

· 工艺技术 ·

800 初轧机轧制 $\Phi 210$ mm 棒材的开发实践

孙东升 于莉

(本钢板材股份有限公司特殊钢厂, 本溪 117000)

摘要 通过本钢特钢厂 800 初轧机将 350 mm × 470 mm 碳素和合金钢坯轧制成 $\Phi 210$ mm 棒材的孔型由圆-大椭圆-箱-平箱系统替代原有的圆-扁八角-平箱系统, 并优化压下制度, 使轧制的合格率达 99.75%。

关键词 $\Phi 210$ mm 棒材 孔型设计 压下制度

Operational Development of $\Phi 210$ mm Bar Products by 800 Blooming Mill

Sun Dongshen and Yu Li

(Special Steel Works, Plate Co Ltd, Benxi Iron and Steel Group, Benxi 117000)

Abstract With round- large oval- box- flat box pass system to replace original round- flat- octagon- flat box pass system, and optimized reduction schedule to roll $\Phi 210$ mm carbon and alloy steel bars from 350 mm × 470 mm bloom by 800 blooming mill at Special Steel Works, Bensteel, the qualified rate of rolled steel products was up to 99.75%.

Material Index $\Phi 210$ mm Steel Bar, Pass Design, Reduction Schedule

1 800 初轧机 $\Phi 210$ mm 孔型设计

本钢特钢厂 800 车间轧机组成: $\Phi 800$ mm 初轧机 1 架, 大棒线连轧机 11 架(1V-11V), 定径机 1 架(12aH), 小棒线连轧机 10 架(12H-21V), 减定径机 3 架(22H-24H)。主要轧制碳结、合结、轴承钢。

1.1 孔型系统的选择

原 $\Phi 800$ 初轧机生产 $\Phi 220$ mm、 $\Phi 240$ mm、 $\Phi 250$ mm 采用的孔型系统为圆-扁八角-箱-平箱的孔型系统, 成前孔采用扁八角孔型, 槽底和侧壁均为直线段, 方轧件进入扁八角时, 方轧件的四角部位压下量最大, 而且首先变形, 轧件在扁八角孔型要完成两道次变形, 轧件宽展属于限制宽展, 因此对孔型侧壁极易造成磨损, 轧件不均匀变形较严重, 在轧制过程中易发生扭转, 当轧件进入成品孔时, 需翻钢 90° , 成品孔轧件就会发生尺寸不合现象。而成前孔如果采用大椭圆孔型, 对于同样的断面面积, 大椭圆孔型形状要比扁八角孔型更接近方孔和圆孔, 且磨损严重处外轮廓曲线比较圆滑, 变形不均匀性得到很大改善, 这样轧件在成前孔易咬入, 变形均匀, 对孔型侧壁磨损较轻, 这样就保证产品的稳定性。同时大椭圆孔作为成前孔轧出的轧件在孔型充满度、轧件造型较好, 保证成品钢材的椭圆度。因此 $\Phi 210$ mm 材选择圆-大椭圆-箱-平箱的孔型系统轧制。

1.2 原料尺寸和压下规程

选用本钢二钢矩形坯作为轧制 $\Phi 210$ mm 的基

本原料, 原料重量为 4.5 ~ 5.061 t, 其断面尺寸为 350 mm × 470 mm, 长度为 3 600 ~ 4 100 mm, 开轧温度 $\geq 1 150$ $^\circ\text{C}$ 。

孔型系统选择之后, 首先确定轧制该产品时所采用总的轧制道次数和按道次分配的变形量。

则总压下量为:

$$\Sigma\Delta h = (1 + \beta) [(H - h) + (B - b)]$$

式中: 宽展系数 $\beta = \Delta b / \Delta h$, $\beta = 0.15 \sim 0.25$; H - 原料高度; h - 轧件成品高度; 取 $\beta = 0.25$, 经计算 $\Sigma\Delta h = 500$ mm。

