

图1 高压脉冲引弧电路的组成框图

Fig. 1 Schematic of the high-voltage pulse ignition system

其工作原理是:交流电经整流、逆变升压、二次整流成为高压直流^[3],此直流电向由电容和脉冲变压器原边线圈所构成的电容电感支路中的电容充电。当电容两端的电压达到 4 000 V 左右时,触发电路产生单个触发脉冲,使并联于高压整流电路输出端的放电回路工作,电容通过此放电回路和脉冲变压器的原边电感线圈放电,从而在脉冲变压器的副边线圈感应出一个高压脉冲,击穿电极之间的间隙,产生火花放电。若此时电极两端与焊接电源两端相接,则电弧即被引燃。

1.2 高压脉冲引弧电路的设计与分析

高压脉冲引弧器的电路图见图 2,整个电路由整流电路、逆变升压电路^[4,5]、高压整流电路、触发电路和高压脉冲产生电路等组成。

图2 高压脉冲引弧器的电路原理图

Fig. 2 Circuit schematic of the high-voltage arc ignition device

引弧电路的工作过程:交流电经整流滤波变成 30 V 的直流电。 T_2, Q_3 构成一个逆变升压电路,将 30 V 的直流电逆变成频率为 13 kHz、峰值电压为 4 000 V 的中频交流电。 Q_1, Q_2, T_1 和 U_1 构成一个触发电路,为 Q_3 提供 13 kHz 的驱动脉冲,脉冲频率及占空比均可调,本设计中脉冲频率为 13 kHz,占空比为 50%。 U_1 的 3 脚用来控制脉冲的产生(设计中由微机来控制), K 和 T_3 构成脉冲产生电路,经 T_2 和 Q_3 逆变升压

后的电压对 C_{5-2} 和 C_{5-1} 充电,当 K 闭合时, C_{5-1} 和 C_{5-2} 经 T_3 和 K 放电, T_3 为耦合变压器,这样就将高压脉冲耦合到主电路中,使电弧引燃。

2 高压脉冲引弧器的实验研究

实验的目的:1)检验高压脉冲引弧的可靠性;2)检验高压脉冲引弧对电源控制系统的干扰性。实验的结果以及分析如下。

2.1 高压脉冲引弧的可靠性实验

本次设计的多功能钨极脉冲氩弧焊电源的最小焊接电流为 5 A,为此将焊接电流设定为 5 A 进行引弧实验。实验发现,由于焊接电流很小,电弧的稳定性很差,特别是在首次引弧的情况下,当钨极与工件之间的距离大于 6 mm 时,即使焊接电弧引燃,电弧也很难稳定燃烧。在 50 m 加长电缆的情况下,钨极与工件之间的距离小于或等于 6 mm 时,焊接电弧能够可靠引燃并稳定燃烧。

焊接电流较大(给定电流大于 10 A)时,焊接电弧的稳定性比较好,在引弧时可以适当加大钨极与工件之间的距离。实验发现,在 50 m 加长电缆的情况下,钨极与工件之间的距离小于或等于 12 mm 时,焊接电弧能够可靠引燃并稳定燃烧。

2.2 微机控制系统抗干扰实验

在上述高压引弧实验的过程中,无论是否可靠引燃电弧,微机控制系统均能正常工作,没有受到高压脉冲的干扰。继续增大钨极与工件距离到 25~30 mm 时,高压脉冲虽能够击穿钨极与工件之间的氩气间隙,形成高压放电火花,但是不能引燃电弧。经过数百次的实验,没有出现微机控制系统受到干扰的情况。

3 结 论

- 1) 本次设计的高压整流输出变压器体积小,工作可靠性高,减小了高压引弧器的体积和质量,使用简单,操作方便。
- 2) 该引弧器配合钨极脉冲氩弧焊电源进行焊接,引弧可靠,对电源控制系统无干扰。
- 3) 电弧引燃后,高压脉冲实现自动切除,提高了引弧器的使用寿命。
- 4) 该引弧器已经成功应用于熊谷电器有限公司生产的 DCT-400 微机控制的钨极脉冲氩弧焊电源中。

参考文献:

- [1] 姜焕中. 电弧焊及电渣焊[M]. 北京:机械工业出版社,1988.
- [2] 熊腊森. 焊接工程基础[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [3] 王 军,张树田,李新林,等. IGBT 的电路仿真模型及其特性模拟[J]. 河北科技大学学报,2001,22(1):16-21.
- [4] 殷树言. CO₂ 焊接设备原理与调试[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
- [5] 胡存生,胡 鹏. 集成开关电源的设计制作调试与维修[M]. 北京:人民邮电出版社,1995.

