

低温磨损模拟试验机设计

Design and research of low temperature wear simulation testing machine

申 鹏^{1,2} 曹会琼¹ 乔玉莉¹

SHEN Peng^{1,2} CAO Hui-qiong¹ QIAO Yu-li¹

(1. 北华航天工业学院机电工程学院, 河北 廊坊 065000; 2. 中车眉山车辆有限公司, 四川 眉山 620032)

(1. Mechanical Engineering Department, North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang, Hebei 065000, China; 2. CRRC Meishan Co., Ltd., Meishan, Sichuan 620032, China)

摘要:基于模拟低温工况下的金属滚动接触行为,研发设计低温磨损模拟试验机。介绍了低温磨损模拟试验机的设计方法、使用方法以及主要的技术参数。详细阐述了低温磨损模拟试验机的滚动试验台、冷却系统、计算机测控系统,以及在使用过程中应注意的事项。低温磨损模拟试验机具有的优势:可根据试验需要模拟稳定的 $-60\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 环境温度,并且当温度过低时可自动报警并切断低温电磁阀电源;可单独调节试样1或试样2的转动速度,并根据需要任意调节滑动率。

关键词:低温;金属;液氮;试验机;摩擦

Abstract: On basis of the simulation of the metal contact behavior under low temperature condition, an experimental device for metal simulation testing under low temperature was designed and fabricated; then its designing method, operation, key technological parameters, and points for attention in usage and components such as rolling testing bench, computer control system, cooling system which are introduced in detail. The testing machine has many advantages as follow: Range of $-60\sim 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ambient temperature can be simulated steadily, which can be offset automatically and precisely through low temperature solenoid valve; The experimental speed of specimen I / specimen II can be adjusted independently as well as the sliding rate.

Keywords: low temperature; metal; liquid nitrogen; testing machine; friction

结式、隧道式、接触式、流化床式、鼓风式;国外还研发设计了液氮速冻设备^[1-4]。这些速冻设备需要在低温环境下长期工作。在速冻过程中这些低温设备的磨损问题较为突出。部分学者设计了低温磨损试验机来研究此问题,其中:路东辉等^[5]研制了一种在低温工况下压摆磨损试验机,主要针对特种衬垫材料,其最低温度可达 $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$;王长生等^[6]研制了真空高低温球盘式摩擦磨损试验机,主要针对新材料进行盘式磨损试验;Subramonia等^[7]研制了一台低温高速摩擦学试验机,主要应用于金属材料。

纵观低温磨损试验机发展现状可见,目前速冻运行过程中的低温磨损问题研究较少,由于低温工况下磨损现象非常复杂,影响因素众多,需要研究不同运动形式下的摩擦学问题。为此设计了一款低温磨损模拟试验机,以期减少速冻过程中的机械磨损提供技术支撑。

1 试验机简介

本试验机可以对各种金属材料,在滚动状态下进行耐磨性能试验,并可模拟不同工况(干态、水介质、油介质等)下的试验。本试验机带有测量装置,可实时检测摩擦系数和摩擦功,在制冷装置开启的情况下,可在低温环境下进行试验并检测。图1为低温磨损模拟试验机直观图。

2 主要技术参数

低温磨损模拟试验机主要技术参数见表1。

目前中国的速冻设备主要分为六大类:螺旋式、直接冻

基金项目:国家自然科学基金项目(编号:51405395);河北省高等学校科学研究计划项目(编号:QN2015257);廊坊市科学技术研究与发展计划项目(编号:2015011024);北华航天工业学院博士科研基金项目(编号:BKY201408)

作者简介:申鹏(1981—),男,北华航天工业学院讲师,博士。

E-mail: shen01111@aliyun.com

收稿日期:2018-02-01



图1 低温磨损模拟试验机

Figure 1 Low temperature wear simulation testing machine

表 1 低温磨损模拟试验机主要技术参数

Table 1 The main technological parameters of low temperature wear simulation testing machine