道次平均压下量为:

$$\Delta h_c = (0.8 \sim 1.0) \Delta h_{\max}$$

式中: Δh_c - 道次平均压下量; Δh_{\max} - 最大压下量, 50 mm。当系数(0.8 ~ 1.0)取 0.8 时, 则

$$\Delta h_c = 0.8, \Delta h_{\max} = 0.8 \times 50 = 40 \text{ mm}$$

总轧制道次数为: $n = \Sigma\Delta h / \Delta h_c$

经计算 $n = 500 / 40 = 13$ (道)

初轧机轧制圆钢的压下规程设计, 主要考虑前两孔扁箱作为延伸孔型, 采用大压下量变形, 用最少的道次完成预备方的造型。压下制度采用: 第 I 孔采用 4-2-2, 翻钢进入第 II 孔采用 2 道次, 成前孔采用适当变形量由 2 个道次过渡完成成前孔造型, 经过 2 道次, 轧件尺寸为 230 mm × 230 mm, 翻钢进入

表 1 用 350 mm × 470 mm 矩形坯轧制 Φ210 mm 圆钢的初轧机压下规程

Table 1 Reduction schedule of blooming mill for rolling Φ210 mm bar from 350 mm × 470 mm bloom

孔型号	孔型尺寸/mm $\frac{B_k \times H_k}{b_k}$	道次(n)	指盘数	压下量 (Δh)/ mm	轧件高 度(H)/ mm	轧件宽 度(B)/ mm
I	$\frac{700 \times 130}{680}$	1	300	40	430	355
		2	260	40	390	360
		3	210	50	340	365
		4	160	50	290	370
		5	200	40	330	300
		6	150	50	280	310
		7	130	50	260	290
		8	80	50	210	300
II	$\frac{255 \times 150}{225}$	9	110	40	260	220
		10	80	30	230	230
III	$\frac{238 \times 200}{250}$	11	20	10	220	235
		12	0	20	200	240
IV	$\frac{214 \times 210}{214}$	13	0	30	210	210

注:道次 4-5、6-7、8-9、10-11、12-13 进行翻钢。

成品孔。表 1 是根据初轧机的轧件变形量,合理的翻钢节奏,制定的以矩形坯为原料的压下规程。

1.3 Φ210 mm 配辊图设计

根据特钢厂锭型现状选用矩形坯(350 mm × 470 mm)作为轧制 Φ210 mm 的基本锭型。初轧机轧制大规格棒材的孔型设计必须结合初轧机的特点,最大限度利用初轧机轧辊辊身长度配置孔型,所以只能确定配置两个箱型孔作为延伸孔型,主要目的用于轧件延伸并为成前孔轧出规范的预备方。此次设计 Φ210 mm 规格的轧辊在初轧机原 Φ200 mm 轧辊基础上,对成品前、成品孔型进行重新设计而成。Φ210 mm 初轧机配辊图见图 1。

1.4 孔型的断面形状和尺寸

1.4.1 Φ210 mm 成品孔型(IV孔)设计

成品孔型按常规成品设计,成品孔型的孔型高度按公称尺寸设计,考虑了热尺寸正偏差的轧制,同时考虑避免轧件出耳子而设定合适的张开角以及孔型槽口宽度,最终保证成品孔型的最佳造型结构尺寸^[1]。

成品孔高度尺寸为:

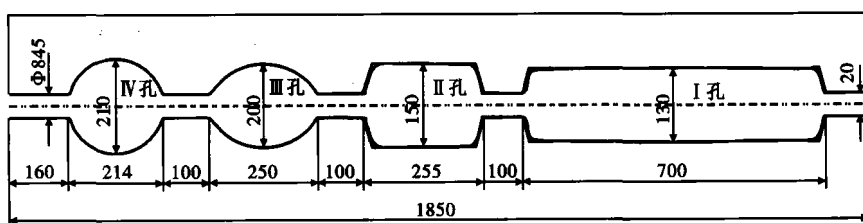


图 1 800 初轧机 Φ210 mm 配辊图

Fig. 1 Roll groove for 800 blooming mill rolling Φ210 mm bars

$$h_{k1} = d \times (1.011 \sim 1.014)$$

式中: h_{k1} - 成品孔型高度尺寸; d - 成品轧件公称尺寸; $(1.011 \sim 1.014)$ - 热膨胀系数,取 1.013。 $h_{k1} = 210 \times 1.013 = 213 \text{ mm}$ 。

