

弹条Ⅲ型扣件跟端形状对残余变形试验后趾端永久变形值的影响

安徽省巢湖铸造厂有限责任公司 (230001) 谢 敏

弹条Ⅲ型扣件用于连接标准轨距重载、快速、高速铁路和曲线半径不小于 350m 线路上 60kg/m 钢轨与无挡肩Ⅲ型预应力混凝土轨枕。随着我国国民经济的发展,铁路运输速度的不断提高,对铁道扣件弹性、减振效果和扣压力稳定性的要求也不断提高。因此,弹条Ⅲ型扣件在标准状态下组装时的扣压力稳定性为关键的质量特性。弹条经残余变形试验后,其趾端的永久变形值不得大于 1.0mm,为关键性的技术指标(弹条Ⅲ型扣件的安装形式见图 1,弹条几何尺寸见图 2)。我公司于 2001 年对弹条Ⅲ型扣件进行了工艺试制,同年通过铁道部专家组的验收,开始批量生产。

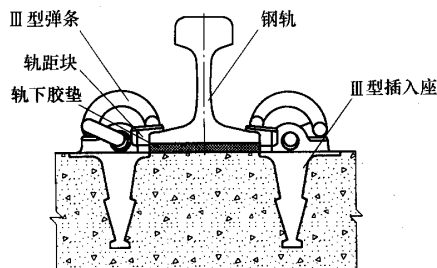


图 1

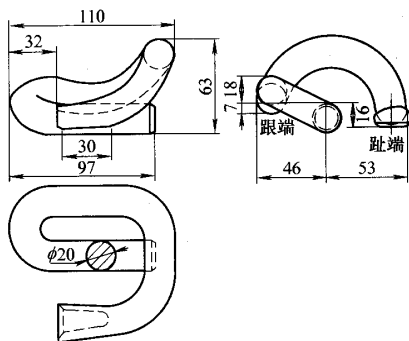


图 2

1. 问题的提出

弹条Ⅲ型扣件的加工工艺为:下料→加热→折弯成形→热处理。

按上述生产工艺,我们进行了弹条Ⅲ型扣件的生产。在其成品残余变形试验中,有时会出现趾端永久变形值大于 1.0mm 的情况。由于该项为关键性的技术指标,其不合格将会直接影响火车的运行安全,给铁路运输带来隐患,因此引起了我们的高度重视。于是,我们对不合格产品进行了深入的分析研究。

在弹条Ⅲ型扣件成品残余变形试验中,趾端永久变形值是由产品热处理质量和几何尺寸所决定的。我们对不合格的产品进行硬度检测,均达到设计要求的硬度(44~48HRC),可见热处理工艺不存在问题。因此,初步判断是由其几何尺寸存在问题导致的。而且,我们发现残余变形试验不合格的产品,普遍存在跟端侧向弯曲的情况(见图 3)。为此,我们对弹条Ⅲ型扣件趾端形状对残余变形试验永久变形值的影响进行了分析。

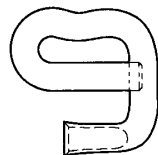


图 3

2. 建立弹条Ⅲ型扣件不同跟端形状的三维实体模型

要准确分析弹条Ⅲ型扣件跟端形状对残余变形试验趾端永久变形值的影响,必须在工程力学上对其进行结构分析。而在结构分析之前,必须建立产品的三维实体模型。由于一些专业的结构分析软件建模功能较差,我们采用 Pro/engineer 软件平台来建立三维实体模型。

Pro/engineer 软件是美国参数化公司 PTC (Parametric Technology Corporation) 1989 年推出的产品,是一个用于产品的三维设计、加工、分析及绘图的 CAD/CAE/

CAM 软件系统。该软件以使用方便、参数化特征造型和系统的全相关性而著称。目前, Pro/engineer 软件在我国电子、家电、模具及焊接等行业已取得了广泛的应用, 是国外 CAD/CAM 软件在中国国内用户数量最多的软件之一。

Pro/engineer 软件首次提出的参数化技术被称为 CAD 技术发展史上的第三次技术革命。他以强大的参数化设计和统一的数据库管理等特点实现了特征的尺寸驱动和 3D 实体与 2D 工程图的双向关联驱动、实体特征建模、零部件装配、NC 加工等功能, 克服了二维图形不能包含产品所有设计信息的不足。

为了便于以后的分析, 我们建立了两种模型(见图 4、图 5), 我们称合格产品(见图 4)为 CLIP-3; 不合格产品(见图 5)为 CLIP-3-1, 两者的区别在于跟端形状不同(见图 6、图 7)。

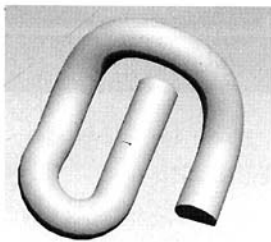


图 4

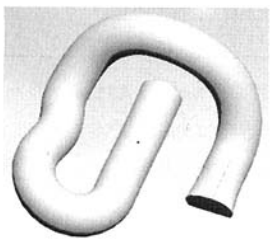


图 5

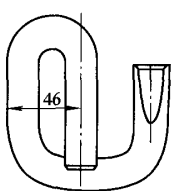


图 6

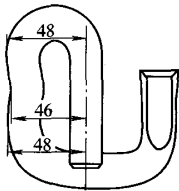


图 7

3. 对产品进行结构分析

由于该产品的结构比较复杂, 我们基于 ANSYS 软件平台对上述所建模型进行了结构分析。

随着计算机和计算方法的发展, 复杂的工程问题可以通过离散化的数值计算技术以及计算机得以解决。数值模拟技术是现代工程学形成和发展的重要推动之一。目前, 在工程领域应用最广泛的数值模拟方法是有限元法, 有限元计算结果已成为各类工业产品设计和性能分析的可靠依据和有效手段。ANSYS 软件是集结构、传热学、流体、电磁、声学、爆破分析于一体的大型通用有限元软件, 其开发商 ANSYS 公司是世界 CAE 行业最著名的公司之一, 长期以来一直致力于设计分析软件的开发和研制。许多国际大公司采用 ANSYS 软件作为其设计分析的标准, 在全世界拥有广泛的用户, ANSYS 软件已成为目前计算机辅助工程与工程数值模拟领域最有效的软件之一。