(上接第 226 页)

参考文献:

- [1] 朱日彰,何业东,齐慧滨. 高温腐蚀及耐高温腐蚀材料[M]. 上海:上海科学技术出版社,1993.
- [2] 穆柏春. 陶瓷材料的强韧化[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.
- [3] HE Ye-dong, STOTT F H. The effect of thin surface-applied oxide coating films on the selective oxidation of alloys[J]. Corrosion Science, 1996, 38(11): 1 853-1 868.
- [4] 于维平,章葆澄,蒋 蓉,等. 电沉积烧结 ZrO₂-8% Y₂O₃ 薄膜及其对 AlSi₃O₄ 不锈钢高温氧化行为的影响[J]. 中国稀土学报,1996, 18(3):223-226.
- [5] MA Jing, HE Ye-dong, WANG De-ren, et al. The effects of pre-oxidation and thin Y₂O₃ coating on the selective oxidation of 1Cr18Ni9Ti alloy[J]. Material Letters, 2004, 58: 807-812.
- [6] 马 静. 合金内外氧化转变的机理及表面状态对外氧化的促进作用[D]. 北京:北京科技大学材料科学与工程学院,2005.

文章编号:1008-1542(2006)03-0230-04

振动圆锥破碎机的动力学响应分析

赵月静, 彭伟, 侯书军, 秦志英, 王慧

(河北科技大学机械电子工程学院, 河北石家庄 050054)

摘要:对振动圆锥破碎机动力学方程应用解刚性方程的吉尔法(mgear)和 ode23tb 进行动力学响应分析,得到不同参数下的动力学响应曲线;分析这些曲线,得到使系统性能最优的结构参数,为化简后进一步分析该系统打下基础。

关键词:振动圆锥破碎机;超细破碎;MATLAB

中图分类号:TH113.1 **文献标识码:**A

Dynamics equations analysis of the vibration-cone-crusher

ZHAO Yue-jing, PENG Wei, HOU Shu-jun, QIN Zhi-ying, WANG Hui

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050054, China)

Abstract: Conduct numerical simulation by analysing its dynamics an ensure its perfect performance. Solving stiff equation method-mgear and ode23tb with its 12 degrees dynamics equation, analyse its dynamics responses and get some response curves. Analysing these curves, we lay the foundation of simplify the system.

Key words: vibration-cone-crusher; super tiny crush; MATLAB

矿物的破碎磨碎作业能耗极高,破磨领域节能意义重大^[1]。振动圆锥破碎机是实现超细破碎的节能型设备,可破碎高强度物料,磨损小,生产效率高^[2]。但与其他类型破碎机相比,振动圆锥破碎机是一种特殊的刚散强耦合非线性振动系统^[3],动力学特性十分复杂。进行动力学分析和设计,是获得性能优、效率高的破碎设备的前提。

1 振动圆锥破碎机的动力学方程

振动圆锥破碎机主要由动锥和定锥组成,动锥通过主振弹簧(K_1)与定锥相连,定锥通过隔振弹簧(K_2)与地基相连,动锥和定锥 2 个刚体均做空间自由运动: x, y, z 方向的平动和绕 x, y, z 方向的转动,各有 6 个自由度,分别为 $x_1, y_1, z_1, \alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ 和 $x_2, y_2, z_2, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$ 。图 1 为系统的动力学模型,利用拉格朗日方法建立了系统的动力学方程^[4]。

为了求其数值解,还需转化成标准的状态方程组。

设

图 1 简化的动力学模型

Fig. 1 Simplified force modeling

$$\mathbf{Z} = [z_1 z_2 z_3 z_4 z_5 z_6 z_7 z_8 z_9 z_{10} z_{11} z_{12} z_{13} z_{14} z_{15} z_{16} z_{17} z_{18} z_{19} z_{20} z_{21} z_{22} z_{23} z_{24}]^T =$$

收稿日期:2005-04-07;修回日期:2005-12-16;责任编辑:冯民

基金项目:河北省教育厅基金资助项目(2004106);河北省博士基金资助项目(01547011D)