成品孔型宽度尺寸为:

$$b_{k1} = [d + (0.5 \sim 1.0)\Delta](1.011 \sim 1.014)$$

式中: b_{k1} - 成品孔宽度尺寸; d - 成品轧件公称尺寸; Δ - 正偏差。

宽展余量取正偏差的 1.0 倍,热膨胀系数取 1.013。

$$b_k = (210 + 1.0 \times 2.1) \times 1.013 = 214 \text{ mm}$$

扩张角 α 一般为 $20^\circ \sim 30^\circ$,因规格较大取 30°

$$R' = b_k^2 + S^2 + 4R^2 - 4R(S \times \sin\alpha + b_k \cos\alpha) / 8R - 4(S \times \sin\alpha + b_k \cos\alpha) = 140.70 \text{ mm}$$

辊缝 S 值取 20 mm,通过计算, $R' = 140.70 \text{ mm}$ 成品孔外圆角 R 取 5 mm,具体尺寸详见 Φ210 mm 成品孔型图(图 2a)。

1.4.2 Φ210 mm 成前孔型(III)设计

轧件进入成品孔前要确保轧件翻钢直立,并保证轧件受推拉床稳定夹持作用,来完成成品孔顺利咬入,最终保证成品轧件合格^[2]。

大椭圆孔型的设计原则为:(1)孔型宽度要满足进成品孔轧件有合适压下量;(2)孔型高度要满足成品不出现过充满,防止耳子缺陷;(3)孔型槽底要保证一定直线段,使轧件与推床有一定接触面,确保轧件进成品孔的推床的夹持能力。

成前孔型具体尺寸设计如下:

(1)孔型高度。等于轧后的轧件高度 $H_k = h = 200 \text{ mm}$ 。

(2)孔型槽口宽度 B_k :

$$B_k = b + \Delta$$

式中: b - 轧后的轧件宽度; Δ - 宽展余量。它随轧件尺寸、钢种、轧制温度等变化而变化,可取 5 ~ 12 mm,或更大一些。

取 $\Delta = 10 \text{ mm}$, $B_k = 240 + 10 = 250 \text{ mm}$

(3)第一孔型侧壁斜度: $y = 8\% \sim 15\%$,根据规格取 10%。若 y 值取得过大,轧件就将失去侧壁夹持轧件的作用。

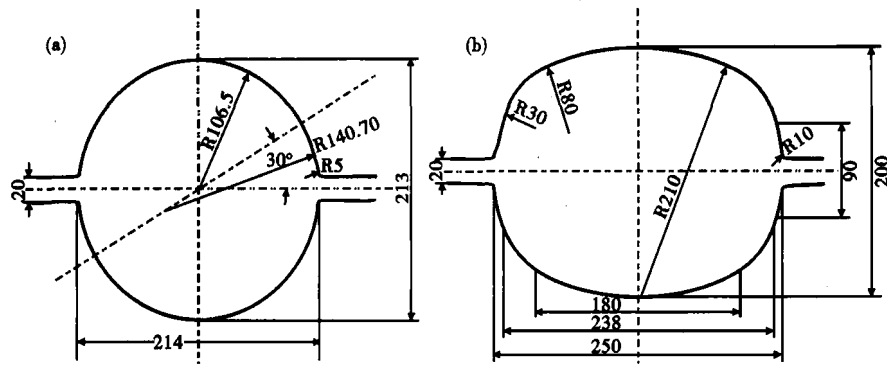


图2 Φ210 mm 成品圆(a)和成孔前(b)孔型图

Fig.2 Roll groove of finishing pass (a) and before finishing pass (b) for rolling Φ210 mm bars

$$(4) B_{k1} = B + \Delta h\beta \quad \beta = 0.25 \sim 0.35$$

式中: B - 进该孔型轧件宽度; Δh - 轧件在该孔型压下量; β - 宽展系数。

$$B_{k1} = B + \Delta h\beta = 230 + 30 \times 0.25 = 238 \text{ mm}$$

(5) 第二孔型侧壁斜度: $y = 15\% \sim 30\%$, 根据规格取 30%。

(6) 内圆角 $R1 = (0.08 \sim 0.12) B_k$; 当系数取 0.12 时, 则 $R1 = 0.12 B_k = 0.12 \times 250 = 30 \text{ mm}$ 。

