模切机机架的有限元分析

薛超志，齐元胜，张 伟，王晓华，耿武帅

(北京印刷学院，北京 102600)

摘要：当卧式平压平模切机工作时，模切压力会引起两侧墙板和上平台的变形。为了研究模切压力与两侧墙板或上平台之间的关系，通过理论计算确定了墙板和上平台的厚度，在此基础上对墙板以及上平台进行了有限元分析，得出了墙板和上平台在强度和刚度方面都符合要求，并得出了模切压力与机架应力、应变的函数关系。

关键词：机架；有限元；自由度；应力；应变

中图分类号：TB486^{+}.03；TB115.1 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-3563(2011)09-0062-04

Finite Element Analysis of Die-cutter Frame

XUE Chao-zhi, *QI Yuan-sheng*, *ZHANG Wei*, *WANG Xiao-hua*, *GENG Wu-shuai*

(Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China)

Abstract: As horizontal type plan die-cutter works, die-cutting pressure will cause distortion of bilateral wallboard and. The relationship between die-cutting pressure and bilateral wallboard was studied. The thickness of wallboard and upper platform was determined with theoretical calculation. Finite element analysis was carried out on wallboard and upper platform and the results showed that the strength and rigidity of wallboard and upper platform all accord with demands. Functional relation between die-cutting pressure and frame stress, strain was acquired.

Key words: frame; finite element; degree of freedom; stress; strain

全自动平压平模切机主要用于纸箱、纸盒等印刷品的模切、压痕工艺，是印后加工设备中应用最为广泛的机种之一。它主要由输纸系统、施压机构、收纸装置、传动系统、电控及自动排废等部分组成，其中施压机构是模切机上最主要的机构，其性能的优劣直接影响模切速度和精度。

在模压作业中，模切压力过小，钢刀不能切断纸板，压痕也会过浅，纸盒将无法成型；模切压力过大，钢刀容易变形，刀刃变钝，影响模切精度，甚至在下平台上切出很深的刀痕，严重影响模切版的使用寿命[1]。

目前国内相关机构的研究主要集中在模切压力的产生、计算以及调节等。文献[2]和[3]从工艺的角度描述了压痕加工的原理；文献[4]阐述了模切压力的理论计算方法；文献[5]对模切压力在工作过程中的变化情况进行了研究。国内模切机生产厂家一般是通过生产经验估计模切过程中的最大模切压力，没有比较科学的测试方法确定模切压力的精确数值。随着现代机械测试技术的不断发展，国内一些科研机构开始尝试将先进测试技术运用到模切压力测试方面，虽然还没有相关产品，但这是数字化平压平模切机发展的一个趋势。

为了全面实现模切平台的数字化，北京印刷学院数字化制造研究室正在研发一种模切实验平台，该平台最大工作幅面为 700 mm×500 mm，旨在实现模切机构创新、模切质量在线检测、模切压力在线测试等功能。对模切压力的测试有 2 种方法：直接测试和间接测试。由于所测模切压力很大，通常在 200 t 左右，因此直接测试存在着传感器选择难、安装难等缺点。间接测试是指通过测量与模切压力相关的其它量，间接实现对模切压力的测试。笔者主要研究模切压力与墙板及上平台形变量之间的函数关系。

收稿日期：2011-03-13

作者简介：薛超志(1985－)，男，山东人，北京印刷学院硕士生，主攻印刷包装机械。

1　机架力学分析

两侧墙板与上平台通过键、销、螺栓固定在一起，可以看成一个整体刚架，称为机架[6]。

模切压力是由做上下运动的下平台与固定的上平台压合而产生的，模切原理见图1。在实际生产中，首先要对模切机进行调压，使得模压版与上平台之间受力均匀，可以近似认为模切压力是均匀载荷。根据生产经验，在模切工艺的一个周期中，空行程时速度很快，而模切过程速度相对较慢，时间相对较长，模切压力可以近似为静载荷。

