

For citation: Huang Wei. Design of crushing device of straw crusher // Grand Altai Research & Education — Issue 2 (20)'2023 (DOI: 10.25712/ASTU.2410-485X.2023.02) — EDN: <https://elibrary.ru/orvrpz>

UDK 664.733

DESIGN OF CRUSHING DEVICE OF STRAW CRUSHER

*Huang Wei*¹

1 Hubei Digital Textile Equipment Key Laboratory, Wuhan Textile University, Wuhan, 430073, China;
E-mail: 3078541688@qq.com

Abstract: In this paper, the overall mechanism of the straw crusher, crushing efficiency, energy consumption, the use of key components and other aspects of the performance of the study, designed a three-phase asynchronous motor-driven hammer blade straw crusher. By analyzing the working conditions of the crusher and the characteristics of various types of applications, to determine the overall program of the straw crusher; based on the overall program, the overall structure of the straw crusher design, including the design of the rotating shaft verification, synchronous belt drive design calculations, etc., and ultimately complete the overall structural design of the straw crusher. It is of great significance to solve the problems of high energy loss, low processing efficiency, poor crushing quality and lack of work stability in the previous pulverizer.

Keywords: straw crusher; Structural design; 3D modeling; Hammer structure

秸秆粉碎机粉碎装置设计

*黄威*¹

1 武汉纺织大学, 湖北省数字化纺织装备重点实验室, 中国, 武汉, 430073;
E-mail: 3078541688@qq.com

摘要: 本文对秸秆粉碎机整体机构, 粉碎效率, 工作能耗, 关键部件的使用性能等方面进行研究, 设计了一款以三相异步电动机为驱动的锤片式秸秆粉碎机. 通过对粉碎机应用工况及各类的特点进行分析, 确定秸秆粉碎机的整体方案; 基于整体方案, 对秸秆粉碎机整体结构进行设计, 包括转轴的设计校核, 同步带传动的设计计算等, 最终完成秸秆粉碎机的整体结构设计. 对解决以往粉碎机中存在的能量损耗高, 加工效率低, 粉碎质量差, 工作稳定性不足等问题具有重要的意义.

关键词: 秸秆粉碎机; 结构设计; 三维建模; 锤式结构

0 引言

作为世界农业大国,我国每年有大量的农作物秸秆产生,过去经济落后,缺少秸秆处理工具,大部分秸秆都采用焚烧的方式处理,这种处理方法不仅会对自然环境造成损害,还存在火灾隐患.同时秸秆燃烧会加剧空气污染,导致雾霾天气的产生及恶化,而且对当地的水质,土壤及大气都会造成一定的影响与破坏 [1].

随着科技的发展,如何科学利用好农作物秸秆这一生物资源成为急需解决的农业问题 [2].通过研究发现秸秆可用于发电,造纸,提取乙醇等,但对秸秆可再生利用前,需要对秸秆进行粉碎处理,只有粉碎后的秸秆颗粒达到要求的尺寸才能进行下一步的应用,但从粉碎设备的能量损耗,加工效率,粉碎质量,工作稳定性,安全性等多个方面综合考虑,目前市面上存在的秸秆粉碎机还有很多需要完善的地方,粉碎后的秸秆利用率低,不能很好的满足各种应用领域要求的颗粒度,产生的经济价值有限,因此,对秸秆粉碎机进一步进行研究,优化其使用性能,对推动生物能源经济化,商业化的发展具有重要意义 [3].

1 秸秆粉碎机整体方案设计

综合分析常见粉碎机的适用范围及应用特点,确定采用锤式结构的粉碎机,结合常见的传动结构和驱动形式,确定采用三相异步电动机驱动配合皮带传动带动转子轴高速旋转,从而实现锤头对秸秆的锤击 [4].

锤式秸秆粉碎机是通过高速旋转的锤头与需要破碎的物料接触实现破碎的功能,包括粉碎箱,转子轴,锤头,筛板等组成.如图 1 为秸秆粉碎机整体方案模型.