(7) 双圆弧孔型由大圆弧 R , 小圆弧 R' 和辊缝组成, 大圆弧尺寸一般为成品公称直径的 1.0 倍, 小圆弧 R' 用画图法或按下式计算得到。

$$R' = [R \times H_k - \beta \times (B_k^2 + H_k^2)] / (2R - B_k)$$

$$\beta = 0.1 \sim 0.25$$

表2 调整后的Φ210 mm 压下规程

Table 2 Improved reduction schedule for rolling Φ210 mm bar

孔型号	孔型尺寸/mm $B_k \times H_k$ b_k	道次(n)	指盘数	压下量 (Δh)/ 度(H)/ mm	轧件高 度(H)/ mm	轧件宽 度(B)/ mm
I 孔	$\frac{700 \times 130}{680}$	1	300	40	470	350
		2	260	40	430	360
		3	220	40	390	370
		4	180	40	350	380
		5	180	40	310	390
		6	220	40	350	320
		7	180	40	310	330
		8	140	40	270	340
II 孔	$\frac{255 \times 150}{225}$	9	170	30	320	235
		10	140	30	290	241
		11	110	30	260	247
		12	84	26	235	250
III 孔	$\frac{238 \times 200}{250}$	13	25	25	225	240
		14	0	25	205	245
IV 孔	$\frac{214 \times 210}{214}$	15	3	35	210	210

注: 道次 4-5、8-9、12-13、14-15 进行翻钢。

经计算 $R' = 80 \text{ mm}$

$S = 20 \text{ mm}, R = 10 \text{ mm}$

根据以上计算即可作出 Φ210 mm 规格成前孔型图 (图 2b)。

2 试生产调试情况

本钢特钢厂的原压下制度在第 II 孔轧件尺寸 230 mm × 230 mm 作为预备方, 但在试生产时, 如按原压下规程轧制, 轧件在成品孔的充满度不好。钢材断面尺寸严重不合, 有对称的平台, 说明

轧件在成品孔充满度不够, 所以及时调整压下规程, 把每次翻钢前的最后一道次, 轧件尺寸均全部放开。进 III 孔轧件尺寸变为 235 mm × 250 mm。Φ210 初轧机压下规程调整如表 2。经过 8 支钢材的调整, 尺寸完全达到了 GB/T702-2004 I 组公差的要求。

3 结论

(1) 方轧件在大椭圆孔型, 比扁八角孔型轧制稳定性、咬入条件要好, 成前孔造型好, 满足成品孔对成前孔的轧件尺寸要求。圆钢成品孔外圆角 r 值适当增大, 使成品轧件形状更加理想。否则轧件易出现耳子缺陷。初轧机轧出的轧件上下比两旁尺寸要大, 成前孔尺寸 R' 在今后孔型设计中取上限。

(2) 推床工和压下工的配合对轧制大规格圆材是至关重要的。首先要快, 配合要默契。尤其在 II、III、IV 孔 (图 1) 钢材的咬入条件和推床夹持作用是轧制成型的根本保证。

(3) 2008 年 Φ210 mm 规格棒材经试轧一次成功, 生产合格钢材 8 108 t, 轧制合格率达 99.75%, 钢材组织性能及外型尺寸均符合国家标准。

参考文献

- 1 白光润, 栾瑰馥, 朱殿强. 孔型设计. 沈阳: 东北工学院出版社, 1992
- 2 上海市冶金工业局孔型学习班编. 孔型设计 (上册). 北京: 冶金工业出版社, 1977

孙东升 (1965-), 男, 高级工程师, 本钢特钢厂厂长, 1986 年东北大学毕业, 特殊钢产品冶炼与轧制的研究。

收稿日期: 2009-02-26