

文章编号:1673-0062(2017)01-0028-05

剪切机间隙动态分析

张 迅,王湘江,尚星良

(南华大学 机械工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:剪切机是乏燃料后处理的关键设备,其高稳定性是工程研究对象.剪切间隙对剪切质量有着密切的关系.利用激光位移传感器记录间隙变化,并使用 Origin 软件对实验数据进行拟合分析,本文对剪切运动由于工件、刀具间的挤压应力造成的间隙变化以及间隙变化趋势、主刀形变趋势进行实验的数据分析研究,对剪切机剪切运动中的动态间隙变化进行研究分析.

关键词:剪切机;激光位移传感器;Origin 剪切间隙

中图分类号:TH113.2⁺1 **文献标志码:**A

Dynamic Analysis of Shearing Machine Gap

ZHANG Xun, WANG Xiang-jiang, SHANG Xin-liang

(School of Mechanical Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: Cutting machine is the key equipment of spent fuel reprocessing. Its high stability is the engineering research object. Shear gap has a close relationship with shear quality. The experiment uses the laser displacement sensor to record the gap change and uses Origin software to fit the experimental data analysis. This paper studies the shear movement between the workpiece and tool due to the stress change caused by the extrusion gap and gap trend, main deformation trend of experimental data, researches and analyse the dynamic gap change of shearing motion of shearing machine.

key words: shearing machine; laser displacement sensor; origin Shearing clearance

0 引 言

立式送料剪切机是动力堆乏燃料组件后处理厂首端的关键设备之一,它的工作程序主要包括

乏燃料组件的装料、送料及剪切.其中剪切是把燃料组件进行机械分离,再通过溶解池将燃料芯和包壳材料分离.因剪切机在高辐射环境下工作,所以要求剪切机有高可靠性、远程控制 and 灵便维修

收稿日期:2016-11-16

基金项目:湖南省教育厅一般项目(15C1182)

作者简介:张 迅(1978-),男,实验师,硕士,主要从事于机械制造及其自动化研究.E-mail:fin4004@qq.com

技术。

乏燃料的金属外壳的剪切过程是复杂的工艺过程,牵涉诸多力学分析,剪切间隙与剪切质量有着密切的关系.不同的剪切间隙对刀具的磨损以及剪切力、剪切效果产生着影响^[1-3].左科^[4]对乏燃料模拟组件剪切过程的有限元分析和实验发现主副刀间隙是剪切精度和刀具磨损原因之一.宋钦钦^[5]探讨了不同间隙与钢管剪切质量的关系.范彦汝^[6]通过数值模拟分析得出了剪切金属棒料的断裂过程和剪切力的大小、变化规律曲线.张迅^[7]对金属棒料断裂与剪切力关系、不同间隙下最大剪切力的变化以及刀具磨损程度进行了有效分析.在剪切运动中由于工件、刀具间的挤压应力造成的间隙变化以及间隙变化趋势、主刀形变趋势并未有过分析研究,本文对剪切机剪切运动中的动态间隙变化进行了实验研究分析.

1 间隙测量

1.1 系统构成

为分析剪切运动中间隙的变化情况,需对剪切过程进行记录.通过现场查看和研究,采用激光位移传感器进行间距变化数据采集^[8-11].实验系统构成如图1所示.

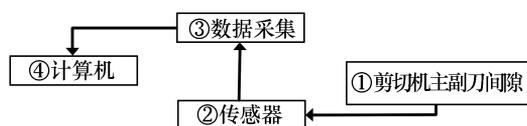


图1 实验系统结构图

Fig.1 Experimental system structure

主刀在运行过程中,激光位移传感器将光信号的变化转换成电压信号输出;数据采集系统将传感器输出的电压信号转变成计算机识别的数字信号,同时计算机存储数据以便分析.

