

文章编号: 1006-4710(2015)02-0155-04

胶印机咬纸牙在往复冲击载荷作用下的塑性变形

刘健, 范涛, 张海燕, 侯和平

(西安理工大学 印刷包装与数字媒体学院, 陕西 西安 710048)

摘要: 为了探究胶印机咬纸牙排中的牙垫材料在咬纸过程中高频往复击打条件下的变形规律, 本文采用低应力多次冲击碰撞试验来模拟咬纸牙的咬纸过程, 采用坐标网格法研究了 40Cr 硬质合金在多次冲击载荷下的宏观塑性变形效应, 并建立了累积塑性应变关于冲击次数和层深的经验公式。结果表明, 累积变形量随冲击次数的增加而呈非线性增大, 在试样表层的应变达到最大值, 并随层深的增加而近似线性减小。

关键词: 咬纸牙; 40Cr; 抗冲击; 塑性变形

中图分类号: TS825, TH114 **文献标志码:** A

Plastic deformation of gripper in offset press under the action of repeated impact load

LIU Jian, FAN Tao, ZHANG Haiyan, HOU Heping

(Faculty of Printing, Packaging Engineering and Digital Media Technology,

Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: In order to reveal the plastic deformation laws of gripper pad in offset press under the conditions of frequent impact load, repeated impact tests under low stress are carried out to simulate the working process of gripper. Coordinate grid method is used to determine the distribution and evolution of plastic strain of 40Cr under repeated impact load. Finally, an experimental formula about plastic strain and impact time as well as the distance from the impacted surface is established. Results show that the accumulated deformation increases nonlinearly with an increase in impact time, the plastic strain reaches a maximum value on the sample surface, and decreases in approximate linearity with an increase in depth from surface.

Key words: gripper; 40Cr; impact resistant; plastic deformation

单张纸胶印机在印刷过程中, 纸张由递纸机构传递到压印滚筒上, 由压印滚筒咬纸牙咬住纸张完成图文的转印^[1-2]。压印滚筒咬纸牙性能的优劣直接关系到印品质量和生产能力的高低。如果咬纸牙咬力不足或不均匀, 纸张在传递过程中就会产生滑移, 直接导致套印不准、重影、变色等严重的质量问题^[3]。咬纸牙结构如图 1 所示, 主要由牙片、牙座、牙轴、压簧、固定螺钉和调节螺钉组成。牙座用紧固螺钉夹紧在牙轴上, 牙片滑套在牙轴上, 它依靠压簧和调节螺钉与牙座连接。咬纸牙和牙轴在开牙凸轮控制下成整体地进行高频率反复开牙、闭牙动作, 从而完成对纸张的夹紧及释放。其中, 咬纸力大小取决于压簧的压缩程度, 可通过调节螺钉改变压簧压

缩量来控制^[4]。

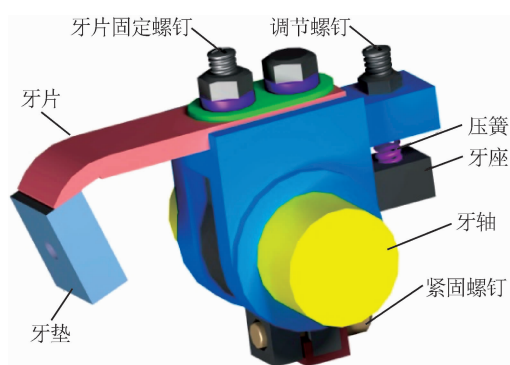


图 1 咬纸牙结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of gripper

收稿日期: 2014-12-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51305345); 陕西省自然科学基金基础研究计划资助项目(2014JQ6228); 西安理工大学科技新星科学研究计划资助项目(104-211404)。

作者简介: 刘健, 男, 博士, 讲师, 研究方向为印刷机结构设计与过程仿真。E-mail: liujian@xaut.edu.cn。

虽然在静载条件下咬纸力远未达牙垫材料的屈服极限,不足以使牙垫发生塑性变形。但是,在多次往复冲击载荷下,材料仍会发生宏观塑性累积变形^[5]。当碰撞表面间有磨粒存在时,由于冲击和磨损的作用,还会造成牙片和牙垫的过度磨损^[6]。一台印刷机如果每天以1.2万张/h的印刷速度工作,每天工作时间为8h,则每天牙片和牙垫要相互冲击打9.6万次,这样一般情况下牙垫的寿命大约会在3~5个月,此时,牙垫会变得高低不平,影响咬纸牙的咬力,咬纸时纸张的咬口呈现波浪状,印刷时易出现褶皱、甩角和烂口等故障。因此,要想延长咬纸牙的使用寿命、提高印品质量,有必要对咬纸牙的冲击变形过程展开深入研究。本文采用低应力多次冲击碰撞试验来模拟印刷过程中牙片与牙垫之间的往复击打过程,分析不同冲击次数条件下牙垫材料的塑性变形过程。研究结果不仅可以加深对咬纸牙失效机理的理解,而且可以为咬纸牙的保养和材料改性提供理论参考。

