

# 智能剥锌机锌片剥离过程建模及瞬态动力学分析

## Modeling and instantaneous of the zinc flake peeling process of the intelligent zinc

杨支海<sup>1</sup> 姜勇<sup>2</sup> 吕艳琼<sup>1</sup> 姜智<sup>4</sup> 张自强<sup>2</sup> 郭鑫<sup>23</sup>

Zhihai Yang<sup>1</sup> Yong Jiang<sup>2</sup> Yanqiong Lv<sup>1</sup> Zhi Jiang<sup>4</sup> Ziqiang Zhang<sup>2</sup> Xin Guo<sup>23</sup>

1. 云南驰宏锌锗股份公司会泽冶炼分公司 云南 654211

2. 矿冶科技集团有限公司 北京 100160

3. 北京科技大学机械工程学院 北京 10083

4. 青岛港湾职业技术学院 青岛 266404

1. Yunnan Chihong Zinc and Germanium Co Ltd Huize Smelting Branch Yunnan 654211

2. Mining and Metallurgical Technology Group Co Ltd Beijing 100160

3. School of Mechanical Engineering University of Science and Technology Beijing Beijing 10083

4. Qingdao Gangwan Vocational and Technical College Qingdao 266404

**摘要:** 本文以矿冶科技集团有限公司研发的智能剥锌机为研究对象,对其基本结构及锌片剥离过程进行了分析,建立了锌片剥离过程的仿真模型并对其瞬态动力学特性进行仿真分析,获得了单一正应力内聚模型下剥离载荷与刀具行程的变化规律,为智能剥锌机锌片剥离过程优化和智能控制提供理论参考和技术支持。该方法在工程实践领域具有广阔的应用前景。

**Abstract:** This article takes the intelligent zinc stripping machine developed by Mining and Metallurgical Technology Group Co., Ltd. as the research object, analyzes its basic structure and zinc stripping process, establishes a simulation model of zinc stripping process and its transient dynamic characteristics. The simulation analysis is carried out, and the change law of the peeling load and the tool stroke under the single normal stress cohesion model is obtained, which provides theoretical reference and technical support for the optimization and intelligent control of the zinc flake peeling process of the intelligent zinc peeling machine. This method has broad application prospects in the field of engineering practice.

**关键词:** 智能剥锌机; 锌片剥离; 瞬态动力学

**Keywords:** Intelligent Zinc Stripping Machine; Zinc Flake Stripping; Transient Dynamics

**DOI:** 10.12346/etr.v3i1.3124

据不完全统计,我国锌冶炼企业大小超过 350 家,只有云南驰宏锌锗、新疆紫金等少数大型企业采用大极板电解和自动剥锌,其余绝大部分采用小极板电解和人工剥锌<sup>[1]</sup>。目前,国外拥有成熟大极板自动剥锌技术的公司只有保尔沃特、日本三井和芬兰奥图泰公司。而国内只有几家院所企业对大极板自动剥锌技术进行了深入研究,尤以矿冶科技集团有限公司研发的智能剥锌机技术最为成熟<sup>[2]</sup>。2015 年在云南驰宏锌锗会泽冶炼厂完成国内首台套大极板自动剥锌机工

业示范应用,各项指标远超进口剥锌机,达到国际领先水平。

本文以矿冶科技集团有限公司研发的全新一代智能剥锌机 BGRIMM-3.2 为研究对象,在前期研究成果的基础上,对锌片的剥离过程进行了深入研究,详细分析了单一正应力内聚模型下剥离载荷与刀具行程的瞬态动力学特性,为智能剥锌机锌片剥离过程优化和智能控制提供理论参考和技术支持。

### 1. 智能剥锌机基本结构及剥离过程分析

智能剥锌系统主要包括上部剥锌系统和下部接锌码垛

**【基金项目】** 工信部智能制造专项“新型稀土铝锌合金智能生产系统及示范应用”(2017AA03)。

**【作者简介】** 杨支海(1984-),男,云南临沧人,工程师,本科,机械工程及自动化专业,研究方向:冶金机械与液压。

系统<sup>[9]</sup>,其中锌片剥离过程的主体装备结构如图1所示。

锌片剥离过程如下<sup>[4]</sup>:

