

文章编号: 1004-9762(2001)02-0144-04

锚链钢棒材生产的计算机辅助剪切优化*

陈林¹, 张天丽¹, 蒋海涛², 孙玉满²

(1. 包头钢铁学院材料与冶金工程系, 内蒙古包头 014010; 2. 莱芜钢铁公司, 山东莱芜 271104)

关键词: 锚链钢; 剪切; 优化

中图分类号: TG333.2*1 文献标识码: A

摘要: 利用启发式算法, 对锚链钢棒材生产的锭-坯-材全过程进行了剪切优化, 并以实例证明此方法符合实际生产要求, 能取得可观的经济效益。

Computer-aided cutting optimization of anchor chain bar steel production

CHEN Lin¹, ZHANG Tian-li¹, JIANG Hai-tao², SUN Yu-man²

(1. Department of Material and Metallurgical Engineering, UIST Baotou, Baotou 014010, China; 2. Laiwu Iron and Steel Company, Laiwu 271104, China)

Key words: anchor chain steel; cutting; optimize

Abstract: The optimal cutting of the anchor chain bar steel in the ingot-blank-product system is studied by heuristic method. The method has been proved to satisfy the needs of the practical production, and can obtain gigantic economic benefits.

近年来, 国际钢铁工业竞争日趋激烈, 如何降低成本, 优化过程参数, 改进设备及工具, 减少消耗, 提高产品质量, 以增强企业竞争力成为首要课题。棒材生产中成材率与定尺率的高低是企业技术装备水平, 工艺操作水平, 科学管理水平的综合表现, 其研究范围贯穿了棒材生产的各个环节。随着计算机与计算技术的发展, 人们在研究钢材剪切方面做了大量的工作, 有效地促进了企业经济效益的提高。

本文针对莱钢特钢厂中锚链钢棒材的实际生产情况进行了分析研究, 利用启发式算法^[1], 对其剪切规程进行了优化。由于锚链钢生产定货大都是给定倍率(一个锚链环的长度)、齐头(成品材留做处理的那部分长度)及定货公差, 也有的直接定尺定货。

坯料长度和成品之间的配合不当, 常造成较大的剩余切损或短定尺, 使成材率下降。而坯料长度的选择又受钢锭重量和成材车间加热炉有效长度的限制。因此, 有必要借助计算机对其全过程的剪切情况搜索寻优, 以获得最佳的定尺率和成材率。

1 数学模型及求解过程

在锚链钢生产中, 通常经钢锭到开坯, 又从开坯到成材 2 个阶段才能获得所需的产品。其中涉及到坯和材的剪切问题。按剪切规程设计^[2]要求, 以最小切余为目标函数, 在满足工艺要求等约束条件下, 综合考虑各种金属消耗, 确定钢坯、钢材的剪切方案及钢坯断面尺寸, 使目标函数取得最优值。

* 收稿日期: 2000-11-08

作者简介: 陈林(1963-), 男, 内蒙古包头人, 包头钢铁学院副教授, 主要从事材料成型及控制工艺及计算机模拟研究。

1.1 剪切方法的确定

在剪切方法上, 选择了“成倍数的剪切方法”, 即各坯料剪切后应保证成品的长度是定尺长度的整数倍, 而不留切余. 定尺长度符合倍率, 齐头的定货要求.

1.2 目标函数的确定

目标函数^[3]是评价设计方案优劣的标准函数, 基于不同问题的要求, 对应着不同的评价标准. 针对剪切设计要求, 以钢锭轧成成品材的全程切余最小为目标函数, 以获得最佳剪切规程. 其形式为:

$$Q = L_0 - \sum_{i=1}^{n_2 - n_1 + 1} K_i L_i \Rightarrow \text{Min.}$$

式中, L_0 为钢锭轧成钢材后有效总长度; n_1, n_2 为单坯成品的最小、最大剪切根数; $n_2 - n_1 + 1$ 为坯料长度种类; K_i 为每根钢锭的钢坯剪切根数; L_i 为单坯轧后全长.

