处,但最大区别时,不需要预先确定轧制单位的数量,在优化轧制单位结构的同时对轧制单位数目进行优化,利用轧制单位的结构特点确定轧制单位数量,最终给出可行的轧制单位的结构.

1 生产计划分析

1.1 热轧轧制单元的结构

通常一个完整的轧制单元的轧件宽度具有“双梯形结构”,按宽度的变化,形状如图1所示,其中正梯形部分是烫辊材部分,而反梯形是主体材部分.

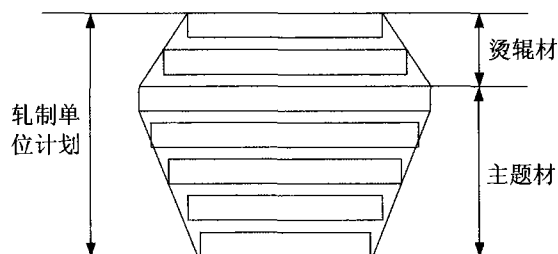


图1 一个轧制单位的组成结构

Fig.1 Structure of a rolling cycle

1.2 连铸浇次计划结构

目前国内一般的连铸机在浇注过程中均不采用在线进行调宽,在一个浇次内板坯的宽度与厚度是固定的,而板坯的切割长度可以根据

生产指令进行在线调整. 连铸每浇次根据钢种不同有最大、最小炉数限制. 一般情况下浇次计划的构成如图 2 所示.

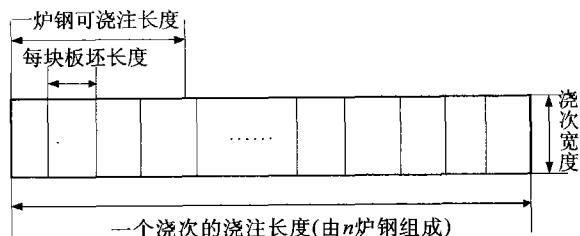


图 2 一个浇次计划的组成
Fig.2 A CC set

1.3 热送热装生产计划建模

热送热装生产计划组织涉及热轧计划与浇次计划之间的匹配问题, 两者之间匹配的好坏将直接影响热送热装率和板坯热装温度的提高. 如果浇次计划的批量大于轧制计划中同宽的板坯需求量, 结果将使板坯热送后不能在一个轧制单位实现全部热进炉. 为了提高热送热装温度和热装率, 并充分发挥轧线与连铸机的生产能力, 在组织热送热装时, 可由下式确定同宽的轧制批质量:

$$\min(\max(M_{\min}, M_B), M_{\max}) \quad (1)$$

式中, M_{\min} 为每浇次最小浇注质量, M_{\max} 为每浇次最大浇注质量, M_B 为同宽最大可轧制质量.

确定的轧制批可按轧制技术规程要求组成轧制单位, 该轧制单位可以作为热装单位组织生产. 采用优化方法, 对形成的各个轧制批的组合顺序进行优化, 以找到比较合理的方式来组织生产.

因为在热轧轧制单位元结构中, 烫辊材部分占的比重较小, 一般是质量要求较低的几个品种. 为了保证热送热装计划的可行性, 一般将多个轧制单位的烫辊材集中浇注. 因而在热送热装生产计划优化时, 不考虑烫辊材部分, 即轧制单位结构中的正梯形部分. 这时每个轧制单位的主体材部分具有类似的结构, 即反梯形结构. 利用该特性作为划分轧制单位的一个依据, 这样优化时就不需确定轧制单位的数目, 而在优化过程中根据结果的不同确定轧制单位的数目. 将轧制单位的数目作为一个约束条件, 最终得到的优化结果为满足轧制技术规程的数量较优的可行轧制计划.

2 生产计划优化算法

根据对热送热装生产计划的优化模型分析, 设计了适用于该模型优化的遗传算法. 该算法主要有以下几个过程: 合同合并与分解(组批计划)、生产计划优化、结果选择与调整.

