

文章编号: 1001-0920(2004)02-0238-03

## 热轧无缝钢管排产计划研究

李建祥, 唐立新, 庞哈利, 王梦光  
(东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004)

**摘要:** 以轧管厂为核心, 设计出 6 条排产规则实现了轧管厂的优化排产, 并提出一种启发式的排产方法, 在保证炼钢厂(管加工厂)生产计划可行的前提下, 尽可能地实现炼钢厂(管加工厂)的优化排产, 从而在一定程度上实现了热轧无缝钢管的整体优化排产。

**关键词:** 热轧无缝钢管; 排产计划; 优化

**中图分类号:** TF3 **文献标识码:** A

## On production planning and sequencing of hot rolling seamless steel tube

L I J ian-xiang, T A N G L i-xin, P A N G H a-li, W A N G M eng-guang

(School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China  
Correspondent: L I J ian-xiang, E-mail: long08@shou.com)

**Abstract** Rolling mill is selected as core production unit, and 6 rules are presented to optimize the production planning and sequencing of rolling mill. A heuristic algorithm is presented to optimize the production planning and sequencing of steel mill/pipe finishing plant to the largest extent under the premise that the two units' production plans are feasible. As a result the production planning and sequencing of hot rolling seamless steel tube is optimized to a certain extent as a whole.

**Key words:** hot rolling seamless steel tube; production planning and sequencing; optimization

### 1 引言

某钢管企业是我国热轧无缝钢管重点生产厂之一, 其钢管生产共分为 3 个阶段: 炼钢连铸(管坯生产)、轧管和管加工。它们分别在炼钢厂、轧管厂和管加工厂 3 个生产单元进行, 前一生产单元为后一生产单元提供原料。热轧无缝钢管排产计划是月生产计划的具体落实, 需确定 3 个连续生产单元的生产顺序, 并要求 3 个单元的排产计划必须满足: 前一单元及时生产出后一单元排产计划所需的原料(管坯或半成品管)。3 个单元的计划相互影响, 因此不能

分开考虑。而热轧无缝钢管的生产具有品种多、批量小的特点, 因此要求同时对 3 个生产单元进行排产, 这在实际中很难实现。

在公开发表的文献中, 大多是针对单个或 2 个生产单元的排产计划进行优化<sup>[1-8]</sup>, 同时优化 3 个单元的文献还未见报道。优化模型中一般将排产计划归结为旅行商问题(TSP), 建立混合整数规划模型, 但该模型求解困难, 系数也很难得到, 如确定 1 000 种产品之间的调整时间, 将有  $C_{1000}^2 = 499\ 500$  组数据, 因而该模型难以应用于实际。该钢管企业记

收稿日期: 2002-12-24; 修回日期: 2003-03-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70171030; 60274049); 霍英东青年教师基金资助项目(81073); 国家“九五”科技攻关课题资助(97-562-01-05)。

作者简介: 李建祥(1974—), 男, 江西南昌人, 博士生, 从事生产计划与调度、企业资源计划等研究; 唐立新(1966—), 男, 黑龙江绥化人, 教授, 博士生导师, 从事生产计划与调度、制造业物流等研究。

录有数千种产品, 要确定产品之间的调整时间的数据更多, 要一一确定是不现实的。现场采取的方式是先分别制定出(手工编制)3个单元的计划, 然后进行协调并修改。但这种协调和修改往往需要反复很多次, 才能得到可行结果, 而且严重依赖于计划人员的经验, 计划效率非常低, 计划的优越性更是无法保证。

本文设计了一种计划方案, 该方案的基本思想是: 鉴于轧管厂在整个生产中的核心地位, 决定选取轧管厂为核心, 对该核心生产单元进行优化排产, 作出排产计划, 然后根据计划, 在满足另外两个单元生产可行的前提下, 尽量实现这两个单元的优化排产。这样既可实现一定程度上的整体优化排产, 又可以大大降低协调难度。

