

文章编号: 1000-2276(2006)01-0029-05

基于有限元方法的液压压砖机活动横梁结构参数研究

张柏清 胡伟文

(景德镇陶瓷学院机械电子工程学院, 333001)

摘要

通过建立活动横梁和坯体的几何模型,用陶瓷粉末的参数及液压压砖机的压力进行定义和加载,分别分析了活塞动式和缸动式、改变活动横梁的结构尺寸在粉末压制过程中的作用,同时为今后液压压砖机的活动横梁设计提供理论参考。

关键词: 全自动液压压砖机,数值模拟,有限元

中图分类号: TQ 174.6*21 文献标识码: A

1 前言

干压成形是把粉料填入模型中压实成为坯体的一种成形方法。干压成形的优点是坯体的干燥收缩小,尺寸精度高。目前,干压成形在陶瓷墙地砖生产中得到了广泛的应用^[1]。但是,陶瓷墙地砖在压制成形过程中易造成夹层、边弯、裂纹、大小头等缺陷。人们总是希望陶瓷坯体在成形过程中的受力均匀,致密度一致。要消除粉料在压制过程中的不利因素,提高成形坯体质量,必须对粉料的力学性质和粉料在压制过程中的运动规律作重新认识和分析,寻找粉料在液压压砖机中压制时的机理,建立适合陶瓷压制成形的参数模型,以便为压制成形设备的设计和加工工艺控制提供理论依据,从而提高压制成形的良品率。故此展开陶瓷粉料在压制成形过程中的运动机理的应用基础研究,建立一套完整的陶瓷粉料压制理论有着重要意义。

本文通过建立活动横梁和坯体的三维几何模型,将粉末体作为连续体假设的基础上进行。应用 ANSYS 软件,从三维有限元的角度对不同活动横梁的结构下陶瓷粉末压制状态进行分析,导出产品厚度的均匀性的变化及致密度的变化,在陶瓷粉料压制过程中粉料的运动状态,为液压压砖机活动横梁设计提供理

论参考。

2 陶瓷粉末数学模型的建立

2.1 陶瓷粉末压制方程

为探讨陶瓷粉末在液压压砖机模具内的压制成形机理,采用双对数压制方程^[2]:

$$\lg 1n \frac{(d_m - d_0)d}{(d_m - d)d_0} = n \lg p - \lg M \quad (1)$$

式中 d 为压坯密度 g/cm^3 , d_0 为压坯原始密度(粉末充填密度) g/cm^3 , d_m 为致密坯体密度 g/cm^3 , p 为压制压应力 MPa , n 为硬化指数的倒数, $n=1$ 时,无硬化出现, M 为压制模量。

上式也可用双自然对数形式表示如下

$$\ln 1n \frac{(d_m - d_0)d}{(d_m - d)d_0} = n \ln p - \ln M \quad (2)$$

2.2 控制方程^[3]

ANSYS 的 LS-DYNA 模块在进行有限元计算分析时,应用的控制方程为:

质点运动方程:

$$x_i = x_i(x_j, t) \quad i=1,2,3 \quad (3)$$

取初始时刻的质点坐标为 X_i ($i=1,2,3$)。在任意 t 时刻,该质点坐标为 x_i ($i=1,2,3$)。

在 $t=0$ 时,初始条件为

$$x_i(X_j, 0) = X_j \quad (4)$$

$$x_i(X_j, 0) = V_i(X_j, 0)$$

式中 V_i 为初始速度。

质点动量方程：

$$\rho X = \sigma_{ij,j} + \rho f_i \quad (5)$$

式中 σ_{ij} 为柯西应力； f_i 为单位质量体积力； x_i 为加速度。

质量守恒方程：

$$\rho = J\rho_0 \quad (6)$$

式中 ρ 为当前质量密度； ρ_0 为初始质量密度； J 为体积比。

质点能量方程：

$$\dot{E} = V S_{ij} \dot{\varepsilon}_{ij} - (\rho + q)V \quad (7)$$

式中 V 为现时构形的体积； $\dot{\varepsilon}_{ij}$ 为应变率张量； q 为体积粘性阻力； S_{ij} 为偏应力； $S_{ij} = \sigma_{ij} + (\rho + q)\sigma_{ij}$ ； P 为压力

$$P = -\frac{1}{3} \sigma_{kk} - q。$$

2.3 几何模型的建立

陶瓷粉末压制的工作情况如图 1 所示，陶瓷粉末坯体在模具中的形状如图 2 所示。

陶瓷墙地砖粉末的堆积密度设定为 $\rho = 1.815 \times 10^3$ 千克 / 立方米，活动横梁的材料密度 $\rho = 7800 \times 10^3$ 千克 / 立方米。假定陶瓷墙地砖粉末的屈服极限 $f_v = 1.018 \times 10^4$ Pa。