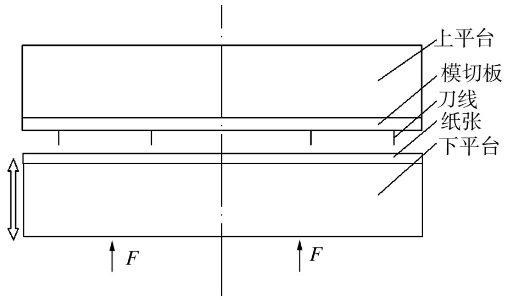


图1　模切原理

Fig. 1 Die-cutting principle

机架材料采用球墨铸铁，抗拉强度 $\sigma_b=450$ MPa，屈服强度 $\sigma_{0.2}=310$ MPa，弹性模量 $E=1.73\times10^{11}$ Pa，泊松比 $\mu=0.3$，材料密度为 7.3×10^3 kg/m^3。

机架简化为简支梁模型，见图2。对上平台作静力学分析。

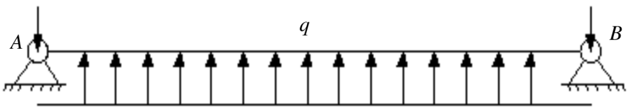


图2　上平台受力分析

Fig. 2 Force analysis of upper platform

上平台弯曲正应力强度条件为：

$$\sigma_{\max}=\frac{M_{\max}}{W_z}\leqslant[\sigma]$$

其中：$M_{\max}=\frac{1}{8}ql^2$；抗弯截面系数 $W_z=\frac{I_z}{y}$。

上平台弯曲切应力强度条件为：

$$\tau_{\max}=\frac{F_{S,\max}S_{z,\max}}{I_z\delta}\leqslant[\tau]$$

其中：δ 为上平台的厚度。

上平台刚度条件为：

$$y_{\max}\leqslant[y],\theta_{\max}\leqslant[\theta]$$

其中：

$$y_{\max}=\frac{5ql^4}{384EI_z},\theta_{\max}=\frac{ql^3}{24EI_z}$$

由于墙板主要承受轴向拉力，只需考虑抗拉强度。墙板强度条件为：

$$\sigma=\frac{F}{S}\leqslant[\sigma]$$

通过对机架的静力学分析，从理论上确定了上平台和墙板的最小厚度，从而确定了机架的三维模型，为对机架的有限元分析奠定了基础。

2　机架有限元分析

有限元分析的基本步骤如下：物体离散化、单元特性分析、单元组集、求解未知节点位移[7]。利用SolidWorks软件建立的三维模型见图3，首先将其另存为 *.x_t 文件，再导入ANSYS中进行分析。分析步骤如下：通过布尔加运算将上平台和两侧墙板建成整体模型；单元类型选用8节点6面体三维单元Solid45；定义材料属性，机架材料选用球墨铸铁，弹性模量 $E=1.73\times10^{11}$ Pa，泊松比 $\mu=0.3$，材料密度为 7.3×10^3 kg/m^3；网格划分采用自由划分的方式，共划分了7 761个节点，28 106个单元；由于墙板与地面固定，将墙板底部的自由度DOF设为0；在上平台下表面施加向上的均匀载荷；最后对机架进行有限元分析并对结果进行分析。

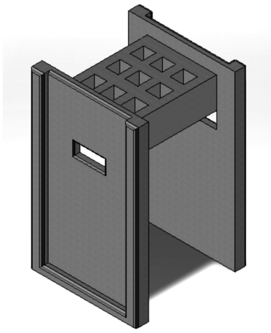
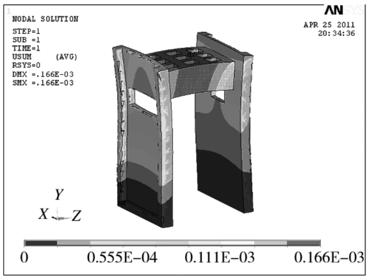


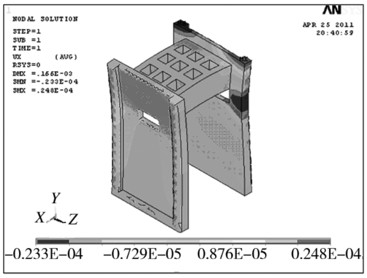
图3　机架的三维结构

Fig. 3 Three-dimensional graph of the die-cutter frame

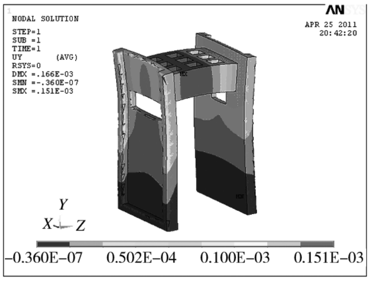
250 t模切压力所对应的机架应变和应力云图分别见图4和5。由图4可以看出：机架中上平台的变



