

1700 热轧带钢机架及辊系的分析

朱 明 (鞍钢集团朝阳钢铁有限公司设备工程部, 辽宁 朝阳 122000)

孙启祥 (鞍钢集团朝阳钢铁有限公司热轧厂, 辽宁 朝阳 122000)

张泽栋 (北京金自天成液压技术有限责任公司, 北京 100000)

摘 要: 朝阳钢铁有限公司 1700ASP 轧机 AGC 系统的工作条件极为恶劣, 机架及辊系承受巨大的轧制力、频繁咬钢抛钢冲击、剧烈的偏摆扰动, 本文借助有限元分析软件 ANSYS 对朝阳钢铁 1700mm 轧机机架, 主机框架和工作辊与支承辊的接触情况进行了分析, 找到了机架和主机框架的薄弱环节并提出了几种改善厚度精度的方法。

关键词: 板带轧机; 机架; 辊系; 有限元分析

1 引言

液压 AGC 是二十世纪六十年代发展起来的新技术。液压 AGC 就是借助轧机的液压系统, 通过液压伺服阀控制液压缸进油或出油来改变轧辊的位置, 以达到控制轧制厚度的一套自动控制系统。目前, 液压 AGC 技术在国外是一种被采用的厚度自动控制技术, 而在国内还处在不断发展和完善中, 与国外相比, 还存在较大差距。

目前, 国内已经投产的板带轧机液压 AGC 系统主要是由德国西马克公司及普瑞特提供。应该说是代表了目前板带轧机液压 AGC 设计最高水平。在轧机系统中机架与辊系是最重要的受力部位, 在轧制过程中承受着各种复杂的作用力, 本文借助 ANSYS 软件, 通过有限元方法对机架及辊系进行了静力分析, 在最大轧制力作用下, 机架和辊系的各个位置的应力分布情况进行了分析, 找到了最大应力点和应力比较大的部位, 进而对机架的结构优化做准备。

2 轧机机架的有限元分析

轧机机架是轧机系统的主要支撑部件, 在轧制过程中出现的主要轧制力都是通过轧机机架内部来平衡的, 因此对轧机机架的静力学分析很有意义。

2.1 轧机机架的三维建模及网格划分

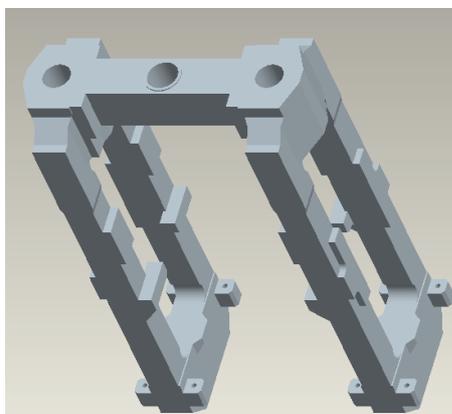


图 1 轧机机架的三维模型

轧机机架主要由三部分组成, 分别是操作侧牌坊、传动侧牌坊和横梁, 其中轧机牌坊采用的材料是 GS-45N (铸钢), 横梁同样采用的材料是 GS-45N (铸钢),

该材料的屈服强度 $\sigma_s=250\text{MPa}$, 机架的弹性模量 $E=2 \times 10^3\text{MPa}$, 泊松比 $\mu=0.3$, 密度 $\rho=7.8 \times 10^3\text{kg/m}^3$, 模型材料各项同性。图 1 和图 2 分别是轧机机架的三维模型和网格划分情况, 其中网格采用六面体网格进行划分。