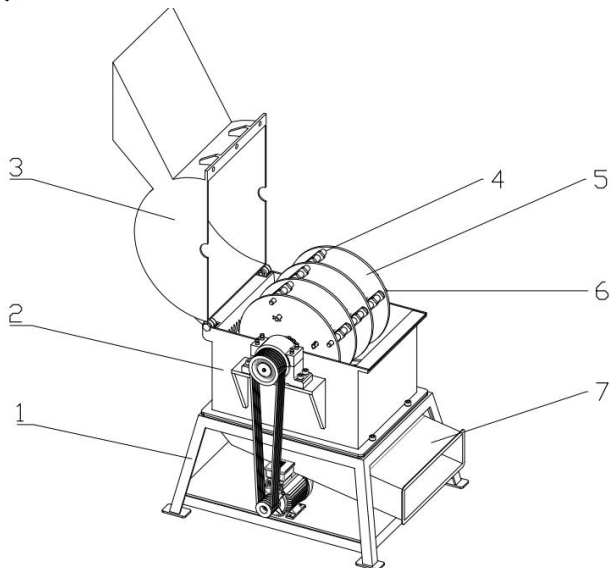


图 1 秸秆粉碎机

1 – 梯形机架; 2 – 箱体; 3 – 箱盖;

4 – 锤头安装轴; 5 – 转盘;

6 – 转子轴支撑轴承组件; 7 – 出料口

Fig. 1. Straw Crusher

1 – trapezoidal framework; 2 – cabinet;

3 – lid; 4 – hammer head mounting shaft;

5 – rotary; 6 – rotor shaft support bearing assembly; 7 – outlet

机架放置在地面上,采用梯形结构,具有较高的稳定性,采用 Q235 低碳钢材料焊接而成,表面喷漆做防锈处理.箱体通过螺钉固定到机架上,保证箱体在物料粉碎过程中的稳定性,箱盖与箱体间通过转轴连接,箱盖相对箱体可以实现转动,方便对箱体内的传动结构进行检修或对箱体内物料进行清理.将秸秆从进

料口送去粉碎箱, 转子轴上安装四排转盘, 转子轴与转盘通过平键传递动力, 沿转盘圆周方向均布 4 根锤头安装轴, 每个轴上安装六个锤头, 每根轴上的锤头交错布置, 以便锤头尽可能覆盖粉碎箱内的所有空间. 为了防止锤头在轴线方向上窜动, 两锤头间用轴套限位, 转轴两端通过滚动轴承支撑, 轴承安装在轴承座上, 轴承座固定在箱体上, 采用间接驱动的形式, 转轴输入端与带轮连接, 电机输出的动力通过皮带传动传递到转轴, 由于皮带具有一定的弹性, 在工作过程中, 可以将锤头反馈到转轴上的破碎力吸收掉一部分, 降低作用到电机轴上的冲击力. 转轴下方为圆弧状的筛板, 筛板根据破碎物料的尺寸预留相应尺寸的孔, 当物料比孔的规格小时, 通过筛板上的孔进去破碎后的物料收集箱, 筛板底部还预留残料出料口, 方便对粉碎机内部进行清理 [5].

2 秸秆粉碎机粉碎装置设计

根据锤击对象的不同, 锤头分为轻型, 中型和重型锤头, 本文粉碎对象为豆饼, 硬度较低, 因此选择轻型结构的锤头, 其形状如图 3 所示. 为了提高锤头的耐磨性, 锤头材料的选择和热处理形式为很重要, 本文选择 65Mn 合金钢材质, 通过调质淬火处理, 提高表面耐磨性.