1.2 剪切过程分析

立式送料剪切机系统由装料井、送料系统、剪切系统(包括剪切装置、剪切压紧液压装置)、端头接收装置、抓手洗涤槽、液压系统、气路系统及自控系统等组成.剪切系统中的剪切装置由副刀支架及副刀通过紧固螺栓及框架与剪切机构成固定装置;乏燃料棒由机械抓手悬吊于副刀支架上方,剪切前乏燃料棒被放下至副刀下方;启动主刀上方压紧装置,将乏燃料棒与副刀支架压紧固定,

以防止在剪切过程中剪切力造成乏燃料棒上端产生弯曲变形及发生偏移而损坏机械抓手;主刀通过液压传动装置向副刀位置运动形成剪切运动,主刀与副刀形成剪切力将棒料剪断.

1.3 测量方案

根据现场情况分析,将激光位移传感器安装在主刀刀头下方,并利用光反射原理采集主刀与副刀剪切时间隙及间隙变化情况.激光位移传感器采用 FT 50 RLA-40 型激光位移传感器是采用三角测量法的一类传感器,测量距离在 45 ~ 85 mm 时输出 0~10 V 的线性电压信号.计算机存储传感器输出电压信号时将其放大 4 倍,使其与距离信号保持对应关系,且设定 5 V 电压信号为距离测量的 0 刻度即测量距离在 65 mm 处为 Y 轴的 0 点,同时设定采样间隔为 0.02 s.测量实验示意图如图 2 所示.

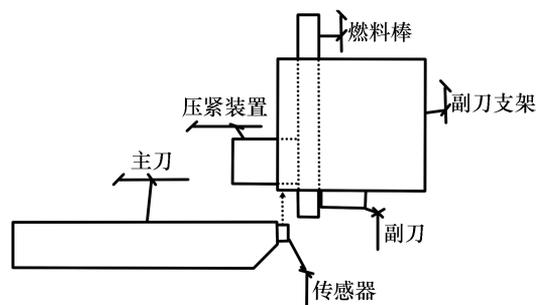


图2 测量实验示意图

Fig.2 Schematic diagram of measurement experiment

为有效分析剪切机剪切时的间隙情况,需进行空切测量(无棒料剪切间隙测量)和实切测量(有棒料实际剪切测量),通过两种数据的对比来分析剪切机剪切过程中的间隙情况.

首先,我们将乏燃料棒完全升起,使剪切机完成一次剪切,这时剪切机做了一次空切的运动,用激光位移传感器记录了整个空切时的距离信息.然后退回主刀,将燃料棒放下至超出副刀 20 ~ 30 mm 的位置,这时再用传感器采集一次实切的数据信息.

2 测量数据分析

根据以上所述的系统构成及测量方案,搭建了测量剪切机实验装置间隙的实验平台.实验数据如图 3 所示.

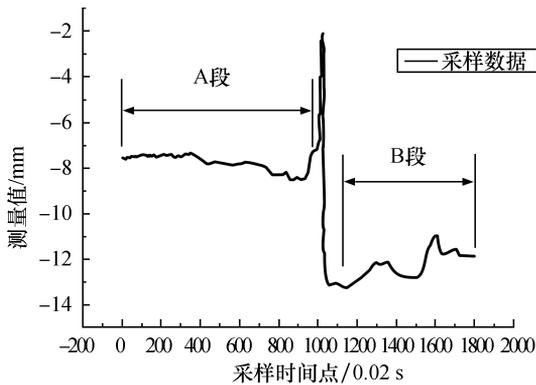


图3 实验数据
Fig.3 Experimental data

图3中,采集数据可以分为AB两段,其中A段是主刀与副刀支架间的距离数据,B段为主刀与副刀的距离数据,AB间的信号突变是副刀支架到副刀边沿产生的信号突变.因此,我们将对AB段进行分析,B段中出现了多个波峰数据,故将B段也进行了分区分析.