1 实验方案

采用如图2所示的冲击试验机模拟咬纸牙的实际击打过程,该试验机是在电机1的驱动下带动凸轮5转动,凸轮转动带动冲头6实现上下往复运动完成对试样7的反复冲击碰撞的过程。试验机可通过控制电机的转速调整冲击频率,通过调节弹簧3的预压缩量来调整冲击载荷的大小。

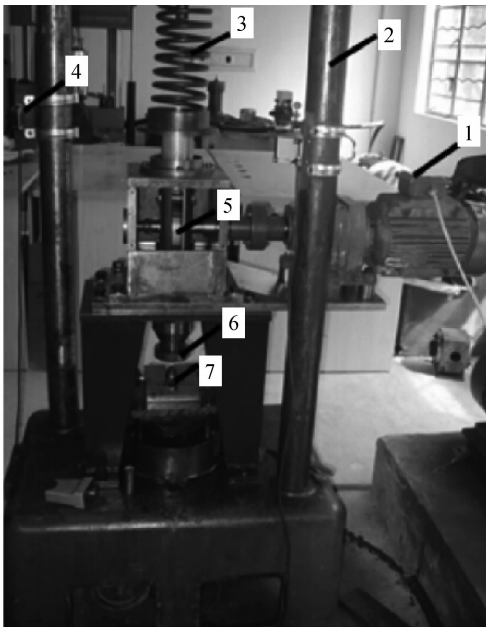


图2 冲击试验机^[7]

Fig. 2 Impact test machine

实验材料选用硬质合金40Cr,其化学成分和力学性能详见表1和表2。冲击试验所用的试样如图3所示,其中上端面承受冲头的冲击载荷,相当于牙片和牙垫的接触表面。

表1 40Cr的化学组分
Tab. 1 The chemical compositions of 40Cr

元素	质量分数/%	元素	质量分数/%
C	0.37~0.44	Ni	≤0.3
Si	0.17~0.37	P	≤0.035
Mn	0.5~0.8	S	≤0.035
Cr	0.8~1.1	Cu	≤0.03

表2 40Cr力学性能
Tab. 2 Mechanical properties of 40Cr

抗拉强度/MPa	≥980	屈服点/MPa	≥785
延伸率/%	≥9	断面收缩率/%	≥45
冲击吸收功/J	≥47	布氏硬度 HBS	≤207

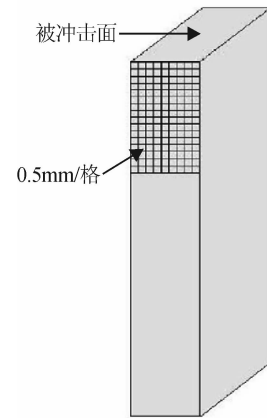


图3 冲击试样网格形貌

Fig. 3 Morphology of the specimen grid

试样的侧面作为观测面,采用激光刻线的方法,在该表面刻有尺寸为0.5 mm×0.5 mm均匀的网格,共15层。通过测量冲击碰撞前后试件上网格层高的变化计算试件的形变量。

为了最大程度上接近咬纸牙机构牙垫所受的冲击过程,实验采用与实际工况相同的载荷。当印刷速度为1.5万张/h,其频率约4.17 Hz。因此本实验采用的冲击频率为4 Hz。冲击次数间隔为 2×10^3 、 4×10^3 、 8×10^3 、 16×10^3 、 32×10^3 、 64×10^3 ,每次碰撞间隔取下试样,采用体式显微镜将网格进行放大并拍摄照片,然后将网格照片导入图像处理软件,测量每层网格的高度,进而计算出不同冲击次数后网格的变形量和应变值。用显微硬度计测量不同层深处的维氏硬度。

2 结果与讨论

根据每次碰撞间隔测量得到的距冲击表面不同深度处网格的高度变化,可以计算出试样新增变形量和累积变形量,进而绘制出变形量关于冲击次数的变化曲线(见图4)。相邻两次间隔测量到的新增变形量 Δ_1 的计算公式为:

$$\Delta_1 = \sum_{i=1}^{15} (h_{i,j} - h_{i,j-1}) \quad (j = 1, 2, \dots, 6) \quad (1)$$