通过 ANSYS 数据访问模块将 CATIA 中建立的陶瓷墙地砖粉末压制简化模型导入 ANSYS 程序中，建立迪卡尔坐标系，并作如下假设：

- (1) 陶瓷墙地砖粉末是可连续压缩体；
- (2) 陶瓷墙地砖粉末为非线性开尔文体；
- (3) 活动横梁和坯体的接触为面对面接触；

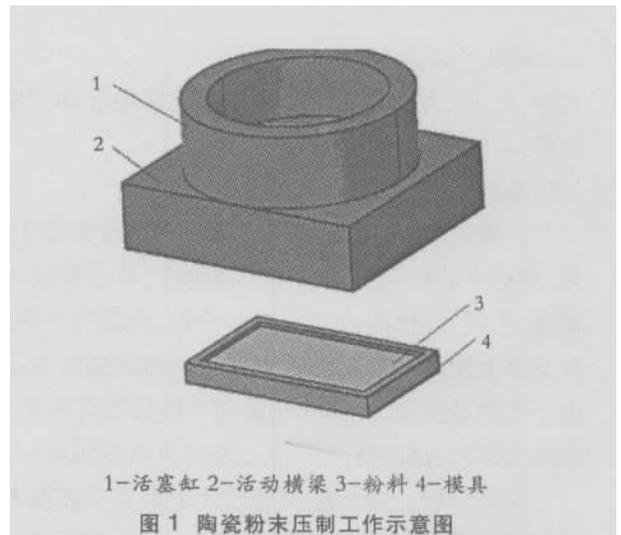


图 1 Sketch of ceramic powders compacting



图 2 Sketch of ceramic powders flan

(4) 将惯性力、重力等体积力忽略不计。

2.4 边界条件的确定

在压制时坯体的各个表面的载荷为：

$$t_i(t) = \sigma_{ij} n_j \quad (8)$$

式中 $n_j, j=1,2,3$ 为现时构形边界的外法线方向余弦； σ_{ij} 为应力， $i,j=1,2,3$ 。

位移边界条件：



图 3 活塞动式的示意图

Fig.3 The sketch of piston moving style



图 4 缸动式的示意图

Fig.4 The sketch of urn moving style

$$x_i(X_j, t) = K_i(t) \tag{9}$$

式中 $K_i(t)$ 为压制时坯体表面的位移函数 K 为接触刚度, $i=1, 2, 3$ 。

2.5 加载和求解^[4]

约束处理 约束处理的恰当与否直接影响计算结果, 要尽可能接近实际。由于对称性, 取主油缸、活动横梁、上模、坯体四分之一进行分析, 在相应对称面上分别加上对称面自由度约束; 在坯体的约束方案中, 由于受力是纵向, 坯体的底面和下模接触没有 Z 方向移动, 故对坯体的底面进行 Z 方向自由度约束。

加载分析: 由于压力远远大于重量和惯性力, 所以在活动横梁和主活塞接触处加 34M pa 的压强, 则 $p_{正} = 34M \text{ pa}$ 。通过 $\frac{p_{侧}}{p_{正}} = \frac{v}{1-v} = \xi$ 计算侧压力, 取陶瓷粉末的泊松比 $v=0.28$ 。坯体侧面受到的摩擦力 $F = f \xi p_{正}' L H_0 = f \xi p_{正}' S_{侧}$, 式中, f 为粉末(压坯)与模壁间的静摩擦系数, L 为周长, H_0 为高, ξ' 为压坯的侧压系数, $S_{侧}$ 为摩擦面积, 等于压坯侧面积。

3 结果分析

通过计算, 经过整理得到一些有益的启示, 见图 3 和图 4。

如图 3 和图 4 所示活塞动和缸动两种形式, 活塞动式的活塞直径为 1670mm, 缸动式的活塞外直径为 2170mm、内直径为 1670mm, 活动横梁的高度 550mm, 通过数值分析得出两者压制状态的区别。