作者简介:赵月静(1974-),女,河北安国人,讲师,硕士,主要从事非线性振动利用、机电一体化与控制等方面的研究。

$$\begin{aligned} & [x_1 \dot{x}_1 y_1 \dot{y}_1 z_1 \dot{z}_1 \alpha_1 \dot{\alpha}_1 \beta_1 \dot{\beta}_1 \gamma_1 \dot{\gamma}_1 x_2 \dot{x}_2 y_2 \dot{y}_2 z_2 \dot{z}_2 \alpha_2 \dot{\alpha}_2 \beta_2 \dot{\beta}_2 \gamma_2 \dot{\gamma}_2]^T, \\ \dot{\mathbf{Z}} = & [\dot{z}_1 \dot{z}_2 \dot{z}_3 \dot{z}_4 \dot{z}_5 \dot{z}_6 \dot{z}_7 \dot{z}_8 \dot{z}_9 \dot{z}_{10} \dot{z}_{11} \dot{z}_{12} \dot{z}_{13} \dot{z}_{14} \dot{z}_{15} \dot{z}_{16} \dot{z}_{17} \dot{z}_{18} \dot{z}_{19} \dot{z}_{20} \dot{z}_{21} \dot{z}_{22} \dot{z}_{23} \dot{z}_{24}]^T = \\ & [x_1 \dot{x}_1 y_1 \dot{y}_1 z_1 \dot{z}_1 \alpha_1 \dot{\alpha}_1 \beta_1 \dot{\beta}_1 \gamma_1 \dot{\gamma}_1 x_2 \dot{x}_2 y_2 \dot{y}_2 z_2 \dot{z}_2 \alpha_2 \dot{\alpha}_2 \beta_2 \dot{\beta}_2 \gamma_2 \dot{\gamma}_2]^T, \end{aligned}$$

求得标准状态方程组如下:

$$\dot{z}_1 = z_2, \quad (1)$$

$$\dot{z}_2 = \frac{1}{m_0 + m_1} [-c_{x_1} (x_1 - x_2) - 4k_{x_1} (x_1 - x_2) + 4k_{x_1} h_1 \beta_1 - 4k_{x_1} h_2 \beta_2 + m_0 H \ddot{\beta}_1 + 2m_0 e \omega \cos \omega t \dot{\gamma}_1 - m_0 e \omega^2 \sin \omega t \gamma_1 + m_0 e \sin \omega t \ddot{\gamma}_1 + m_0 e \omega^2 \cos \omega t], \quad (2)$$

$$\dot{z}_3 = z_4, \quad (3)$$

$$\dot{z}_4 = \frac{1}{m_0 + m_1} [-c_{y_1} (y_1 - y_2) - 4k_{y_1} (y_1 - y_2) - 4k_{y_1} h_1 \alpha_1 + 4k_{y_1} h_2 \alpha_2 + m_0 H \ddot{\alpha}_1 + 2m_0 e \omega \sin \omega t \dot{\gamma}_1 + m_0 e \omega^2 \sin \omega t \gamma_1 - m_0 e \cos \omega t \ddot{\gamma}_1 + m_0 e \omega^2 \sin \omega t], \quad (4)$$

$$\dot{z}_5 = z_6, \quad (5)$$

$$\dot{z}_6 = \frac{1}{m_0 + m_1} [-c_{z_1} (z_1 - z_2) - 4k_{z_1} (z_1 - z_2) - m_0 g - 2m_0 e \omega \cos \omega t \dot{\alpha}_1 - 2m_0 e \omega \sin \omega t \dot{\beta}_1 + m_0 e \omega^2 \sin \omega t \alpha_1 - m_0 e \omega^2 \cos \omega t \beta_1 - m_1 g - m_0 e \sin \omega t \ddot{\alpha}_1 + m_0 e \cos \omega t \ddot{\beta}_1], \quad (6)$$