参数名称	单位	主要技术参数	参数名称	单位	主要技术参数
试验机外形尺寸	mm	970×660×1 100	滚动试验台重量	kg	500
冷冻机外型尺寸	mm	800×600×720	冷冻机重量	kg	300
试样 I 转速	r/min	100~400	冷气流压力	Pa	800
试样 II 转速	r/min	100~400	冷气发生量	m ³ /min	3~6
最大负荷	N	1 000	冷气发生温度	℃	-60~0
负荷范围	N	0~1 000	控温精度	℃	±2
温度控制		温控仪表控制,PID 调节,带 RS485 通讯			

3 试验机主要组成部分

低温磨损模拟试验机由滚动试验台、电控装置、冷却系统、计算机测控系统四大部分组成。

3.1 滚动试验台

滚动试验台结构示意图见图 2。

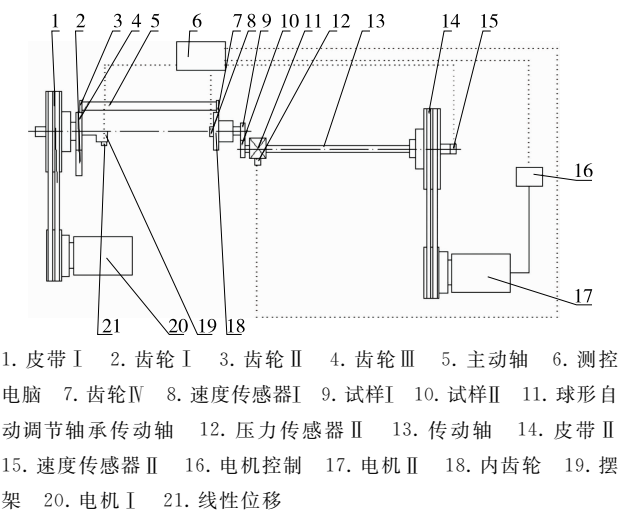


图 2 滚动试验台示意图

Figure 2 Schematic diagram of rolling testing facilities

电动机 I 通过皮带 I 带动齿轮 III 转动,齿轮 III 带动齿轮 II、主动轴转动,继而带动齿轮 IV、内齿轮转动,最终带动试样 I 转动;电动机 II 带动皮带 II 转动,在皮带 II 和球形自动调节轴承传动轴作用下,传动轴带动试件 II 转动;试样 I 和试样 II 的横向中心线应重合。

速度传感器 I 可测得试样 I 的转速;压力传感器 II 和速度传感器 II 可测得试样 II 的转速和压力,并实时显示到测控电脑上。通过电机控制可调节电机 II 的转速,以此来调节试样 II 的转速,通过试样 I 和试样 II 之间的速度差,可计算出二者之间的滑动率。