2.1 合同合并与分解(组批计划)

组批计划是将合同按照炼钢约束条件、连铸约束条件、轧钢约束条件, 利用式(1)组成合理的轧制批. 在组批中, 对于大的生产合同按照生产的约束条件分解成小的生产合同, 分批投入生产. 对于小的生产合同, 按照成品的钢种、规格进行合并. 合并过程中要考虑炼钢的生产特点、产品生产方案和炼钢技术规程, 以及轧制技术规程中同规格轧制长度的要求. 生产合同经过合同合并与分解后, 就变成了由合同组成的预轧制批. 组批计划是编制合理的热送热装计划的基础, 在组批时应根据生产实际情况的变化组成不同的预轧制批.

2.2 生产计划优化

利用遗传算法^[5], 按照轧制技术规程对预轧制批进行组合优化. 优化的目标是利用较少数量的轧制单位来生产这些预轧制批, 这些轧制单位是结构合理的热送热装单位. 优化的约束条件主要为轧制技术规程要求, 优化算法的具体实现如下:

(1)遗传编码. 遗传编码采用自然数编码. 染色体长度 N 为预轧制批数. 其中每个序号表示要参与计划优化的预轧制批的序列号.

(2)适应度函数. 要处理的问题是一个没有确定目标函数的组合优化问题. 但根据热送热装的要求, 可以将其组成能够实现热送热装要求的轧制单位, 因而在优化时的目标是将这些预轧制批都纳入生产计划中, 以保证合同的交期和兑现率, 同时有助于提高热送热装率. 在优化轧制单位结构的同时, 优化轧制单位的数量, 以保证利用较少的轧制单位进行生产组织. 对于这样的问题, 实际上是没有明确目标函数的组合优化问题, 因而适应度函数采用惩罚函数来形成. 优化目标为适应度函数值最大, 适应度函数为:

$$f(T) = Q - \sum_{i=1}^m g(T) - |(m-p)| U \quad (2)$$

其中, Q 是一个很大的数, m 是组合成的轧制单位数(并不是定数), U 是轧制单位数量的惩罚系

数. P 是可能的最少轧制单位数目.

$$P = \text{int}(W/T),$$

其中, W 是轧制批的总质量, T 是轧制单位的最大可轧制质量. $g(T)$ 是对每个轧制单位违反轧制技术规程的惩罚. $g(T)$ 的形式如:

$$g(T) = \sum_{j=1}^{k_j} [a(x) + b(y) + c(z)] + d(t) \quad (3)$$

这里, k_j 为每个轧制单位的轧制批数, $a(x)$ 为相邻轧制批违反宽度跳跃规程的惩罚, $b(y)$ 为相邻轧制批违反厚度跳跃规程的惩罚, $c(z)$ 为相邻轧制批违反硬度跳跃规程的惩罚, $d(t)$ 为轧制单位质量(或轧制长度)不满足要求的惩罚.

在优化过程中, 对于每个个体首先根据染色体的排列顺序确定该个体的对应的轧制单位数量, 然后利用式(2)计算其适应度.

(3)选择操作. 选择算子采用适应度比例方法, 各个个体的选择概率和其适应度值成比例. 同时为了保证个体适应度最高的个体在遗传操作中不被破坏, 将适应度最高的个体直接复制到下一代中.

(4)交叉操作. 采用可保持编码有效性的杂交算子, 实验中采用的交叉算子为部分映射杂交法. 所谓的部分映射杂交就是在两个父代向量上随机选取一段, 利用父代向量在所选段内元的对应来定义一系列交换, 这些交换可以在每个父代向量上分别执行. 如:

2 6 4 3 8 1 5 10 7 9
8 5 1 10 7 6 2 4 3 9

交叉后生成以下子向量:

5 1 4 3 7 6 2 10 8 9
7 2 6 10 8 1 5 4 3 9

(5)变异操作. 变异操作有利于保持种群的多样性. 实验中采用的变异操作是随机选择染色体上的两个位置, 然后交换它们的位置.

2.3 结果选择与调整

当优化达到设定的终止条件时, 选择适应度最高的几个个体结果输出, 并将优化结果表示为轧制计划和未编入轧制计划部分. 计划员根据生产的需要选择合理的轧制单位组合, 并将未编入轧制计划的预轧制批追加到轧制计划中, 以将所有合同都纳入生产计划中.

3 仿真实验

根据前面的优化方法, 对某冶金企业 2000 年 5 月份的合同进行模拟, 销售合同共 2576 份

(其中热轧合同 1074 份, 质量为 14775 t; 冷轧合同 1502 份, 质量为 89351 t), 按轧制单位类型进行分类, 分别进行模拟, 结果表明该方法可以很快给出可行的生产计划. 比如取其中某单位 60 个预轧制批, 其质量为 29878 t 进行轧制计划优化.