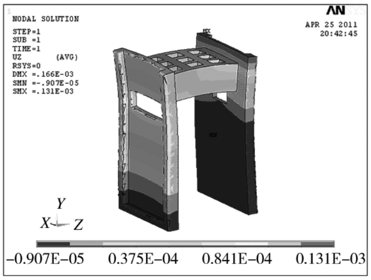
a 4机架总应变



b 机架X向应变



c 机架Y向应变



d 机架Z向应变

图4 250 t模切压力所对应的机架应变云图

Fig. 4 Strain nephogram of the die-cutter frame under 250 t die-cutting pressure

形大于墙板的变形,其中上平台中部变形最大(定义为A区),墙板最大变形出现在窗口上方;机架 Y 向变形量显著大于 X 向、Z 向变形量,其中 X 方向是平行于墙板侧面的方向,Y 方向是垂直于上平台上表面的方向,Z 方向是垂直于墙板侧面的方向;最大变形为0.166 mm,能够达到模切精度的要求。由图5分析可得:墙板窗口左上角应力最大,为117 MPa,远小

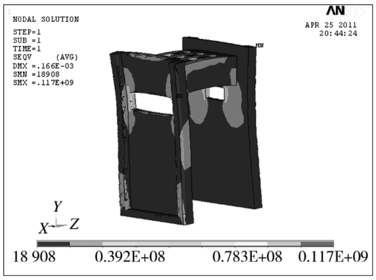


图5 250 t模切压力对应的机架应力云图

Fig. 5 Stress nephogram of the die-cutter frame under 250 t die-cutting pressure

于许用应力310 MPa,故是安全的。

为了分别得出模切机在不同模切压力下机架的应变规律,通过对机架进行有限元分析,得到了不同模切压力下机架的最大应力、应变量,以及A区的应力、应变量,统计数据见表1,根据表1得出了模切压力与上平台的应变的关系(见图6)和模切压力与墙板应力的关系(见图7)。

表1 不同模切压力下墙板应力应变量

Tab.1 Wallboard stress and strain value under different cutting pressure

模切压力/kN	最大变形量/mm	最大应力/MPa	A区总应变量/mm	A区 X 向应变量/mm	A区 Y 向应变量/mm	A区 Z 向应变量/mm	A区应力/MPa
500	0.034 5	24.3	0.034 5	0.000 4	0.027 8	0.014 2	0.004
1000	0.067 5	47.5	0.067 5	0.000 8	0.054 3	0.027 8	0.008
1500	0.100 0	70.8	0.100 0	0.001 2	0.080 8	0.041 4	0.012
2000	0.133	94.1	0.133	0.001 6	0.107	0.055 0	0.015
2500	0.166	117	0.166	0.001 9	0.134	0.068 6	0.019
3000	0.199	141	0.199	0.002 3	0.160	0.082 2	0.023
3500	0.232	164	0.232	0.002 7	0.187	0.095 8	0.026
4000	0.265	187	0.265	0.003 1	0.213	0.109	0.030

