

矫直机力能分析与应用

马敬勋, 单为春, 李耕

(济南钢铁集团总公司 装备部, 济南 250101)

摘要:随着钢品种质量的不断创新, 轧制工艺的不断提高, 对矫直机的能力提出了更高要求。文中试通过矫直机力能分析与应用, 指出矫直机在使用中应注意的问题。

关键词:压下力; 扭矩; 功率

中图分类号: TG333.23

文献标识码: A

文章编号: 1002-2333(2007)09-0052-02

1 前言

随着钢品种的不断开发, 轧制工艺的不断创新, 对轧制生产中矫直机矫直能力提出了更高要求。济钢强力矫直机, 在使用过程中, 矫直机工作辊出现严重的麻点和疤痕, 并且工作辊粘氧化铁皮等, 使工作辊更换修磨频繁, 影响了强力矫直机能力的发挥; 在矫直 40mm 以上的高强度钢板时, 出现了矫不平, 甚至矫不动的现象。还发生了断传动接轴、甚至憋住主传动电机的现象。因此, 与矫直相关的力能分析, 对于对济钢强力矫直机使用和维护是十分必要的, 希望有助于同类型矫直机的使用、维护和设计。

2 矫直机压下力计算分析

2.1 压下力与温度、钢种和厚度

在矫直钢板宽度一定的情况下, 强力矫直机压下力与被矫直钢板的温度、厚度和钢种有关, 下面分别以 Q550 钢和 Q325 钢为例进行计算分析。

根据高强度钢种钢板的轧制工艺要求, 钢板在轧机轧制完成后, 在进入强力矫直机前, 需要通过冷却装置, 使钢板温度从 800℃ 以上在几分钟之内过冷到 600℃ 以下, 过冷后的钢板内部组织会形成珠光体、索氏体及贝氏体^[1]等组织, 钢板的强度极限 σ_b 达到 800MPa 以上, 即使是在 500℃~600℃ 时钢板的强度也在 350MPa~500MPa 之间^[2], 这时矫直钢板需要很大压力。通常情况下不允许超过矫直机允许压下力, 矫直机允许压下力 ΣP_y ^[3] 表达式为:

$$\Sigma P_y = \frac{5}{6} \frac{\sigma_s b h^2}{t} (n-2) \quad (1)$$

式中: σ_s 为钢板的屈服极限, Q550 钢板在 600℃ 时的屈服极限 $\sigma_s = 261\text{MPa}$ ^[2], 钢板在 500℃ 时的屈服极限 $\sigma_s = 342\text{MPa}$, 普通碳素钢板由于不需要过冷, 因此通过冷却装置后矫直温度一般不低于 700℃, Q325 钢板在 700℃ 时的屈服极限为 $\sigma_s = 90\text{MPa}$; b 为被矫直钢板宽度, $b = 3.3\text{m}$; h 为被矫直钢板厚度; t 为矫直机工作辊辊距, $t = 0.3\text{m}$; n 为矫直机工作辊数目, $n = 11$; 允许压下力为 $\Sigma P_y = 27500000\text{N}$ 。

经计算 Q550 钢板在 600℃ 时允许矫直厚度为 $h = 36\text{mm}$, Q550 钢板 500℃ 时允许矫直厚度为 $h = 31\text{mm}$ 。Q325 钢板在 700℃ 时允许矫直厚度为 $h = 61\text{mm}$ 。Q325 钢板在常温下允许矫直厚度为 $h = 32\text{mm}$ 。

通过以上计算可知, 矫直高强度钢板和矫直普通碳素钢所需要的压下力误差相当大, 如矫直 0℃ 时 Q325 钢板允许矫直厚度比矫直 500℃ 时 Q550 钢板允许矫直厚度还要低。如矫直 40mm 的 Q550 钢板在 600℃ 时所需压下力为 34452000N, 远大于允许压下力 27500000N。可见在矫直高强度钢板时, 不仅要了解在矫直前的温度、厚度, 更需要确定其屈服强度, 最终看是否在允许压下力范围之内, 不可盲目矫直。