(1)待剥离的阴极板放置在支撑架上。

(2)主剥刀架在阴极板的上方,开合油缸处于收缩状态,主剥刀处于打开状态。

(3)主油缸伸出,主剥刀向下进刀,使主剥刀的刀刃到达阴极板上沿以下,锌片上沿以上。

(4)开合油缸伸出,刀刃闭合。

(5)主油缸继续伸出,主剥刀开始剥锌,直至油缸伸出完毕,主剥刀刀刃到达锌片下沿下方,锌片与阴极板剥离完毕。

(6)开合油缸收回,刀刃打开。

(7)主油缸收回到初始位置,等待剥离完的阴极板被运走。

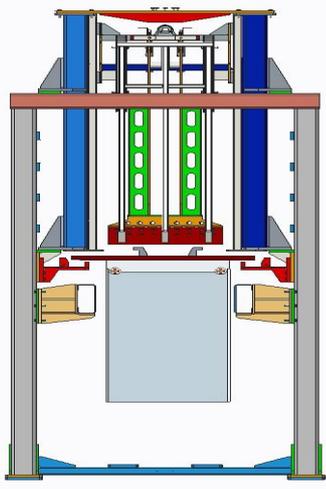


图1 剥离主体装备示意图

## 2. 锌片剥离过程建模及仿真

将锌铝粘结层用内聚力模型进行等效,建立锌铝结合层的力学模型和剥锌机构三维模型,其中剥离刀具角度为30度,锌片厚度为4mm,长度为1560mm,铝阴极板厚度为7mm,长度为1760mm。将此三维结构模型转化并导入有限元软件中<sup>[9]</sup>,对各结构进行有限元网格划分并施加载荷和约束,求解刀具与锌片接触面各时刻的载荷,对刀具剥离锌片过程进行仿真模拟。

(1)在材料库中选择主剥刀,铝,锌片,材料参数如表1所示:

表1 零件材料参数

零件名称	材料类型	杨氏模量(Pa)	泊松比
刀具	钢	$2.5 \times 10^{13}$	0.3
锌片	锌	$9.9 \times 10^{10}$	0.25
铝阴极板	铝	$3.3 \times 10^{11}$	0.238

(2)方向垂直于结合界面的正应力和与界面相切的剪切应力常被用作内聚力模型的控制参数,考虑到锌片主要受正应力作用而与阴极板分离,本文控制参数选取经过50次电沉积的铝板的锌铝结合峰值 $10.83\text{kg/cm}^2$ 作为结合界面的粘结正应力值<sup>[6,7]</sup>, $0.5\text{mm}$ 作为粘结层拉伸开裂位移值。

(3)如图2所示,在阴极板左侧端面施加固定约束,约束住左侧面所有节点的横向位移。对于锌片两侧挡板,为避免刚体位移,施加对地面的固定约束。

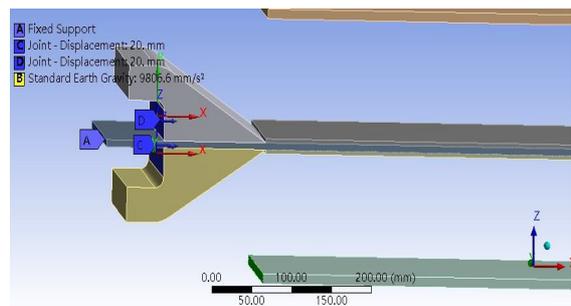


图2 约束及载荷设置

对于剥离刀具而言,采用位移加载的方式,对刀具左侧面所有节点施加均匀的x方向位移,令其移动1200mm,加载步数为200步。最后在x方向施加大小为 $9806.6\text{mm/s}^2$ 的重力载荷。为保证计算结果的收敛性,将内聚力单元的网格粘性系数设置为0.0005。

## 3. 锌片剥离过程瞬态动力学分析

设置剥刀运行3秒,行程为1200mm,并在这一过程中采取四种剥离速度,其中0-20mm速度为0.2m/s;20-300mm速度为0.28m/s;300-900mm速度为0.6m/s;900-1200mm速度

为  $0.3\text{m/s}$ 。求解剥离过程中刀具与锌片接触面(如图3所示)所承受载荷,即剥离刀具在沿  $x$  方向移动过程中绿色部分的各支点力的向量和,并绘制剥离载荷与剥刀位移之间的关系曲线。