1.3 约束条件的确定

设成品车间各列轧机的间距足以容纳轧件全长, 冷床置于剪切设备之后.

(1) 钢锭轧成钢材后的有效总长度:

$$L_0 = G_0(1 - k_1)(1 - k_2)(1 - q_k)/g_c.$$

式中, G_0 为钢锭原始重量; k_1, k_2 分别为开坯、成材烧损率; q_k 为钢锭开坯后的切头、切尾率; g_c 为成品轧件每米单重.

(2) 单根钢坯轧后允许轧件全长由加热炉允许坯料长度决定:

$$\mu L_{pmin} < L_i < \mu L_{pmax},$$

式中, μ 为坯到材的总延伸系数; L_{pmin}, L_{pmax} 分别为成材车间加热炉允许的最小、最大坯料长度.

(3) 剪切余量大于等于零:

$$Q \geq 0.$$

该问题的计算框图见图 1. 计算步骤如下:

- (1) 给定钢锭、钢坯规格及各工艺参数值;
- (2) 输入每一品种的规格、倍率、齐头和定货公差;
- (3) 进行优化计算;
- (4) 检验切余是否满足要求, 若切余太大, 则修改方坯断面重新优化计算. 否则, 转到下一步;
- (5) 输出优化剪切方案.

系统采用启发式算法搜索解此线性规划. 对于每种成品规格, 系统对所有可能的坯料长度和可能的成品剪切根数都进行组合寻优, 给出符合条件的

组合. 用户可根据料场的存放和开坯车间剪切的实际条件, 选择采用合适的剪切方案.

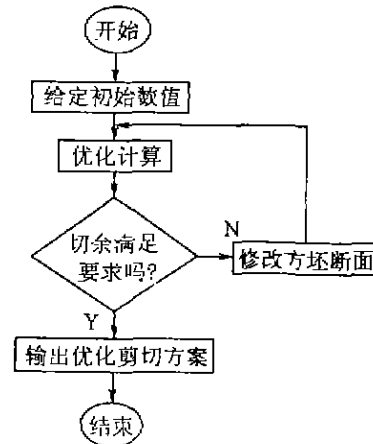


图 1 剪切优化流程图

Fig.1 The flow sheet of cutting optimize

2 实例计算及结果分析

依照以上算法, 开发了 CACP (Computer Aided Cutting Planning) 计算程序, 并以莱钢特钢厂现场实际数据为基础进行实例计算.

已知条件:

- 钢锭重量: 685 kg;
- 钢锭切头切尾率: 11%;
- 锭—坯烧损率: 1.5%;
- 坯—材烧损率: 2.0%;
- 允许坯料长度: 2 400 ~ 2 800 mm;
- 定尺机定尺范围: 4 500 ~ 7 500 mm;
- 钢材剪切公差: 0 ~ 50 mm;
- 成品轧件切头切尾长: 100 mm.

实例 1: 用户要求生产厂按定尺长度交货锚链钢, 规格为 $\Phi 42$ mm, 倍率为 512 mm (含锯缝), 齐头为 70 mm, 定尺材定货公差为 0 ~ 60 mm. 在优化过程中可发现, 当采用不同的公差值时, 剪切方案各不相同. 厂家可根据现有的剪切设备进行选择, 如果以较精确剪切, 则选用切余最小的公差值. 优化结果见表 1.