## 2 轧管生产的优化排产

在钢管生产过程中, 从某一品种规格转到另一品种规格产品的生产, 常常需要更换工具或重新设定工艺参数, 要花费一定的调整时间。转产的方案不同, 花费的时间也不同。企业追求的目标是使调整时间最短, 从而提高设备作业率和生产效率, 降低生产成本。如果将具有相同或相近参数(品种、规格等)的产品合同安排在一起生产, 则不需要或只需要较少的调整时间, 从而达到优化排产的目的。这也符合成组技术(GT)<sup>[9]</sup>原理, 使小批量生产能获得接近于大批量生产的经济效益。

针对无缝钢管生产中影响调整时间的主要产品参数, 制定出如下 6 条排产规则以实现优化排产: 1) 同品种产品尽量安排在一起生产; 2) 同钢级产品尽量安排在一起生产; 3) 同钢种产品尽量安排在一起生产; 4) 同外径产品尽量安排在一起生产; 5) 同壁厚产品尽量安排在一起生产; 6) 在线常化的产品尽量安排在一起生产。

用户根据实际情况, 可选择其中一条或几条规则, 并确定其优先顺序。按照上述规则排序后, 具有相同或相近参数的产品合同将安排在一起。例如, 假设有 10 种钢管产品需要排产, 排产过程中起决定性作用的参数有品种、外径和壁厚 3 种, 用户选择第 1、第 4 和第 5 条排产规则进行排产, 并确定出它们的优先顺序为 1 4 5 10 种产品的参数见表 1。排产过程如下: 首先按照第 1 优先排产规则(规则 1), 10 种产品按照品种由小到大(首字拼音字母序)进行排序, 排产结果为 e g a b d f h c i j; 其次按照第 2 优先排产规则(规则 4), 10 种产品在不打乱品种排列顺序(第 1 优先排产规则)的前提

下, 按照外径由小到大的顺序进行排序, 排产结果变为 g e a d f b h c i j; 最后按照第 3 优先排产规则(规则 5), 10 种产品在不打乱品种、外径由小到大的排列顺序(第 1、第 2 优先排产规则)的前提下, 按照壁厚由小到大的顺序进行排序, 最终排产结果为 g e d a f b h j c i, 如表 2 所示。从表 2 可以看出, 具有相同或相近参数的产品已经安排在一起了。

表 1 产品参数表

序号	产品	品种	外径/mm	壁厚/mm
1	a	套管	169.9	10.05
2	b	套管	177.8	9.97
3	a	套管	139.7	7.15
4	d	支架管	169.9	9.97
5	e	锅炉管	151.6	6.67
6	f	套管	169.9	11.03
7	g	锅炉管	139.7	6.67
8	h	套管	177.8	9.97
9	i	支架管	139.7	7.15
10	j	支架管	139.7	7.05

表 2 排产结果

序号	产品	品种	外径/mm	壁厚/mm
1	g	锅炉管	139.7	6.67
2	e	锅炉管	151.6	6.67
3	a	套管	169.9	10.05
4	d	套管	169.9	9.97
5	f	套管	169.9	11.03
6	b	套管	177.8	9.97
7	h	套管	177.8	9.97
8	j	支架管	139.7	7.05
9	c	支架管	139.7	7.15
10	i	支架管	139.7	7.15

## 3 炼钢生产的优化排产

炼钢厂的排产首先要保证能够及时为轧管厂提供原料, 在此基础上再尽量实现优化排产, 这是炼钢厂优化排产的原则。炼钢厂月计划中的合同可分为 3 类: 第 1 类去向是轧管厂, 为轧管厂提供原料; 第 2 类去向是市场, 作为商品坯出售; 第 3 类去向是管坯库, 作为库存。第 1 类合同必须优先生产, 这样才能及时为轧管厂提供原料, 保证轧管厂的生产顺利进行。

根据以上原则, 设计一种启发式方法, 其具体步骤如下:

Step1: 将炼钢厂月计划中的产品合同分成两组: 第1类合同作为第1组, 假设共有 $M$ 个; 其余的作为第2组, 假设共有 $N$ 个;

Step2: 对于第1组中的每一产品合同 $i(i=1, 2, \dots, M)$ , 在轧管排产计划中找出其对应的合同 $O(i)$ ;