将A段和B段数据导入至Origin软件中^[12-14],分别进行曲线拟合.在Origin中我们选择非线性拟合及高斯拟合公式,且采用正交距离回归的迭代算法.如公式(1)所示.各段拟合参数值见表1.

$$y = y_0 + \frac{A}{w\sqrt{\pi/2}} e^{-\frac{(x-x_c)^2}{w^2}} \quad (1)$$

表1 参数值

Table 1 The value of parameters

	A段		B段1区		B段2区	
	空切 Value	实切 Value	空切 Value	实切 Value	空切 Value	实切 Value
y_0	-7.547 9	-7.266 1	-12.976 6	-12.352 6	-11.749 3	-11.170 6
x_c	617.412 1	317.933 9	87.503 6	146.128 2	42.912 5	58.445
w	286.602 4	552.419 8	210.639 4	96.004 8	38.829 5	44.629 4
A	-115.937 5	-416.745 6	206.115 2	125.661 8	16.097 8	103.912 2

2.1 A段数据分析

从实验现场及实验数据我们分析,本因平整的副刀支架表面采集到的A段数据信号出现了波动,其中前部分是因为支架表面的平整度造成,在靠近燃料棒附近的副刀支架剪切磨损造成表面凸起,A段数据后部分出现了较大偏离.将多组A段数据样本经过均值及非线性拟合(参数见表1)后的到图4.

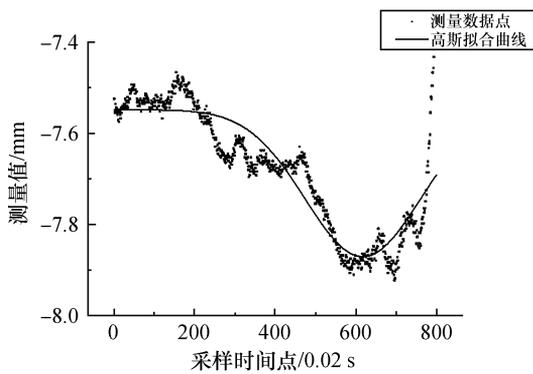


图4 A段拟合曲线
Fig.4 Fitting curve of A segment

经过分析,数据初始部分(0~200采样点)较平滑,标准误差在0.02,同时传感器存在<1%的绝对误差.采样点从200~600间,测量数据出现了超

过0.4 mm的下降,从现场检查和多组数据显示,该距离下降变化确为副刀支架靠近副刀位置因剪切磨损造成表面不平整所致.600~800为磨损不平整区域,800以后数据出现了突然上升,从图2和3中我们可以看到,此处是主刀接触副刀边沿造成数据突变.

图5是将A段的空切数据和实切数据进行比对,实切时主刀接触并挤压燃料棒,造成棒料钢管形变,剪切力随之增大,主刀同时也受钢管形变应力作用发生位移.因剪切机副刀支架固定牢固,不存在产生位移的可能性,因此,主刀位移变化造成的间隙变大.

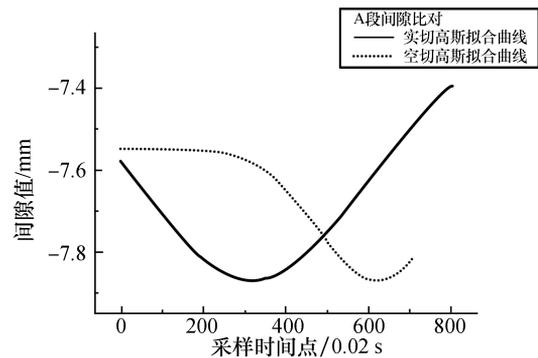


图5 A段空切与实切对比
Fig.5 Comparison between A segment empty cut and real cut

当棒料钢管形变达到最大限度时,剪切力、主刀受力出现峰值,主刀位移也出现峰值.由于主刀是从副刀下方对燃料棒进行剪切的,所以主刀是向远离副刀支架的方向发生开口式的偏移即向下方偏移.

2.2 B 段数据分析

B 段是主刀与副刀的剪切过程,如图 6.我们将 B 段分成 1 区和 2 区进行分析.