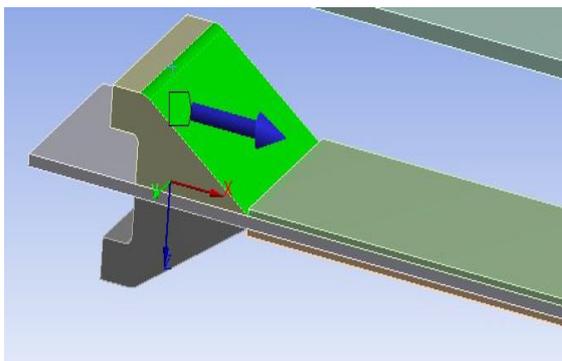


图3 刀具与锌片接触面示意图

经过处理后可以得到剥离载荷与刀具位移关系如图

4所示:

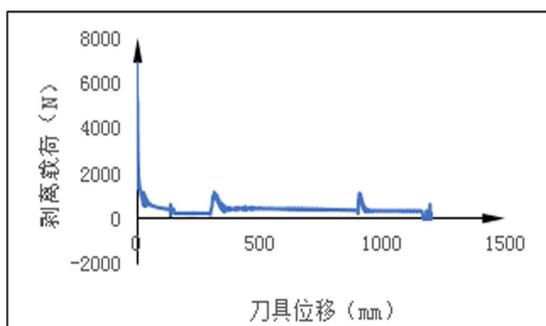


图4 剥离载荷与刀具位移关系

可以看出剥离载荷在剥离起始阶段迅速增大,在  $0.5\text{mm}$  时达到峰值后开始迅速下降,在运行  $137.19\text{mm}$  后达到稳定。随后剥离速度增大,在速度突变点剥离载荷显著增大,稳定剥离时的高速时的剥离载荷大小相比低速剥离时有所增大。刀具在运行  $1161\text{mm}$  后完成锌片的剥离。图中出现的几次载荷的突增分别对应刀具运动速度的突变点变位置,匀速剥离阶段的剥离载荷比较稳定且远小于剥离载荷峰值。这一过程与实际剥锌作业中载荷的变化过程是相符合的。

## 4. 结论

(1)提出了一种基于锌铝粘结结构内聚力等效模型的锌片剥离过程建模方法,并对锌片剥离过程进行了瞬态动力学仿真。

(2)仿真结果可以看出:剥离载荷在剥离开始后迅速增大到峰值后急剧减小,在刀具移动  $137.19\text{mm}$  后达到稳定,稳定剥离时的剥离载荷远小于峰值;随着剥离速度增加,速度突变点处剥离载荷显著增大,稳定剥离时,高速剥离相比低速剥离时载荷有所增大;刀具运行  $1161\text{mm}$  后完成锌片的剥离,远小于锌片的实际长度。

(3)该方法为智能剥锌机锌片剥离过程优化和智能控制提供理论参考和技术支持,在工程实践领域具有广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] 伍文丙. 锌电极大板板和自动化剥锌的应用实践[J]. 中国有色冶金, 2013, 42(6): 32-34.
- [2] 赵继平, 战凯, 郭鑫, 等. 基于 Pro/E 和 ANSYS 的大极板预剥离机设计与应用[J]. 机械制造, 2016, 54(624): 76-78.
- [3] 李恒通, 郭鑫, 姜勇, 等. 电沉积金属的剥离系统: 201520266366.3[P]. 2015-10-07.
- [4] 赵继平, 郭鑫, 姜勇, 等. 电沉积金属预剥离装置 201520265271X[P]. 2015-10-07.
- [5] 马玉娟, 吉卫喜, 宋丽娟, 等. 基于 ANSYS Workbench 的 ZC1 型蜗杆副瞬态动力学分析 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2018(3): 114-117.
- [6] 王凯, 姚进, 邓星桥, 等. 无侧隙端面啮合蜗杆副瞬态动力学分析 [J]. 工程科学与技术, 2017(1): 86-94.
- [7] 谭敏. 锌电积中铝阴极耐腐蚀性及剥锌力的研究[D]. 湖南工业大学, 2018.