摩擦力矩等于试样 I 半径与摩擦力的乘积,此摩擦力矩可用摆架来测量。试验时,由于摩擦力的作用摆架会离开铅垂位置仰起一角度,通过线位移传感器可测得摩擦力矩。

为了防止试验时试样 I 和试样 II 松动,将试样 I 的螺纹设计为左旋,试样 II 的螺纹设计为右旋。

3.2 制冷系统

制冷系统由低温环境室、混气室、自增压液氮罐、液氮分配器、低温电磁阀、控制系统构成,见图 3。

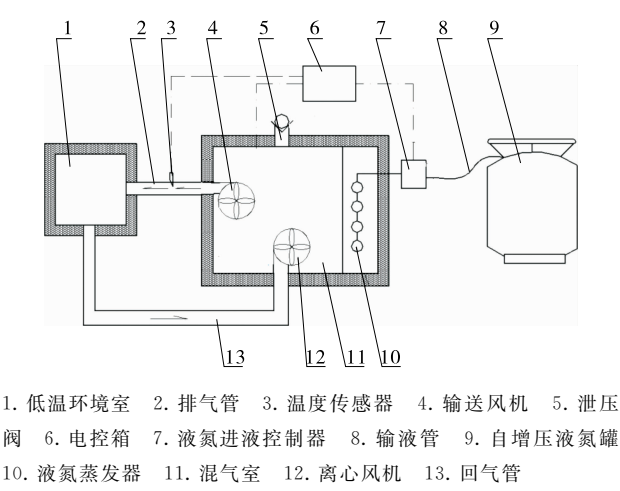


图 3 制冷系统示意图

Figure 3 Schematic diagram of refrigeration system

液氮由自增压液氮罐加压,通过输液管、液氮进液控制器进入混气室,低温氮气的温度是在混气室内通过控制氮气蒸发量与氮气回气混合比例来控制排出氮气的温度,混合好温度的氮气再通过输气风机输送到低温环境室。回气是通过离心风机抽回至混气室内,部分回气同新蒸发氮气混气,通过泄压阀将多余的氮气排放到室外。

温度控制通过调节温控仪表完成。当低温环境室的温度达到设置的温度时,通过 PID 调节自动控温。温控仪表自带报警温度控制,当低温环境室的温度达到报警温度-100℃时,报警指示灯闪烁,同时切断低温电磁阀电源。

3.3 计算机测控系统

图 4 为控制测量界面图,图 5 为系统分析报告界面图。

测控原理是由线性位移传感器检测出摩擦力矩信号,拉力传感器检测到的弹簧加载信号和光电传感器检测到的转速和转数信号经信号调理电路对信号进行放大和滤波处理后输入到专业数据采集卡,数据采集卡将输入的模拟信号转换为计算机所需的数字信号,计算机按照设计程序将采集到的信号经计算处理后分别以数字形式或波形图形式显示相

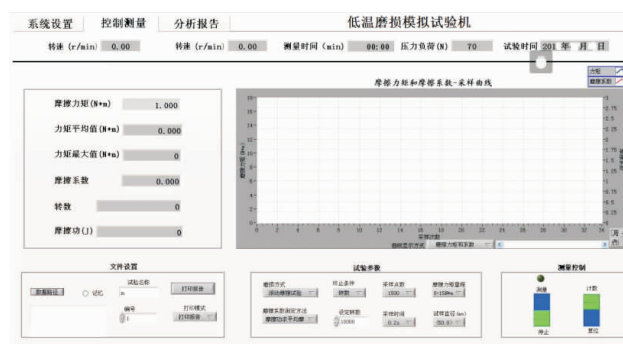


图 4 控制测量界面图

Figure 4 Interface diagram of control measurement

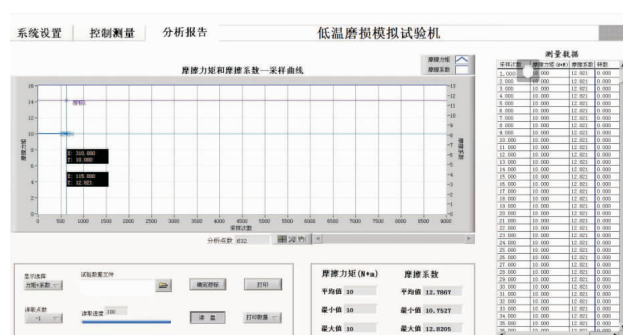


图 5 系统分析报告界面图

Figure 5 Interface diagram of system analysis report

关的测量结果。

测控系统的主要功能有:

(1) 测量摩擦扭矩相关参数: 载荷、平均力矩、最大力矩、摩擦系数、磨擦功。

(2) 显示测量时间, 试验转数, 试样 I / 试样 II 转速。

(3) 提供定时停试验机, 定转数停试验机。

(4) 提供压力载荷和摩擦扭矩的标定功能。

4 结语

低温磨损模拟试验机具有一定的先进性。可有效模拟低温环境下的金属滚动磨损试验。使用该试验机应注意以下几点: ① 使用过程中低温环境室的仓门必须关严, 使低温环境室保持密闭; ② 使用完毕后应及时关闭低温环境室的仓门, 防止低温环境室内结霜; ③ 要定期清除低温环境室内积水。