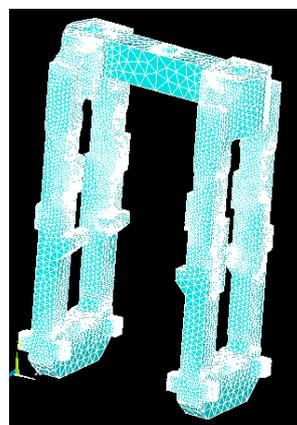


图 2 轧机机架的网格划分情况

2.2 轧机机架的载荷施加及约束情况

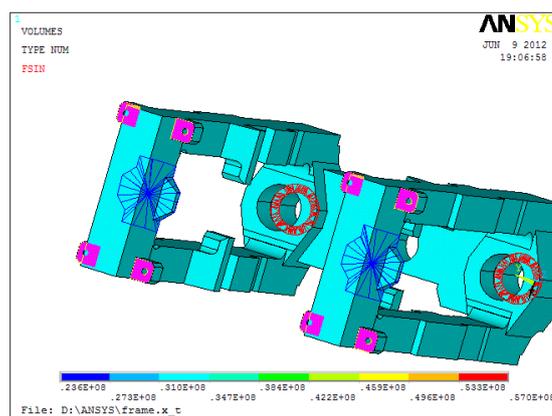


图 3 轧机机架约束施加情况

在轧制过程中, 机架的受力状态很复杂, 包括轧制力、摩擦力、侧向冲击力等, 综合考虑各个情况, 以轧制力为最大, 其他力远远要小于轧制力, 因此, 在本文的分析中忽略其他力的影响, 只取轧制力为外载荷。两侧牌坊均承受着 5000t 的轧制力, 轧制力分别作用在两个牌坊的上受压面和下受压面。

同时根据现场的安装布置情况以及轧制过程中的受

力情况，轧机机架通过地脚螺栓连接，连接处为刚性约束，因此在轧机牌坊底部施加固定约束，轧机横梁处施加固定约束。图 3 位约束的施加情况。

2.3 轧机机架的变形情况

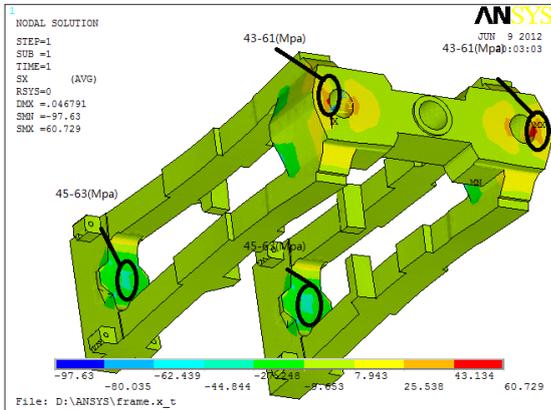


图 4 轧机机架在 x 方向的应力云图

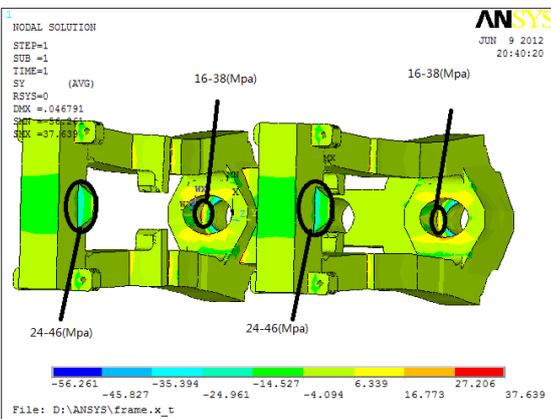


图 5 轧机机架在 y 方向的应力云图

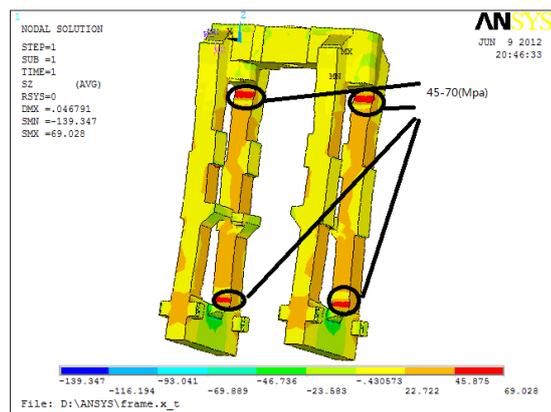


图 6 轧机机架 z 方向的应力云图

本文主要采用有限元分析软件 ANSYS 进行静力学分析，图 4 为轧机机架在 x 方向的应力云图，从图中可以在牌坊上端的丝杠安装孔处应力最大为 97.63MPa，牌坊下端压头安装位置应力为 63MPa。图 5 为轧机机架在 y 方向的应力云图，从图中可以看出牌坊丝杠安装内孔处应力最大为 56.261MPa。图 6 为轧机机架在 z 方向的应力云图，从图中可以看出在牌坊上、下圆角处应力最