式中, $h_{i,j}$ 为第 j 次间隔测量到第 i 层网格的层高。

累积变形量 Δ_2 的计算公式为:

$$\Delta_2 = \sum_{i=1}^{15} (h_{i,0} - h_{i,t}) \quad (2)$$

式中 $h_{i,0}$ 和 $h_{i,t}$ 分别为第 i 层网格的初始高度和变形后的高度。

从图4可以看出,累积变形量随冲击次数的增加而呈非线性增大,当冲击次数为 2×10^3 时,累积变形量为0.072 mm。当冲击次数为 64×10^3 时,累积变形量达到0.253 mm。但是,随着冲击次数的增大,相邻两次间隔的变形量增长速度放缓,累积形变量趋于某一恒定值。

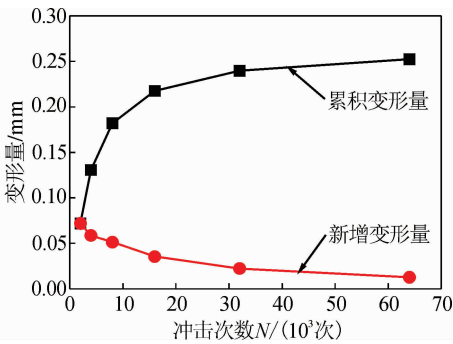


图4 不同冲击次数后试样的变形量

Fig. 4 Deformation of specimen after impact

为了定量研究不同层深处网格的变形程度,引入累积塑性应变 ϵ :

$$\epsilon = (h_{i,0} - h_{i,t}) / h_{i,0} \quad (3)$$

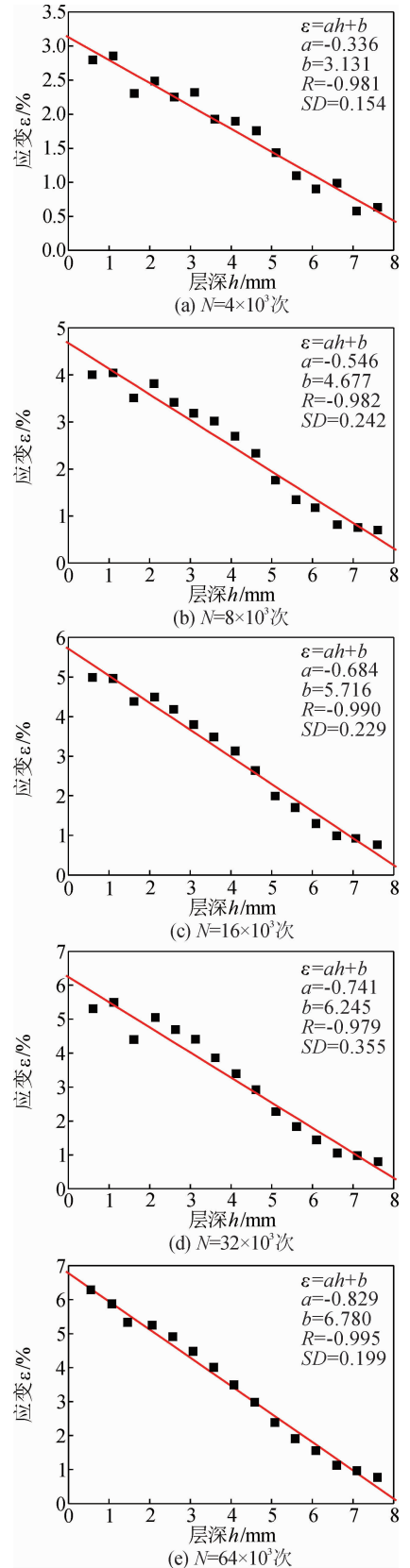
由式(3)可得到不同冲击次数后应变随层深的变化曲线(见图5)。

从图5可以看出,随着网格层深的增大,累积塑性应变值呈线性减小。材料表层的累积塑性应变导致其发生应变硬化,显微硬度测试发现,经过 64×10^3 次冲击碰撞后,试样表层硬度达到443.6 HV,较初始硬度提高了7%。

综合考虑冲击次数对塑性应变的影响,可采用线性关系式(4)来拟合塑性应变 ϵ 关于冲击次数 N 和层深 h 的相互关系,其中 a 和 b 均为关于冲击次数 N 的

函数。冲击次数 N 与 a, b 的对应关系如表3所示。

$$\epsilon = ah + b \quad (4)$$



R:线性拟合相关系数;SD:标准偏差

图5 不同层深处的累积塑性应变

Fig. 5 Accumulated strain at various depths

表3 冲击次数 N 与 a 、 b 的对应关系
Tab. 3 The value of a and b as function of N

N	4×10^3	8×10^3	16×10^3	32×10^3	64×10^3
a	-0.336	-0.546	-0.684	-0.741	-0.829
b	3.131	4.677	5.716	6.245	6.780