图 2 给出了选用公差与最小切余的对应关系, 即在一定公差范围内, 最小切余长度随公差的增大而减小. 当公差为 12 mm 时, 切余量最小为 5 mm, 成材率达 85.6%, 每根坯轧后剪为 4 根 13 个倍率的定尺材. 由图 3 可见此时的定尺率及成材率皆达到最大值. 而该厂用手工计算, 一般取公差为 30 mm,

每根坯轧后只能切出5根10个倍率的定尺材，成材率也仅有85.4%。进一步分析表明，对用户提供的定货公差，厂家必须根据自身条件，选择合适的公差值，才能达到最高的成材率和定尺率。此种情况用手工计算是极其繁琐的，而在CACP计算程序中可

自动搜索最佳公差值。

实例2：用户要求生产厂按定尺长度交货锚链钢，规格为 $\Phi 80$ mm，倍率为1 026 mm(含锯缝)，齐头为68 mm，定尺材定货公差为0~60 mm。优化结果见表2及图4,5。

表1 钢坯及 $\Phi 42$ 锚链钢最优剪切方案

Table 1 Optimal cutting project of billet and $\Phi 42$ anchor chain steel

圆 钢			钢坯剪切规划		圆钢剪切规划		锭一材 定尺率/%	锭一材 成材率/%
直径 /mm	倍率 /mm	公差 /mm	断面规格 /mm × mm	剪切长度(mm) × 剪切根数(根/锭)	剪切长度(mm) × 剪切根数	切余长度 /mm		
42	512	0	120 × 120	2 716 × 2	6 726 × 4	101	99.8	85.4
42	512	5	120 × 120	2 718 × 2	6 731 × 4	61	99.9	85.5
42	512	8	120 × 120	2 719 × 2	6 734 × 4	37	99.9	85.5
42	512	10	120 × 120	2 720 × 2	6 736 × 4	21	100.0	85.6
42	512	11	120 × 120	2 720 × 2	6 737 × 4	13	100.0	85.6
42	512	12	120 × 120	2 720 × 2	6 738 × 4	5	100.0	85.6
42	512	13	120 × 120	2 626 × 2	5 203 × 5	1 879	96.4	82.6
42	512	15	120 × 120	2 627 × 2	5 205 × 5	1 859	96.4	82.6
42	512	20	120 × 120	2 630 × 2	5 210 × 5	1 809	96.5	82.7
42	512	30	120 × 120	2 635 × 2	5 220 × 5	1 709	96.7	85.4
42	512	60	120 × 120	2 650 × 2	5 250 × 5	1 409	97.3	83.4

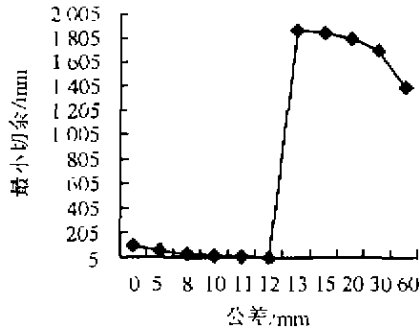


图2 $\Phi 42$ 最小切余与公差的关系

Fig.2 Relationship between the $\Phi 42$ smallest cutting remaining and the tolerance

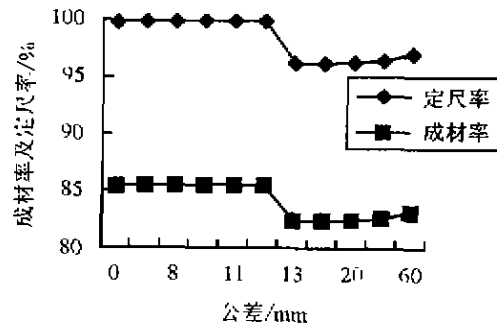


图3 $\Phi 42$ 成材率及定尺率与公差的关系

Fig.3 Relationship among the product rate, the fixed-length rate and the tolerance of $\Phi 42$