大，值为 139.347MPa。

3 轧机辊系的有限元分析

3.1 轧机辊系的三维建模及网格划分

本文涉及的 1700m 板带轧机是四辊可逆轧机，工作过程中上、下工作辊为主要的受力部件，因此需要对上、下工作辊进行接触分析，接触分析是指在稳定轧制的时候，在某一瞬间在轧制力和压下力共同作用下，工作辊和支承辊表面的应力分布情况。该应力分布对于帮助制定工艺过程很重要。

要建立精确的有限元模型，材料模型的意义也是十分重要的。分析对象的轧辊使用材料为 70CrMoV，其弹性模量 $E=2 \times 10^3 \text{MPa}$ ， $E=202 \text{GPa}$ ，泊松比 $\mu=0.3$ 。各接触表面的摩擦类型为库仑摩擦，取轧辊和轧辊间摩擦系数为 0.15，轧辊与轧件间摩擦系数为 0.15。接触对间的法向刚度取为 $2 \times 10^8 \text{N/m}$ 。图 7 和图 8 分别是三维模型和网格划分情况。

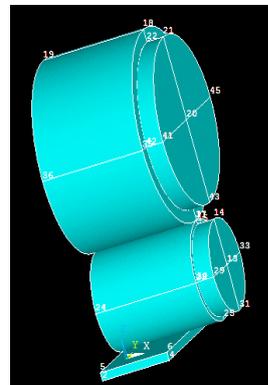


图 7 辊系的三维模型

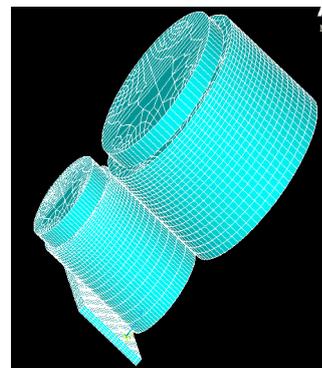


图 8 辊系的网格划分情况

3.2 轧机辊系载荷施加及接触设置

载荷和约束施加的正确与否，直接影响着分析的正确程度。由于建立轧辊的整体分析模型，所以分析时将载荷即轧制力直接施加在轧辊辊颈上，由轧辊传到轧件上。为了计算各辊系的强度和承载能力，取受力最大的情况进行计算，即将 10000t 的轧制力全部施加在轧辊辊颈上。由于建立了包括接触的整体模型，所以为模拟轧辊的真实工作状态，将位移约束全部施加在轧件的底部接触面上。

在定义接触对前，要确认模型在变形期间哪些地方可能发生接触，并通过目标单元和接触单元来定义它们，

由于几何模型和潜在变形的多样性,有时候一个接触面的同一区域可能和多个目标面产生接触关系。图9为接触面情况。

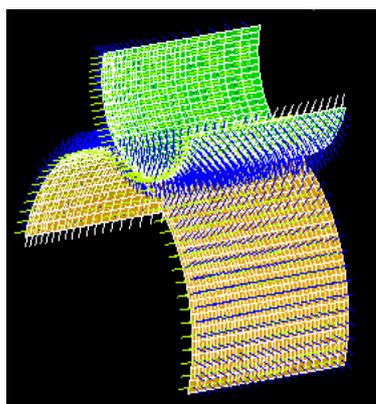


图9 接触表面情况

3.3 模拟计算结果及分析

在定义接触对前,承载厚度为2.65mm时,即在选完工作辊的上圆柱表面和支承辊的下圆柱表面为接触面以后,如图9所示,将二者都设定为厚2.65mm,此时支承辊与工作辊采用第四强度理论的等效应力。云图见图10,图11,图12,图13所示。各图清晰地表明了辊系的应力状态。从图中可见,轧辊的应力水平都不高,可以满足使用要求。