$$\dot{z}_7 = z_8, \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \dot{z}_8 = & \frac{1}{m_0 H^2 + I_{x_1} + m_0 e \omega^2 \sin^2 \omega t} [-c_{f_1} (\alpha_1 - \alpha_2) + 2m_0 e^2 \omega \sin^2 \omega t \dot{\beta}_1 - m_0 e^2 \omega \sin 2\omega t \dot{\alpha}_1 - m_0 e \sin \omega t \ddot{z}_1 + \\ & \frac{1}{2} m_0 e^2 \sin 2\omega t \ddot{\beta}_1 - m_0 e H \cos \omega t \ddot{\gamma}_1 + m_0 e \omega^2 H \sin \omega t + 2m_0 e \omega H \sin \omega t \dot{\gamma}_1 - m_0 g e \sin \omega t - m_0 \ddot{y}_1 H - \\ & 4k_{y_1} h_1 (y_1 - y_2) + (4k_{y_1} h_1 h_2 + 4k_{z_1} d^2) \alpha_2 + (m_0 e \omega^2 H \cos \omega t - m_0 g e \cos \omega t) \gamma_1 - \\ & (4k_{z_1} d^2 + m_0 g H + 4k_{y_1} h_1^2) \alpha_1, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\dot{z}_9 = z_{10}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \dot{z}_{10} = & \frac{1}{m_0 H^2 + I_{y_1} + m_0 e \omega^2 \cos^2 \omega t} [-c_{p_1} (\beta_1 - \beta_2) + 2m_0 e^2 \omega \cos^2 \omega t \dot{\alpha}_1 - m_0 e^2 \omega \sin 2\omega t \dot{\beta}_1 - m_0 e \cos \omega t \ddot{z}_1 + \\ & \frac{1}{2} m_0 e^2 \sin 2\omega t \ddot{\alpha}_1 + m_0 e H \sin \omega t \ddot{\gamma}_1 - m_0 e \omega^2 H \cos \omega t - 2m_0 e \omega H \cos \omega t \dot{\gamma}_1 + m_0 g e \cos \omega t + m_0 \ddot{x}_1 H + \\ & 4k_{x_1} h_1 (x_1 - x_2) + (4k_{x_1} h_1 h_2 + 4k_{z_1} c^2) \beta_2 + (m_0 e \omega^2 H \sin \omega t - m_0 g e \sin \omega t) \gamma_1 - \\ & (4k_{z_1} c^2 + m_0 g H + 4k_{x_1} h_1^2) \beta_1, \end{aligned} \quad (10)$$

$$\dot{z}_{11} = z_{12}, \quad (11)$$

$$\dot{z}_{12} = \frac{1}{m_0 e^2 + I_{z_1}} [-c_{q_1} (\gamma_1 - \gamma_2) - m_0 e \cos \omega t \ddot{y}_1 + m_0 e \sin \omega t \ddot{x}_1 - m_0 e H \sin \omega t \ddot{\beta}_1 - m_0 e H \cos \omega t \ddot{\alpha}_1 + (4k_{y_1} c^2 + 4k_{x_1} d^2) (\gamma_2 - \gamma_1) - m_0 g e \sin \omega t \beta_1 - m_0 g e \cos \omega t \alpha_1], \quad (12)$$

$$\dot{z}_{13} = z_{14}, \quad (13)$$

$$\dot{z}_{14} = \frac{1}{m_2} [-c_{x_2} \dot{x}_2 - c_{x_1} (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - (4k_{x_1} + 4k_{x_2}) x_2 + 4k_{x_1} x_1 + (4k_{x_1} h_2 + 2k_{x_2} h_2) \beta_2 - 4k_{x_1} h_1 \beta_1], \quad (14)$$

$$\dot{z}_{15} = z_{16}, \quad (15)$$

$$\dot{z}_{16} = \frac{1}{m_2} [-c_{y_2} \dot{y}_2 - c_{y_1} (\dot{y}_2 - \dot{y}_1) - (4k_{y_1} + 4k_{y_2}) y_2 + 4k_{y_1} y_1 - (4k_{y_1} h_2 + 2k_{y_2} h_2) \alpha_2 + 4k_{y_1} h_1 \alpha_1], \quad (16)$$

$$\dot{z}_{17} = z_{18}, \quad (17)$$

$$\dot{z}_{18} = \frac{1}{m_2} [-c_{z_2} \dot{z}_2 - c_{z_1} (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) - (4k_{z_1} + 4k_{z_2}) z_2 + 4k_{z_1} z_1 - m_2 g], \quad (18)$$

$$\dot{z}_{19} = z_{20}, \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \dot{z}_{20} = & \frac{1}{I_{x_2}} [-c_{f_2} \dot{\alpha}_2 - c_{f_1} (\dot{\alpha}_2 - \dot{\alpha}_1) + (4k_{y_1} h_1 h_2 + 4k_{z_1} d^2) \alpha_1 - \\ & (4k_{y_1} h_2^2 + 4k_{y_2} h_2^2 + 4k_{z_1} d^2 + 4k_{z_2} s^2) \alpha_2 + 4k_{y_1} h_2 y_1 - 4k_{y_2} h_2 y_2 - 4k_{y_1} h_2 y_2], \end{aligned} \quad (20)$$

$$\dot{z}_{21} = z_{22}, \quad (21)$$