2.2 强力矫直机工作辊必须满足表面接触应力要求

工作辊上的最大接触应力 $\sigma_{j\max}$ 应小于许用值 $[\sigma_j]$ (当安全系数为 1 时 $[\sigma_j] = 1020\text{MPa}$, 当安全系数取 1.3 时 $[\sigma_j] = 785\text{MPa}$)^[4], 最大接触应力 $\sigma_{j\max}$ 为:

$$\sigma_{j\max} = 0.418 \sqrt{\frac{PE}{bR}} \quad (2)$$

式中: P 为被矫直件对辊子最大压力, 按照 600℃ 矫直厚度 40mm 的 Q550 钢板时计算, $P = 5570136\text{N}$, 按照矫直厚度 40mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时计算, $P = 7302400\text{N}$; E 为工作辊弹性模量, $E = 210\text{GPa}$; R 为工作辊半径, $R = 140\text{mm}$; b 意义及数值同前。

计算得: 600℃ 时 $\sigma_{j\max} = 665\text{MPa}$, 500℃ 时 $\sigma_{j\max} = 762\text{MPa}$

通过计算可知, 矫直厚度 40mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时的接触应力小于许用接触应力, 但已经接近较高可靠性的许用值, 因此, 在矫直高强度钢板时, 应引起注意, 必要时进行接触疲劳强度校核。

3 矫直机驱动力计算分析

如前所述, 矫直机在生产过程中曾出现断传动接轴和憋住传动主电机的现象。因此对主传动的功率和扭矩进行计算是十分必要的。

(1) 扭矩计算分析, 矫直机扭矩 M_k ^[3] 为:

$$M_k = \frac{\sigma_s^2 b h D}{4E} a \quad (3)$$

式中: a 为塑性变形折算系数, 由于钢板经过水冷装置后会产生双向波浪, 取 $a = 32$ 。 D 为矫直机工作辊直径, $D = 0.28\text{m}$ 。 E 为钢板的弹性模量, $E = 206\text{GPa}$ 。其他符号意义及数值同前。

经计算, 矫直厚 36mm 的 Q550 钢板在 600℃ 时所需

扭矩为 88kNm, 矫直厚 31mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时所需扭矩为 130kNm, 矫直厚 61mm 的 Q325 钢板在 700℃ 时所需扭矩为 17.4kNm, 矫直厚 32mm 的 Q325 钢板在常温下所需扭矩为 117kNm。

以上看出, 钢板所需矫直扭矩与钢板强度的平方成正比, 矫直厚 31mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时所需扭矩比矫直厚 32mm 的 Q325 钢板在常温下所需扭矩还大。当矫直厚 40mm 的 Q550 钢板在 600℃ 时所需扭矩为 171kNm, 矫直厚 40mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时所需扭矩为 241kNm。这就是矫直 40mm 以上高强度钢板会出现断轴的一个重要原因。

(2) 功率计算分析, 矫直钢板所需功率 N 为:

$$N = \left[M_k + \sum P \left(f + \mu \frac{d}{2} \right) \right] \frac{2v}{D} \frac{1}{\eta} \quad (4)$$

式中: $\sum P$ 为作用在辊子上的压力总和, 矫直机允许压下力总和为 $\sum P = 55000\text{kN}$; f 为工作辊与钢板之间的摩擦系数, $f = 0.0008$; μ 为轴承的摩擦系数, $\mu = 0.005$; d 为轴承处直径, 取中值的为 0.1875m; v 为矫直速度, 调速范围为 0.44~0.88m/s; η 传动效率, $\eta = 0.7$; 其他符号意义及数据同前。

按照最低矫直速度 0.44m/s 计算得: 矫直厚 36mm 的 Q550 钢板在 600℃ 时所需功率为 708kW。矫直厚 31mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时所需功率为 897kW。矫直厚 61mm 的 Q325 钢板在 700℃ 时所需功率为 391kW。矫直厚 32mm 的 Q325 钢板在常温下所需功率为 839kW。

以上计算结果说明, 矫直高强度钢板所需功率和矫直普通碳素钢所需功率的差别相当大, 以上是在允许压下力条件下所矫直钢板而计算出的功率, 矫直机电机实际功率为两台 615kW 的电机, 当两台电机输出功率有 10% 误差时, 矫直厚 31mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时所需功率接近电机输出功率, 如果矫直厚 40mm 的 Q550 钢板在 500℃ 时所需功率为 1239kW, 可见已经超出电机功率, 如果考虑偏载, 某个电机超载就非常严重, 这是矫直厚度在 40mm 以高强度钢板憋住电机的重要原因之一。