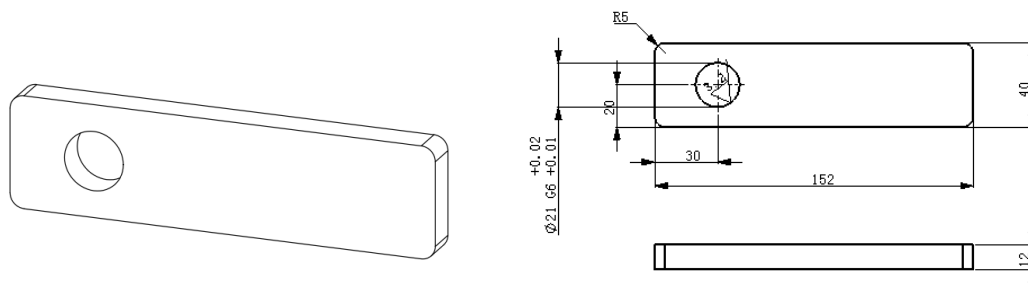


图 2 锤头

Fig. 2. Hammerhead

根据动量定理计算锤头质量时, 考虑到锤头打击物料后, 必然会产生速度损失, 若损失过大, 就会使锤头绕本身的悬挂轴向后偏倒. 降低生产率和增加无用功的消耗. 为了使锤头打击物料后出现偏倒, 能够通过离心力作用而在下一次破碎时物料很快恢复到正确工作位置. 所以, 要求锤头打击物料后的速度损失不宜过大. 一般允许速度损失 40% 到 60%, 即:

$$v_2 = (0.4 \sim 0.6)v_1 \quad (1)$$

式中:

V_2 为锤头打击物料后的圆周线速度, m/s;

V_1 为锤头打击物料前的圆周线速度, m/s;

若锤头与物料为了弹性碰撞. 且设物料碰撞之前的运动速度为 0, 根据动量定理, 可得:

V_2 为锤头打击物料后的圆周线速度, m/s;

V_1 为锤头打击物料前的圆周线速度, m/s;

若锤头与物料为了弹性碰撞. 且设物料碰撞之前的运动速度为 0, 根据动量定理, 可得:

$$mv_1 = mv_2 + m_m v_2 \quad (2)$$

由上式可知

$$v_2 = \frac{mv_1}{m+m_m} \quad (3)$$

式中

为锤头折算到打击中心处的质量 kg;

为最大物料块的质量 kg;

锤头的打击质量为

$$m = (0.7\sim 1.5)m_m \quad (4)$$

只是锤头的打击质量. 基于转动惯量, 根据锤头的打击质量计算锤头的实际质量为

$$m_0 = \frac{mr^2}{r_0^2} \quad (5)$$

式中

r 为锤头打击中心到悬挂点的距离, mm;

r₀ 为锤头质心到悬挂点的距离, mm.

