

基于外部材料接口的循环塑性本构模型二次开发

蒋帆¹

¹华中科技大学 电气与电子工程学院

Abstract

目前的商用有限元软件中，描述导体材料多采用为双线性或者多线性硬化的本构模型，而如纯铜、铜铍合金等材料均在疲劳加载过程中都展现出了明显的棘轮效应等循环变形特征。线性硬化模型最大的一个缺陷是不能反映材料的循环硬化/软化、棘轮行为等循环变形特征；相反，非线性硬化模型能对导体材料的循环变形特征行为更为合理的模拟。另外，商用软件存在两方面不可避免的问题，一是非线性随动硬化模型发展迅速，商用软件内嵌的模型不能及时更新至目前更为合理的循环塑性模型，二是不能通过定义损伤变量来对材料损伤造成的材料承载能力的下降进行描述。解决以上问题，可利用商业软件提供的材料二次开发接口，通过编写二次开发子程序来实现用户所需的本构模型或功能。

在金属材料的循环塑性本构模型中，以Armstrong-Frederick随动硬化模型为基础进行修改和改进的非线性随动硬化模型得到了更为广泛的发展和应用，具有代表性的有Chaboche模型、Ohno-Wang模型、Ohno-Karim模型，各随动硬化模型之间的区别主要体现在采用了不同的随动硬化率。Ohno-Karim模型是Ohno和Abdel-Kaeim以A-F模型和Ohno-Wang模型为基础，提出的一个结合了二者优点的随动硬化模型，其能够更为合理地描述金属材料的棘轮效应，同时其算法收敛性得到了数学证明，有利于有限元实现。因此，本文将通过COMSOL提供的外部材料接口，对耦合了拉伸损伤的Ohno-Karim随动硬化模型，基于C语言编程并编译生成dll文件在COMSOL中实现用户二次开发的循环塑性模型。

Reference

- 1、孙衢骏.铜铌纳米复合导线力学特性与脉冲磁体疲劳失效的关系研究.[博士学位论文].华中科技大学, 2016
- 2、Sun Q, Jiang F, Deng L, et al. Uniaxial fatigue behavior of Cu-Nb micro-composite conductor, Part II: Modeling and simulation. International Journal of Fatigue, 2016, 91: 286~292
- 3、Kang G, Liu Y, Ding J, et al. Uniaxial ratcheting and fatigue failure of tempered 42CrMo steel: Damage evolution and damage-coupled visco-plastic constitutive model. International Journal of Plasticity, 2009, 25(5): 838~860
- 4、刘宇杰.金属材料多轴棘轮—疲劳交互作用的实验与理论研究.[博士学位论文].西南交通大学, 2008
- 5、倪永中.电站高温材料棘轮—蠕变交互作用的本构模型研究.[博士学位论文].华北电力大学(北京), 2010
- 6、康国政.非弹性本构理论及其有限元实现.西南交通大学出版社, 2010.
- 7、康国政, 高庆.循环稳定材料的棘轮行为:I.实验和本构模型.工程力学, 2005(02): 206~211
- 8、康国政.循环稳定材料的棘轮行为: II. 隐式应力积分算法和有限元实现.工程力学, 2005(03): 204~209

Figures used in the abstract

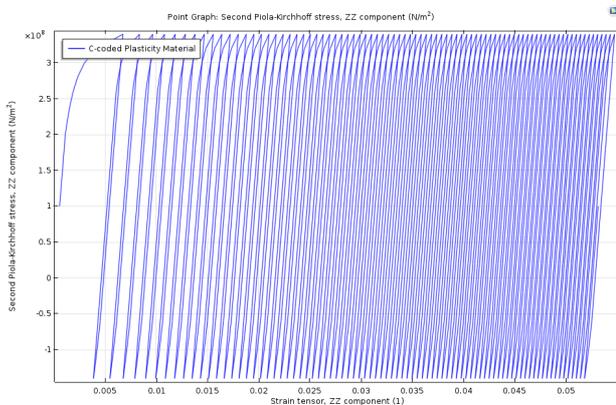


Figure 1: 循环塑性应力应变仿真曲线