Step3: 按照 $O(i)$ 在轧管排产计划中的先后顺序排出对应合同 $i$ 的顺序, 得到排好序的第1组产品合同;

Step4: 计算出第1组中每个合同的生产时间 $T_i$ , 生产起始时间 $S_i$ 与生产结束时间 $E_i$ , 其中 $i=1, 2, \dots, M$ ; 计算出第2组每个合同的生产时间 $R_j, j=1, 2, \dots, N$ ;

Step5: 令 $i=0$ ;

Step6: 在第1组中取合同 $i$ ;

Step7: 令 $j=0$ ;

Step8: 在第2组中取合同 $j$ ;

Step9: 判断合同 $j$ 与合同 $i$ 的参数(钢种、规格)是否相同, 若相同, 转Step10; 否则, 转Step12;

Step10:  $E_i = E_i + R_j$ , 重新计算第1组第 $i+1 \sim M$ 个合同的生产起始时间与生产结束时间, 判断每个合同是否满足提前期的要求, 如果是, 转Step11; 否则, 转Step12;

Step11: 确认合同 $j$ 安排到合同 $i$ 后生产, 成为第1组的合同 $i+1$ , 此时 $M = M + 1, N = N - 1$ , 转Step13;

Step12: 合同 $j$ 不能安排到合同 $i$ 后生产, 将第1组第 $i \sim M$ 个合同的生产起始时间与生产结束时间还原到以前的数据, 转Step13;

Step13: 如果 $j = N$ , 转Step14; 否则, 令 $j = j + 1$ , 转Step8;

Step14: 如果 $i = M$ , 停止; 否则, 令 $i = i + 1$ , 转Step6

轧管厂排产计划中的合同已经实现优化排序, 其合同属性不但包含了炼钢厂的合同属性, 而且更加丰富, 所以按照轧管厂排产计划排定的炼钢厂第1组合同的顺序也是优化的, 且整个计划可行(否则, 按照其他规则排定的炼钢厂计划则不可行)。在此基础上, 启发式对第2组合同进行逐个扫描, 尽可能地将该组合同中与第1组合同属性相同的安排在

一起, 这样不仅进一步实现了炼钢厂的优化排产, 而且不会破坏其可行性

## 4 结 论

本文选取轧管厂为核心, 设计出6条排产规则, 实现了轧管厂的优化排产, 并且提出了一种启发式的排产方法, 在保证炼钢厂(管加工厂)生产计划可行的前提下, 尽可能地实现了炼钢厂(管加工厂)的优化排产, 从而在一定程度上实现了热轧无缝钢管的整体优化排产。

## 参考文献(References):

- [1] Jacob L T, Wright J R, Cobb A E. Optimal inter process steel production scheduling [J]. *Computers and Operations Research*, 1988, 15: 497-507.
- [2] Box R E, Herbe D G. A scheduling model for LTV steel's cleveland works twin-strand continuous slab caster [J]. *Interface*, 1988, 18(1): 42-56
- [3] Lally B, Biegler L, Henein H. A model for sequencing a continuous casting operation to minimize costs [J]. *Iron & Steelmaker*, 1987, 10: 63-70
- [4] Tang L X, Liu J Y, Rong A Y, et al. A mathematical programming model for scheduling steelmaking-continuous casting production [J]. *European J of Operation Research*, 2000, 120: 423-435
- [5] Harjunkoski I, Grossmann I E. A decomposition approach for the scheduling of a steel plant production [J]. *Computers and Chemical Engineering*, 2001, 25: 1647-1660
- [6] Lopez L, Carter M W, Gendreau M. The hot strip mill production scheduling problem: A tabu search approach [J]. *European J of Operation Research*, 1998, 106: 317-335
- [7] Tamaru R, Nagai M. Synchronized scheduling method in manufacturing steel sheets [J]. *IFORS*, 1998, 5(3): 189-199
- [8] 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 J of Operation Research*, 2000, 133: 1-20
- [9] Ariou M, Sianesi A. A heuristic algorithm for master production generation with finishing capacity and sequence dependent setups [J]. *Int J of Production Research*, 1933, 31(3): 331-353