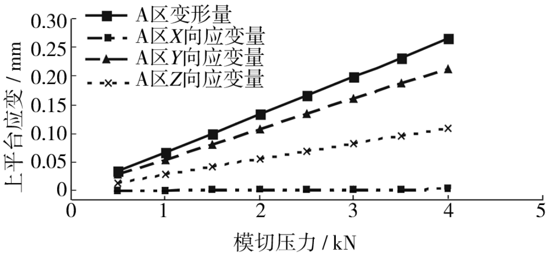


图6 模切压力与上平台应变的关系

Fig. 6 Relation between die-cutting pressure and upper platform strain

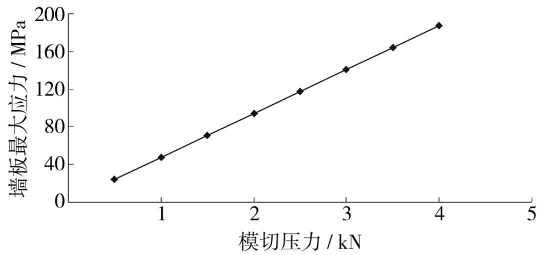


图 7　模切压力与墙板应力的关系

Fig. 7 Relation between die-cutting pressure and wallboard stress

由图 6—7 得：机架的应力、应变同模切压力成正比关系，对应函数关系式可由 $y=kx$ 表示，其中 k 为比例系数。

3　结论

通过对机架的有限元分析得出以下结论：最大变形出现在上平台的中部，机架 Y 向变形远大于 X 向变形和 Z 向变形，墙板窗口左上角出现应力集中。通过研究模切压力与机架应力、应变的对应关系，得出机架的应力、应变与模切压力的函数关系，为今后模切压力间接测试系统的研发奠定了基础。

参考文献：

[1]　田培娟. 模切压力的调节与控制[J]. 印刷技术，2008(6)：24—25.

[2]　王西珍，成刚虎. 如何掌握模切压力[J]. 印刷杂志，2005(10)：20—21.

[3]　张选生，施向东，王淑华. 印后加工工艺与设备[M]. 北京：印刷工业出版社，2007.

[4]　沈晓辉，张秋实，杨义. 覆膜、上光、烫金、模压[M]. 北京：印刷工业出版社，1994.

[5]　杨广义，成刚虎. 全自动平压平模切机的模切压力分析[J]. 包装与食品机械，2004(1)：20—22.

[6]　张玲. 高速自动模切机主机墙板的应力分析和结构优化[D]. 上海：同济大学，2007.

[7]　刘桂琴，江进国，段成龙，等. 有限元及其在现代机械工程中的应用[J]. 机械研究与应用，2005，18(2)：15—16.

·简讯·

2011 年中国国际包装/饮料工业展圆满落幕

为期 3 天的“第十八届中国国际包装工业展览会(简称：中国国际包装展 Sino—Pack 2011)”和“第十五届中国国际啤酒、饮料及液态包装工业展览会(简称：中国国际饮料展 China Drinktec 2011)”于 2011 年 3 月 11 日在广州琶洲展馆 A 区胜利落下帷幕。本次展会吸引了海内外 390 家展商和 21,760 名中外观众出席，成功打造了称霸华南市场，辐射全国及东南亚市场的国际性包装/饮料工业展。

现场买家、展商双丰收 展会人气爆棚

这次的展会吸引了海内外 14 个国家和地区的知名供应商，展示各特色展品。韩国包装机械协会(KPMA)、英国加工与包装机械协会(PPMA)、美国包装机械制造协会(PMMI)、中华台北产品包装协会、中国塑料工业协会复合膜协会等团组织的展台也人头涌涌。

专业论坛 精彩纷呈 商贸配对 订单连连

“食品质量安全与绿色(健康)食品产业发展”，“饮料行业质量安全与健康饮料产业发展”，“2011 啤酒低碳酿造技术研讨会”，“医药产品质量管理与保健品产业发展、新型包装材料应用”，“设备监理与质量安全”等六大主题近 20 场高端研讨会活动，为中国包装行业风向标，让观众把握行业最新动态。

大会与慧聪网组织的“商贸配对活动”亦是同期活动的亮点之一，买家团一早到达展馆现场参观各个特色展台，并参与了现场与展商的配对活动。本次商贸配对活动交易金额成功突破 2 000 万元，活动成功促成双方业务合作，并引起众多媒体关注。

备受海内外买家、协会肯定及赞誉

据现场观众反馈，大家都认为今年的展会规模更胜以往，表示以后年年都会来展会参观采购。本届展会共接待了海外内协会参观团近 40 家，以及来自俄罗斯、印度、越南等海外考察团，将展会人气推向高潮。同时，展会获 50 多家知名企业组团前来参观采购。

“2011 中国国际包装/饮料展”已经圆满结束，其在行业中的影响力和口碑被广泛认可。中国国际包装/饮料展由中国对外贸易中心(集团)及雅式展览服务有限公司联合主办，展会除了得到广州市新闻出版局和广播电视局、广东省包装技术协会、广东省医药管理局、广东省粤啤资讯技术服务中心及深圳市食品行业协会的鼎力支持外，更获得了香港包装专业协会的鼎力支持及参与。

下届展会“2012 中国国际包装/饮料展”将于 2012 年 3 月 7—9 日在广州中国进出口商品交易会琶洲展馆(A 区)再度举行。