云图中的力的单位为牛顿, 长度单位为毫米, 厚度的单位为毫米。经计算, 活塞动式坯体平面上的应力分布如图 5 所示, 坯体的厚度分布云图如图 6 所

示。由图中可以看出应力有差异, 最大应力和最小应力相差 8.6%, 坯体中心位置应力最大 (+6.548E+01 N/mm)。应力由外到内递增、厚度由外到内递减。缸动式坯体平面上的应力分布如图 7 所示, 缸动式坯体的厚度分布云图如图 8 所示。最大应力和最小应力相差 7.1%, 厚度差为 0.71mm, 坯体中心位置应力最大 (+6.464E+01 N/mm), 活塞动式坯体的厚度差为 0.89mm, 比缸动式的厚度差大 0.18mm。说明缸动式比活塞动式更有利于坯体的压制成型。

在活动横梁其它参数不变的情况下, 将活动横梁的高度由 550mm 增加到 650mm, 其坯体平面应力分布云图见图 9, 坯体厚度分布云图见图 10。从图 7、图 8、图 9、图 10 可知, 增加活动横梁高度比没有增加活动横梁高度的情况下, 最大应力减小了 0.135E+01 N/mm, 最大应力和最小应力相差的比例减少了 2.6%, 坯体的厚度差少了 0.53mm。

这主要是因为活动横梁的高度加厚的作用, 使得活动横梁受力变形更小, 从而使得压制力在横向尽可能宽的均匀分布在结构和坯体上, 使压制力分布更加均匀, 坯体的厚度变化小。

4 结论

综上所述, 不同结构的油缸和活动横梁的高度尺寸大小会影响陶瓷粉末坯体的压制质量, 结论如下:

- (1) 通过对缸动式和活塞动式的油缸结构的对比分析可知, 缸动式结构更有利于坯体质量的提高。由于液压缸由主活塞驱动, 因此主活塞与液压缸间的传力区域能够覆盖到液压缸的两侧, 使压制力得到均衡, 坯体的厚度误差大大减少; 再者, 缸动式结构使得

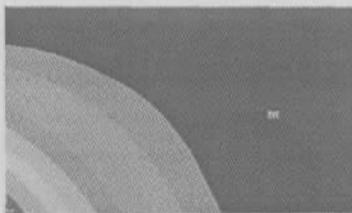


图 5 活塞动式 10mm 坯体平面上应力分布云图

Fig.5 Stress distribution in 10mm plane direction in piston moving style



图 6 活塞动式 10mm 坯体厚度分布云图

Fig.6 The thickness sketch of 10mm flange in piston moving style



图7 缸动式 10mm 坯体平面上应力分布云图
Fig.7 Stress distribution in 10mm plane direction
in urn moving style



图8 缸动式 10mm 坯体厚度分布云图
Fig.8 The thickness sketch of 10mm flange
in urn moving style



图9 缸动式 10mm 坯体活动横梁加厚
平面应力分布云图
Fig.9 Stress distribution in increasing move beam height
in urn moving style

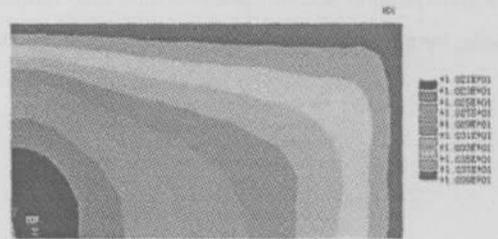


图10 缸动式 10mm 坯体活动横梁加厚厚度
分布云图
Fig.10 The thickness sketch of increasing move
beam height in urn moving style

横梁接近均布载荷, 横梁的变形得到很好的改善。

(2) 通过增加活动横梁的高度, 使得活动横梁的翘曲变形更小, 使得压制力在横向尽可能宽的分布在结构和坯体上, 从而使压制力最大程度的均匀分布, 坯体的厚度差小。

参考文献

- 1 张柏清, 林云万. 陶瓷工业机械与设备. 北京: 中国轻工业出版社, 1999
- 2 肖任贤. 陶瓷粉料恒压成型理论的流变学探讨. 中国陶瓷工业 2001, 3(3): 1-5
- 3 ANSYS, INC. ANSYS 高级技术使用指南. 北京: 美国 ANSYS 公司办事处, 2000
- 4 黄培云主编. 粉末冶金原理. 北京: 冶金工业出版社, 1982: 167-173

RESEARCH OF THE MOVE BEAM'S CONFIGURATION IN HYDRAULIC AUTOMATIC TILE PRESS BASE ON FINITE ELEMENT

Zhang Baiqing Hu Weiwen
(Jingdezhen Ceramic Institute,333001)

Abstract

The geometry model of ceramic powders flange and move beam was established, the actual ceramic powders parameters and the pressure of hydraulic automatic tile press were defined and loaded, the individual effects in the change of the move beam's configuration and at the same time also offered theory basis for the design in the move beam in the future.

Keywords: hydraulic automatic tile press , numerical simulate , finite element