参考文献

- [1] 王洸宗. 高低温材料试验机及其发展动向: 2[J]. 试验机与材料试验, 1982(4): 36-49.
- [2] 马蕾, 王文健, 郭俊, 等. 低温下高速车轮材料滚动磨损与疲劳损伤行为[J]. 机械工程学报, 2017(20): 113-120.
- [3] 范寿孝. 高速高低温双滚子试验机的研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008: 1-3.
- [4] 李新焱, 谢锋, 卜浩然, 等. 一种橡胶低温回缩性能试验机及测试方法: 中国, 102539248A[P]. 2012-07-04.
- [5] 路东辉, 段洪浩, 刘彦波. 超低温特种衬垫材料摩擦磨损疲劳试验机的研制[J]. 工程与试验, 2015(2): 75-77.
- [6] 王长生, 齐毓霖. 真空高低温球盘式摩擦磨损试验机的研制[J]. 机械工程师, 2010(3): 50-52.
- [7] SUBRAMONIAN B, BASU Bikramjit. Development of a high-speed cryogenic tribometer: Design concept and experimental results[J]. Materials Science and Engineering A, 2006, 415(1/2): 72-79.
- [8] 辛艳伟, 集贤, 刘和. 裂果性不同的枣品种果皮及果肉发育特点观察研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(11): 253-257.
- [9] 刘蒋龙, 张淑娟, 申海霞, 等. 鲜枣轻微损伤力学特性的研究[J]. 农产品加工, 2016(15): 8-10.
- [10] 寇晓虹, 王文生, 吴彩娥, 等. 鲜枣果实解剖结构与其耐藏性关系的研究[J]. 食品科技, 2001(5): 67-68.
- [11] 马璐璐, 李岩, 温成荣, 等. 脱盐过程中盐渍海蜇质构及组织结构的变化[J]. 中国食品学报, 2016, 16(5): 61-67.
- [12] 董志俭, 王庆军, 黄静雅, 等. 南美白对虾蒸制过程中水分状态及质构的变化[J]. 中国食品学报, 2015, 15(2): 231-236.
- [13] 徐志斌, 陈青, 励建荣. 水发条件对海参 (Acaudina molpadioidea) 质构特性及微观结构的影响研究[J]. 食品科学, 2010, 31(7): 37-41.
- [14] 黄婷玉. 焙烤食品组分与面筋质构的关系及应用[D]. 南昌: 江西农业大学, 2015: 8.
- [15] WATTANACHANT S, BENJAKUL S, LEDWARD D A. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle[J]. Food Chemistry, 2005, 93(2): 337-348.
- [16] ROY B C, ANDO M, ITOH T, et al. Structural and ultrastructural changes of full-cycle cultured Pacific blue fin tuna muscle slices during chilled storage[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2012, 92(8): 1755-1764.
- [17] HUGHES J M, OISETH S K, PURSLOW P P, et al. A structural approach to understanding the interactions between color water-holding capacity and tenderness[J]. Meat Science, 2014, 98(3): 520-532.
- [18] CHIOU T K, TSAI C Y, LAN H L. Chemical, physical and sensory changes of small abalone meat during cooking[J]. Fisheries Science, 2004, 70(5): 867-874.
- [19] 韦玉龙, 于宁, 许铭强, 等. 热风干制温度对枣果微观组织结构的影响[J]. 农业工程学报, 2016, 32(7): 244-251.
- [20] 曹一博. 枣果实发育过程中生理代谢与裂果的关系[D]. 北京: 北京林业大学, 2013: 12.
- [21] 韦玉龙, 于宁, 许铭强, 等. 热风干制对哈密大枣表皮角质层的影响[J]. 现代食品科技, 2016, 32(9): 224-233.
- [22] 吴文莹. 防裂制剂对新郑灰枣果实品质和组织结构的影响研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014: 30.
- [23] 杨双双. CaCl₂对新疆不同品种枣的裂果研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2014: 30-31.
- [24] 吴玉蓉. 不同红枣品种果实和果核性状评价分析[J]. 新疆农垦科技, 2015, 38(2): 15-17.