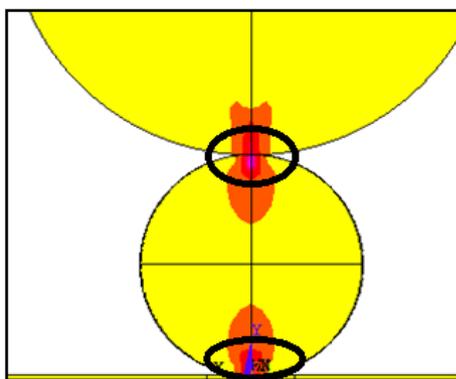


图10 轧机辊系的应力云图

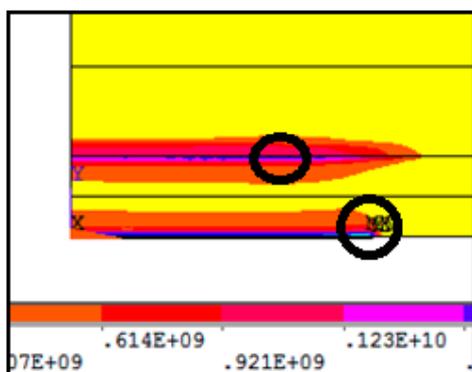


图11 轧机工作辊轴向的应力云图

图10是从轴端部观察在最大轧制力作用下,在平稳轧制的任意瞬时应力的分布状态。可以看出板与工作辊轧制力分布近似为椭圆形,其最大应力在黑色椭圆中的红色区域为276MPa,工作辊与支承辊接触的应力也近似成椭圆分布,最大区域在图中黑色椭圆中的红色区

域,为165MPa。

如图11所示为平稳轧制任意瞬间轴向应力分布,最大应力点为276MPa,此位置在板带与工作辊刚接触位置附近。工作辊与支承辊接触的轴向最大工作点为165MPa,发生位置在图中圆圈所在位置。

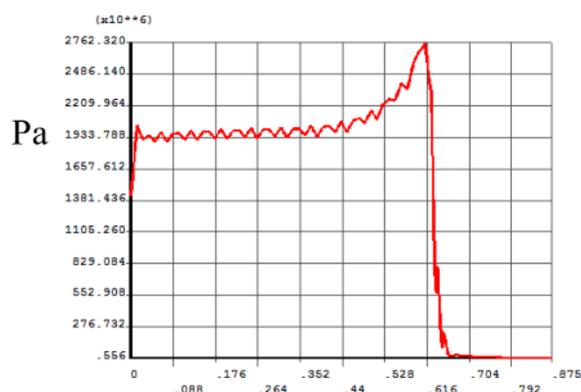


图12 与轧件接触的工作辊的轴向应力分布图

如图12中可以看到最大轧制力发生在大约0.6m的位置,这里是以截断的工作面为零点的,而轧件本身设定的长度解释0.7m,所以意味着在轧件与工作辊接触的边缘位置,应力值非常大,大约为276MPa。

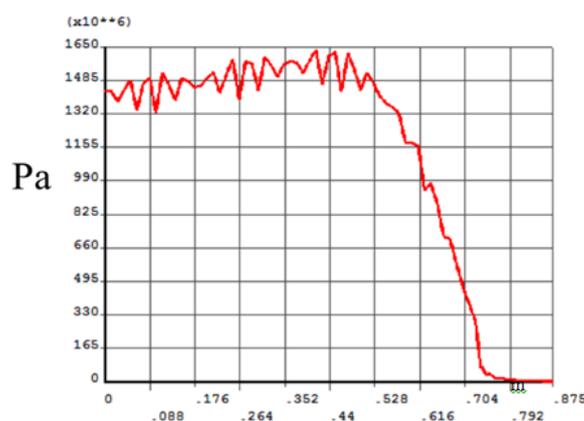


图13 支承辊轴向的应力图

如图13中可以看到最大轧制力发生在大约0.36m的位置,这里是以截断的工作面为零点的,而轧件本身设定的长度解释0.7m,所以意味着距离轧件与工作辊接触的边缘位置0.35m,应力值非常大,大约为165MPa。

4 结论

①找到了机架和主机框架的薄弱环节,主要集中在压下机构所对应的承载环面附近,最大不超过材料的强度250MPa,因此安全;②得出了工作辊与支承辊沿轴向的应力分布情况。辊系接触区的等效应力沿轧辊横向近似呈椭圆分布,等效应力由椭圆中心向外部逐渐减小。辊系接触区的等效应力沿轧辊轴向呈带状分布,在支承辊倒角的末端存在一定程度的应力集中现象,其余位置的等效应力沿轴向变化比较平稳,但是支承辊倒角末端的个别节点存在应力奇异,出现在辊面以下,其等效应力值达到276MPa,远大于其他节点的应力水平。产生应力奇异点的原因是倒角末端在建模时未进行圆角过渡,因为该圆角的曲率半径极大。