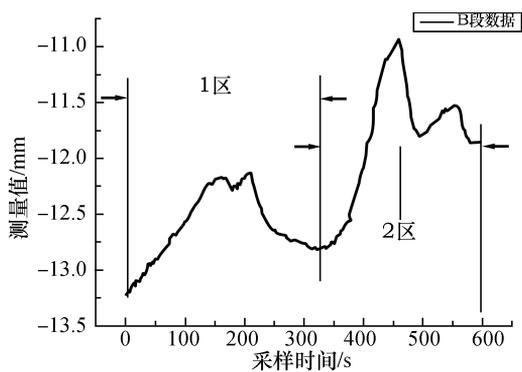


图 6 B 段完整数据
Fig.6 Complete data of the B segment

1 区和 2 区中同样将实验中的空切数据与实切数据进行比对,如图 7 和图 8 所示(参数见表 1).数据表明实切间隙出现了较大变化.当空切到达峰值时,实切间隙还在继续增加,此时主刀通过液压传动形成剪切力,挤压棒料造成钢体塑性应变达到材料的失效应变时,作用于主刀的应力达峰值,主刀位移造成间隙变化最大.棒料中一组被剪断后,主刀与棒料剪切力被释放,从而开口式的偏移迅速复位,主刀与副刀间隙逐渐恢复.在主刀复位过程中又开始棒料的后部分剪切,剪切力再次增加,同时主刀又受力产生形变位移,间隙值也逐步增大.最后,棒料被完全剪断后,间隙恢复.

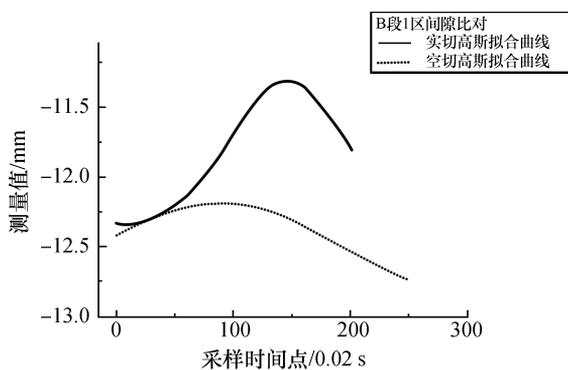


图 7 1 区对比图
Fig.7 The 1 District comparison chart

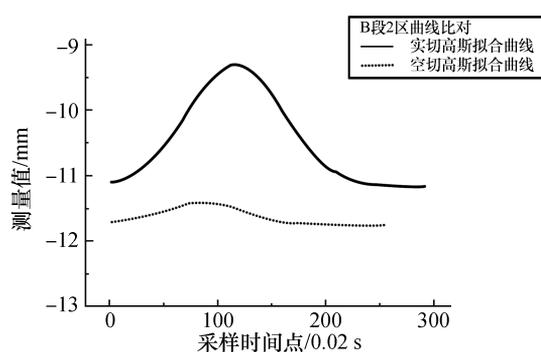


图 8 2 区对比图
Fig.8 The 2 District comparison chart

3 结 论

通过实验和数据分析发现剪切机在剪切乏燃料棒时主刀产生了开口式向下偏移,验证了剪切过程中受剪切力及棒料形变应力使主刀偏移造成剪切机间隙变化,且间隙是随着燃料棒组件剪切过程剪切力变化而逐步变化.主刀受应力及剪切力反作用力产生位移,造成剪切间隙不断变化.剪切机通过铰链连接和液压传动控制主刀进行的剪切动作,主刀用固定螺栓与传动装置进行固定.铰链、液压装置及固定螺栓势必存在工作间隙,主刀受力后反作用于传动系统,挤压各部件工作间隙,各部件受力后形变不在同一直线上从而造成主刀发生开口式偏移.

有效减小剪切过程中间隙变化建议进行如下改进:

- 1)改进主刀传动装置的设计,减少连接结构,保证主刀整体性;
- 2)改进安装主刀紧固螺栓的位置,减小主刀受力后非受力方向的位移.

参考文献:

- [1] 陈石保.金属圆棒料剪切间隙值的探讨[J].锻压技术,1992,17(4):13-15.
- [2] 李耀辉,李永堂.金属圆棒料径向夹紧高速剪切合理间隙值的研究及应用[J].热加工工艺,2014,43(5):92-95.
- [3] 郝滨海,夏霄红.棒料剪切机理与提高剪切精度的方法[J].锻压技术,2000,25(5):7-9.
- [4] 左科,王湘江,何价来.乏燃料剪切实验装置的精度分析[J].南华大学学报(自然科学版),2014,28(3):51-55.
- [5] 宋钦钦,郝南海.不同剪切间隙下钢管剪切的有限元分析[J].机械制造,2012,41(4):47-50.