以上计算是按照最低矫直速度进行计算的结果, 如果按照最高矫直速度, 所需功率要增大一倍。

4 应用

(1) 根据以上计算分析, 说明矫直机的矫直能力不能简单的用矫直温度和矫直厚度来表示, 被矫直钢板的强度是一个十分重要的指标, 根据生产工艺要求, 高强度品种钢在矫直前需要过冷至 600℃ 下, 而在 600℃ 以下的高强度品种钢的强度比普通碳素结构钢为冷板时的强度还要高。因此, 需要根据被矫直钢板的温度、厚度和强度来综合确定被矫直钢板是否在矫直机力能范围之内; 为此, 我们制定出不同钢种、不同宽度、不同温度下, 允许矫直钢板的厚度, 对矫直机的使用起到了很好的指导作用, 避免了设备事故的发生。

(2) 由以上计算可知, 压下力和扭矩与矫直速度无关, 矫直速度与电机功率成正比, 当矫直速度不满足要求时, 在主传动系统部件强度允许的情况下, 可适当提高电

机功率来满足矫直速度要求。

(3) 根据生产需要, 必须生产 40mm 以上的高强度品种钢板时, 所矫直钢板的宽度就必须受到限制。例如矫直厚度 50mm 的 Q550 钢板 500℃ 时允许矫直宽度为 1287mm。

(4) 由式(1)可知, 压下力与宽度 b 成正比、与厚度 h 的平方成正比, 在压下力不变的情况下, 当厚度 h 增加时, 宽度 b 会有较大幅度的减小。由式(3)可知, 扭矩与宽度 b 成正比、与厚度 h 成正比, 在矫直力允许范围内, 矫直较厚的钢板, 由于宽度下降幅度较大, 扭矩相对下降。由式(4)可知, 当所需扭矩下降时, 所需功率也相应减少。因此, 当压下力一定时, 钢板越宽所需扭矩越大, 所需功率也越高。

【参考文献】

- [1] 史美堂. 金属材料及热处理[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1980: 112-128.
- [2] 陈家祥. 连续铸钢手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990: 208-280.
- [3] 黄华清. 轧钢机械[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980: 380-404.
- [4] 曹仁政. 机械零件[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1985: 255-259.

(编辑 明 涛)

作者简介: 马敬勋(1959-), 男, 高级工程师, 主要从事机械设计及设备故障分析方面的工作。

收稿日期: 2007-03-30

由英特尔公司资助的美国普渡大学的研究人员开发出一种技术, 利用很小的“离子风电机”, 可大幅提高电脑芯片的冷却降温效果, 实验装置已将“传热系数”提升大约 250%, 而其它冷却增强实验方法通常只能提供 40% 到 50% 的改善。

研究人员在一块模拟的电脑芯片上搭建了他们的实验冷却系统。实验装置包含两个相距 10mm 的正负电极, 给装置加上电压后, 阴极在向阳极放电的过程中, 电子沿途跟空气分子发生碰撞, 产生正电离子, 然后又被阴极吸引回来, 由此形成了“离子风”, 这股微风增强了实验芯片表面的气流。研究人员利用红外成像技术测量发现, 该实验装置产生的离子风能够使电脑芯片的温度较通常情况降低 25℃。

常规冷却技术受限于“静止”(no-slip)效应, 即空气流经物体表面时, 最接近物体表面的空气分子保持静止, 离物体表面较远的分子的流动逐步加快。这种现象阻碍了电脑散热, 因为它限制了最需要散热的芯片表面的气流。新的方法可能会解决这个问题。利用离子风效应, 结合传统风扇制造的气流可直接作用于芯片表面。

该实验装置非常小, 未来可直接集成到电脑芯片中。通过把它置于芯片的特定“热点”, 可增强这些区域的风扇冷却效能。冷却效能提高后, 将可以使用更小的风扇, 这将有助于工程人员设计出更薄的运行温度更低的笔记本电脑。

研究人员下一步将着力使装置内的元器件尺寸从毫米级降至微米级, 并不断加固系统。专家预计, 这项新的芯片冷却技术将在 3 年内应用于电脑和其它便携式消费电子产品中。

美研发降温离子风电机