首先, 我们将 Pro/engineer 环境中建立的三维实体模型导入 ANSYS 软件环境中, 然后建立边界条件, 进行计算。在残余变形试验中, 由于该产品产生了微量的塑性变形, 于是我们根据塑性理论中的 VON MISES 屈服准则

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}$$

即我们采用非线性弹塑性静力结构分析。其分析步骤为: 建立几何模型、定义材料属性、单元相关属性、划分网格、施加约束和载荷, 最后求解。

通过上述步骤的分析, 得到如下 VON MISES 等效应力云图(见图 8、图 9、图 10 和图 11)。

对 VON MISES 等效应力云图结果比较, CLIP-3 最大应力分布区域较小, CLIP-3-1 最大应力分布区域较大。

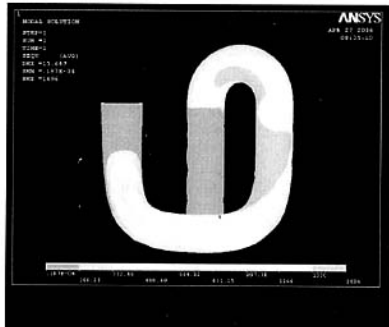


图 8 CLIP-3 正面

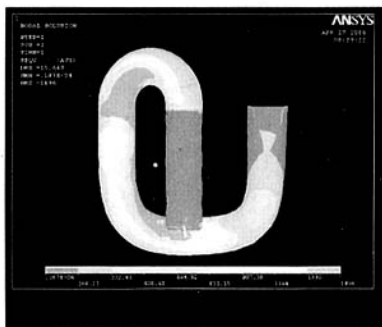


图9 CLIP-3 反面

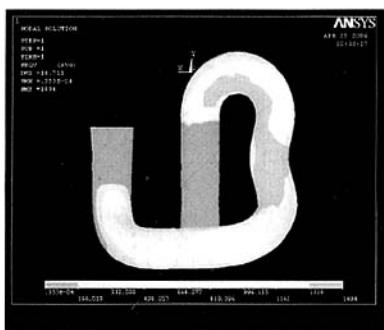


图10 CLIP-3-1 正面

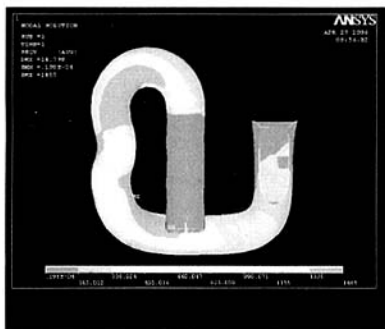


图11 CLIP-3-1 反面

CLIP-3 最大应变值为 0.002805mm, CLIP-3-1 最大应变值为 0.00347mm。

再对 VON MISES PLASTIC STRAIN 云图(见图 12 和图 13)进行结果比较。

通过上述分析,得出结论:CLIP-3-1 的塑性变形大于 CLIP-3,从而使得残余变形试验后,CLIP-3-1 趾端的永久变形值不合格。

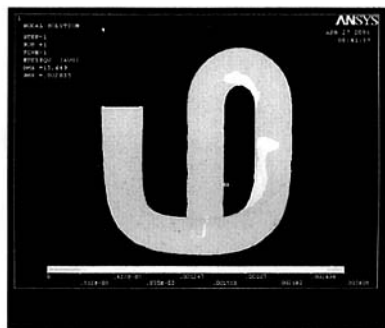


图12 CLIP-3

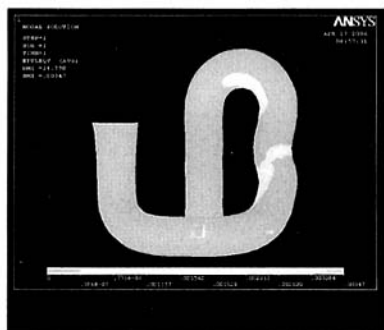


图13 CLIP-3-1

4. 残余变形试验对比

CLIP-3 与 CLIP-3-1 残余变形试验趾端的永久变形值,见下表。

	(mm)									
CLIP-3	0.46	0.48	0.74	0.58	0.64	0.54	0.76	0.56	0.58	0.72
CLIP-3-1	1.84	1.52	1.68	1.58	1.64	1.52	1.38	1.56	1.64	1.56

通过表中数据可以看出:CLIP-3-1 残余变形试验趾端的永久变形值均大于 1.0mm,产品不合格。CLIP-3 残余变形试验趾端的永久变形值均小于 1.0mm,产品合格。

5. 结语

在弹条Ⅲ型扣件的生产过程中,由于生产工艺问题造成产品跟端侧向弯曲,使得弹条Ⅲ型扣件弹条使用过程中最大应力分布区域变大,最大应变值变大,从而造成弹条Ⅲ型扣件残余变形试验趾端的永久变形值不合格。为此,我们相应地进行了生产工艺改进,严格控制跟端的形状,保证其侧向平直;不产生侧向弯曲,较好地解决了弹条Ⅲ型扣件残余变形试验趾端永久变形值不合格的问题,保证了其扣压性能,消除了火车车安全隐患。 (20061105)