表2 钢坯及 $\Phi 80$ 锚链钢最优剪切方案

Table 2 Optimal cutting project of billet and $\Phi 80$ anchor chain steel

圆 钢			钢坯剪切规划		圆钢剪切规划		锭一材 定尺率/%	锭一材 成材率/%
直径 /mm	倍率 /mm	公差 /mm	断面规格 /mm × mm	剪切长度(mm) × 剪切根数(根/锭)	剪切长度(mm) × 剪切根数	切余长度 /mm		
80	1 026	0	120 × 120	2 682 × 2	7 250 × 1	214	98.5	83.5
80	1 026	10	120 × 120	2 685 × 2	7 260 × 1	194	98.7	83.6
80	1 026	20	120 × 120	2 689 × 2	7 270 × 1	174	98.8	83.8
80	1 026	30	120 × 120	2 692 × 2	7 280 × 1	154	98.9	83.9
80	1 026	40	120 × 120	2 696 × 2	7 290 × 1	134	99.1	84.0
80	1 026	50	120 × 120	2 700 × 2	7 300 × 1	114	99.2	84.1
80	1 026	60	120 × 120	2 703 × 2	7 310 × 1	94	99.4	84.2

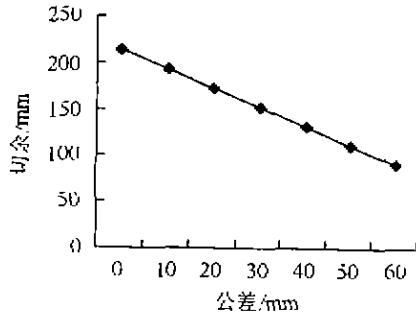


图4 $\Phi 80$ 最小切余与公差的关系

Fig.4 Relationship between the $\Phi 80$ smallest cutting remaining and the tolerance

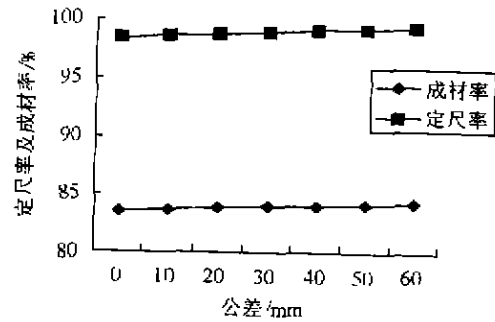


图5 $\Phi 80$ 成材率及定尺率与公差的关系

Fig.5 Relationship among the product rate, the fixed-length rate and the tolerance of $\Phi 80$

由表2及图4,5可看出,当锭、坯条件受限时,对于大规格圆钢只能轧出1根成品材。当采用不同的公差值时,随选用公差值的增加,切余减小,定尺率、成材率增大,但锚链钢的倍数不变。用户定货长度为7250mm,但此时成材率及定尺率皆最低。厂家可根据现有的剪切设备及交货标准选择合适的取用公差。

4 结论

(1)此CACP软件系统,既可用于锚链钢倍率定货的定尺交货状态,也可改变输入条件,用于其它圆钢的定尺交货状态、范围定尺交货状态,以保证切余最小,成材率、定尺率最高。

(2)对于以倍率定货的锚链钢,在优化中可发现,选用的定货公差值对成品剪切时的最小切余影响较大。以 $\Phi 42$ mm,倍率为512mm的锚链为例,每根锭轧完后的定尺材比手工计算多出4个倍率,成材率提高了0.2%,克服了手工计算的不准确性和盲目单一性。

(3)此CACP系统的锭—坯—材全过程剪切优化是针对圆钢,特别是定货要求比较特殊的锚链钢进行设计的,如需对角钢、槽钢、轨梁及钢管等其它断面的全程进行剪切优化,只需在系统中加入相应的单重计算模块,即可进行各种断面的两阶段全程剪切优化,维护十分方便,用户可视各自的情况进行扩充。

(4)此CACP程序考虑因素全面,方便实用,彻底改变了过去生产定尺材不能从锭、坯、材剪切制度全面规划考虑,成材率必然损失大的状况,对促进生产管理,提高经济效益有重大意义,是计算机用于轧钢生产的又一有益实践。

参考文献:

- [1] 骆铁军,鹿守理. 锭—坯—材全过程剪切优化[J]. 轧钢,1993,(3):20-27.
- [2] Sang A H. 工程规划与设计中的概率概念[M]. 北京:冶金工业出版社,1985.
- [3] 叶庆凯. 优化与最优控制中的计算方法[M]. 北京:科学出版社,1986.