3 秸秆粉碎机关键部件应力分析

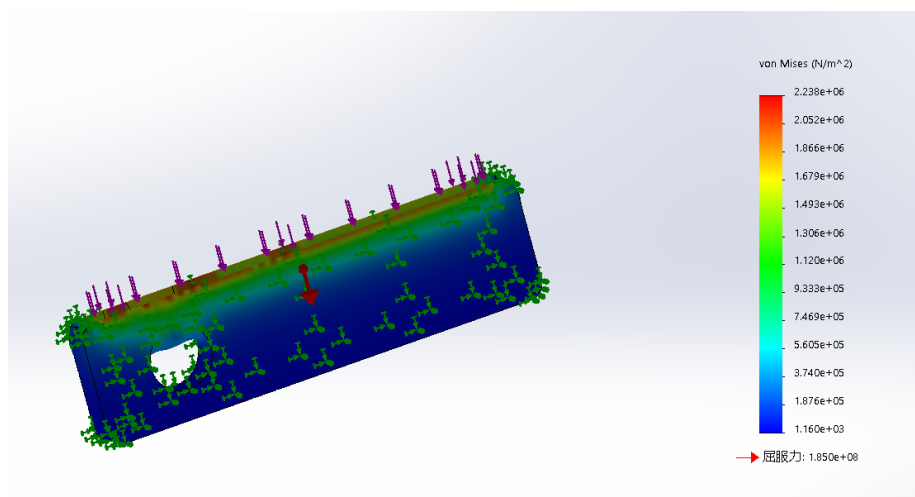


图 3 锤头应力分析

Fig. 3. Stress analysis of hammerhead

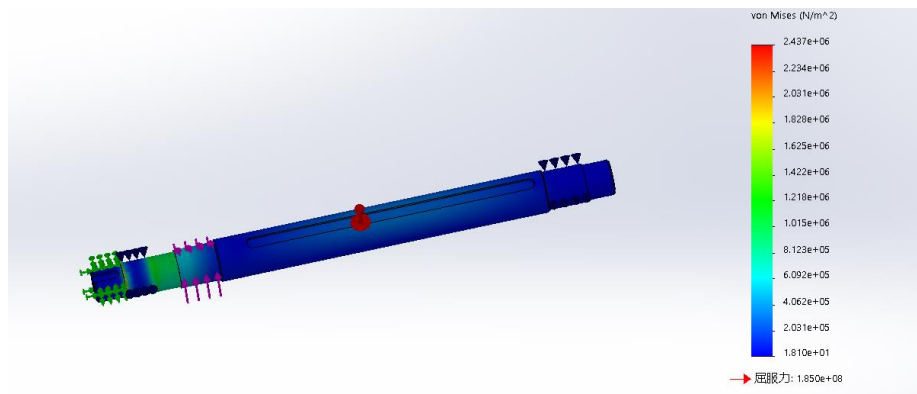


图 4 转轴应力分析

Fig. 4. Stress analysis of rotor shafts

4 结束语

本文对比以往秸秆粉碎机设计了一种采用锤式粉碎的秸秆粉碎机,建立了三维模型与运动模型,对秸秆粉碎机的关键机构进行了分析,并且对关键机构进行了选型与参数分析.本文设计的锤式粉碎机,解决了以往粉碎机中存在的能量损耗高,加工效率低,粉碎质量差,工作稳定性不足等问题,进而提高秸秆粉碎机的生产效率,对农作物秸秆的充分开发和利用具有重要的意义.

参考文献

- [1] 万欣. 当前农村秸秆处理存在的问题及对策研究 [J]. 河北农机, 2022(4):160-162.
- [2] 邓洁红, 曹乐平. 锤式粉碎机的优化设计 [J]. 粮油食品科技, 2005, 13(3):14-15.
- [3] 刘向东. 秸秆粉碎机的研究现状及发展方向 [J]. 农机使用与维修, 2022(6):18-20.
- [4] 吴秀兰, 田军涛. 锤式粉碎机 [J]. 橡胶工业, 2007, 54(5):313-314.
- [5] 栗思伟. 锤式破碎机关键技术研究和应用 [D]. 济南大学, 2020.
- [6] 汪志民. 6FQ-50 型锤式粉碎机的研究 [J]. 山东农机, 1989(2):15-16.
- [7] 成大先. 机械设计手册 [M]. 第五版第三卷. 北京化学工业出版社, 2008.

References

- [1] Wan Xin. Current problems of rural straw treatment and countermeasures research[J].Hebei agricultural machinery,2022(4):160-162.
- [2] Deng Jiehong, Cao Leping. Optimized design of hammer mill [J]. The technology of food and oil, 2005, 13(3):14-1521.
- [3] Liu Xiangdong. Research status and development direction of straw pulverizer [J].Use and maintenance of agricultural machinery,2022(6):18-20.
- [4] Wu Xiulan, Tian Juntao. Hammer Mill [J]. Rubber industry, 2007, 54(5):313-314.
- [5] Su Siwei. Key technology research and application of hammer crusher [D]. Ji'nan University, 2020.
- [6] Wang Ziming. Research on 6FQ-50 type hammer pulverizer [J]. Shandong Agricultural Machinery, 1989(2):15-1624.
- [7] Cheng Daxian. Mechanical Design Manual [M]. Fifth Edition, Volume III. Beijing Chemical Industry Press, 2008.