优化时参数为: 染色体长度为 60, 群体规模为 50, 交叉概率 0.5, 变异概率 0.07, 终止条件为 2000 代. 在 PIII 700 MHz 计算机上进行模拟, 只需要 6 s 就能给出可行的结果. 当满足搜索终止条件时, 取适应度最高的个体输出. 比如某次优化结果的第五个轧制单位的组成如表 1 所示(不含烫辊材和过渡材部分).

表 1 优化结果中的某个轧制单位组成

Table 1 Detail of a rolling unit in the optimization result

轧材类型	钢种	成品宽度/mm	成品厚度/mm	质量/t
主轧材	Q195	1 530	5.0	390
次主轧材	Q235A	1 440	4.5	750
次主轧材	Q195	1 230	4.0	468
终轧材	Q195	1 120	3.0	390

4 结论

根据热送热装生产计划的特点, 提出了应用于该生产计划优化的遗传算法. 该方法与基于 MTSP 的轧制计划优化方法不同, 在优化时不需要预先确定轧制单位的数目, 并且在优化轧制单位结构的同时完成了对轧制单位数目的优化. 利用该方法对某冶金企业的实际生产合同的热送热装生产计划优化表明了提出方法的可行性.

参 考 文 献

- 1 孙福权, 郑秉霖, 唐立新, 等. 炼钢—连铸—热轧—体集成调度管理[J]. 钢铁, 1998, 33(12):71
- 2 卢凤喜, 王德诚. 国内外连铸板坯热送热装发展态势及对策[J]. 武钢技术, 1998(5):21
- 3 殷瑞钰. 关于连铸与轧钢的衔接和匹配问题 [J]. 轧钢, 1991(2):1
- 4 Lopez Leo, Carter Michael W, Gendreau Michel. The hot strip mill production scheduling problem: A tabu search approach [J]. European Journal of Operational Research, 1998(106): 317
- 5 Ryoji Tamura, Megumi Nagai, Yoshiyuki Nakagawa, et al. Synchronized scheduling method in manufacturing steel sheets [J]. Int Trans Opl Res, 1998, 5(3): 189
- 6 唐立新. 热轧调度并行处理策略的多旅行商模型[J].

东北大学学报(自然科学版), 1999(2):148(150)

7 TANG L X, LIU J Y, RONG A Y, et al. A review of planning and scheduling systems and methods for integrated steel production [J]. European Journal of Operational Research, 2001(133): 1

8 TANG L X, LIU J Y, RONG Aiying, et al. A multiple traveling salesman problem model for hot rolling scheduling in Shanghai Baoshan Iron & Steel Complex [J]. European Journal of operational research, 2000(124): 267

9 陈国良, 王煦法, 庄镇泉, 等. 遗传算法及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996

Optimization Method for Hot Charge Rolling Manufacture Plan

LU Zhimin XU Jinwu

National Engineering Research Center for Advanced Rolling, UST Beijing, Beijing 100083

ABSTRACT An optimization method based on genetic algorithms is introduced for HCR (hot charge rolling) manufacture plan. Different from the optimization method based on MTSP, it need not determinate the number of rolling cycles. The makeup characteristic of rolling cycles is applied in this method, and the number of rolling cycles is optimized during the makeup optimization. Simulation results show that this method can find out the feasible HCR manufacture plans quickly.

KEY WORDS HCR; manufacture plan; optimization method; genetic algorithms

(上接第 674 页)

Manufacture of Self-cascade Induction Machine Drives

XIE Lun¹⁾, SUN Yikang¹⁾, WANG Zhiliang¹⁾, LU Yifang¹⁾, DU Cang²⁾, SHENG Xiangyuan²⁾

1) Information Engineering School, UST Beijing, Beijing 100083, China 2) New Metallurgical Electric Corporation, Beijing 100071, China

ABSTRACT The mathematical model and control system structures of self-cascade induction machine drives is proposed, which is firstly developed in the world successfully. According to experimental results, the system dynamic & static performance is analyzed which is the same as DC drives.

KEY WORDS self-cascade induction machine drive; mathematical model; vector control system; dynamic and static performance