(下转第 38 页)

- Networks, 29th Annual IEEE International Conference on. IEEE, 2004: 68-76.
- [8] WANG B. Coverage problems in sensor networks: A survey[J]. ACM Computing Surveys (CSUR), 2011, 43(4): 32.
- [9] WANG G, CAO G, BERMAN P, et al. Bidding protocols for deploying mobile sensors[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2007, 6(5): 563-576.
- [10] MA H C, SAHOO P, CHEN Y W, et al. Computational geometry based distributed coverage hole detection protocol for the wireless sensor networks[J]. Elsevier Journal of Network and Computer Applications, 2011, 34(5): 1743-1756.
- [11] ZHANG Y Z, ZHANG X, WANG Z, et al. Virtual edge based coverage hole detection algorithm in wireless sensor networks[C]//Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE. IEEE, 2013: 1488-1492.
- [12] 方伟, 宋鑫宏. 基于 Voronoi 图盲区的无线传感器网络覆盖控制部署策略[J]. 物理学报, 2014, 63(22): 128-137.
- [13] 王良民, 李菲, 秦颖. 基于移动节点的无线传感器网络覆盖洞修复方法[J]. 通信学报, 2011, 32(4): 1-8.
- [14] ZHANG Y, ZHANG X, WANG Z, et al. HDRE: coverage hole detection with residual energy in wireless sensor networks[J]. Journal of Communications and Networks, 2014, 16(5): 493-501.
- [15] WANG B, DENG X J, LIU W Y. Confident information coverage in sensor networks for field reconstruction[J]. IEEE Wireless Communications, 2013, 20(6): 74-81.
- [16] WEBSTER R, OLIVER M A. Geostatistics for environmental scientists[M]. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.
- [17] DENG X J, WANG B, LIU W Y. Sensor scheduling for multi-modal confident information coverage in sensor networks[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS), 2015, 26(3): 902-913.
- [18] DENG X J, WANG B, WANG N Y. Sensor scheduling for confident information coverage in wireless sensor networks[C]//Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2013 IEEE. IEEE, 2013: 1027-1031.
- [19] CARDEI M, THAI M T, LI Y, et al. Energy-efficient target coverage in wireless sensor networks[C]//INFOCOM 2005. 24th annual joint conference of the IEEE computer and communications societies. proceedings IEEE. IEEE, 2005, 3: 1976-1984.
- [20] DHAWAN A, PRASAD S K. Energy efficient distributed algorithms for sensor target coverage based on properties of an optimal schedule[C]//International Conference on High-Performance Computing. Springer Berlin Heidelberg, 2008: 269-281.
-
- (上接第 31 页)
- [6] 范彦汝, 王湘江. 金属棒料剪切的数值模拟分析[J]. 机械工程师, 2013(6): 84-86.
- [7] 张迅, 王湘江. 乏燃料模拟组件剪切断裂过程分析[J]. 南华大学学报(自然科学版), 2015, 29(4): 27-32.
- [8] 王丽, 许安涛, 王瑛. 激光器的发展及激光测距的方法[J]. 焦作大学学报, 2007, 10(4): 55-56.
- [9] 于培章. 激光三角法位移检测误差分析及改进[D]. 长春: 长春理工大学, 2013.
- [10] 于雷, 刘薇娜, 吴海红. 激光三角位移传感器信号采集系统设计[J]. 机械设计与制造, 2012, 49(5): 225-227.
- [11] 匡翠方, 冯其波, 李学哲, 等. 表面形貌与位置对激光位移传感器接收光强的影响[J]. 计量技术, 2004(1): 3-5.
- [12] 王明江, 唐璞山. 基于矢量斜率的分段线性拟合[J]. 软件学报, 1999, 10(2): 165-169.
- [13] 周浩. 线性数据拟合方法的误差分析及其改进应用[J]. 大学数学, 2013, 29(1): 70-76.
- [14] 邓晓敏, 张军朋, 吴先球. 利用 origin 确定实验中非线性函数的曲线关系[J]. 大学物理实验, 2011, 24(1): 73-76.