图6(a)和图6(b)分别为参数 a 和 b 与冲击次数 N 的对数 $\ln N$ 在二维坐标系内的对应关系。从图6可以看出, a 和 b 都与 $\ln N$ 呈非线性关系。经非线性拟合可得 a 和 b 关于冲击次数 N 的近似表达式:

$$a = 6.485 - 1.314 \ln N + 0.059 (\ln N)^2 \quad (5)$$

$$b = -49.431 + 10.142 \ln N - 0.458 (\ln N)^2 \quad (6)$$

将式(5)和式(6)代入式(4),即可得到不同层深处累积塑性应变随冲击次数的近似表达式:

$$\epsilon = [6.485 - 1.314 \ln N + 0.059 (\ln N)^2] h - 49.431 + 10.142 \ln N - 0.458 (\ln N)^2 \quad (7)$$

根据该经验公式,我们就可以估算出经过 N 次冲击碰撞后牙垫的变形量,进而预测咬纸牙的使用寿命。应变 ϵ 与层深 h 之间的定量关系为牙垫材料的表面涂层设计提供理论依据。

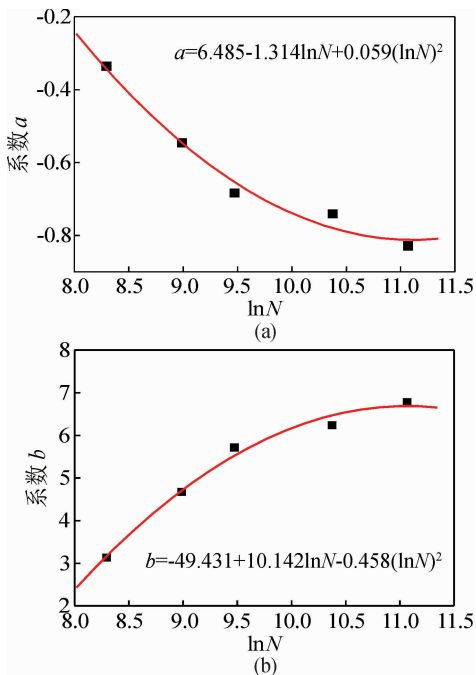


图6 参数 a 、 b 关于冲击次数 N 的拟合曲线

Fig. 6 Fitted curves of a and b about impact cycles N

3 结论

通过低应力多次冲击碰撞试验研究发现,牙垫

材料 40Cr 的累积变形量随冲击次数的增加而呈非线性增大,在试样表层的应变达到最大值,并随层深的增加而近似线性减小。在距离试样冲击表面不同深度 h 处,累积塑性应变 ϵ 与冲击次数 N 近似满足本文式(7)的关系。

针对该牙垫材料在冲击载荷下的“趋表效应”,本课题组在后期研究中拟采用金属基复合材料作为增强体包覆在牙垫体的表面,以提高其抗冲击变形能力和耐磨性能,并与现有其他牙垫材料进行对比分析。

参考文献:

- [1] 张福广,钱进,许继林. 胶印机叼纸牙机构关键六要素[J]. 印刷技术, 2014, 19(3):57-58.
Zhang Fuguang, Qian Jin, Xu Jilin. Six key influencing factors for gripper in offset press [J]. Printing Technology, 2014, 19(3):57-58.
- [2] Thomas O, Namboothiri V N N. A framework for optimized design of serrations on a printing gripper [J]. Procedia Materials Science, 2014, 5:1509-1518.
- [3] 张雷. 浅析压印滚筒叼纸牙对纸张压印状态的影响[J]. 印刷杂志, 2011, 3(6):56-57.
Zhang Lei. Influence of gripper in offset press on the printing status of paper [J]. Printing Field, 2011, 3(6): 56-57.
- [4] 张海燕. 印刷机设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2006.
- [5] 张倩茹,傅义雁. 铁镍梯度材料抗低应力多冲碰撞塑性变形性能研究[J]. 表面技术, 2014, 43(6):28-32.
Zhang Qianru, Fu Geyan. Research of resistance to plastic deformation of iron-nickel gradient materials under the low and repeated impact stress [J]. Surface Technology, 2014, 43(6):28-32.
- [6] 卢磊磊,石成霞,王静. 45号钢在往复冲击载荷作用下的塑性变形[J]. 青岛理工大学学报, 2012, 33(3): 70-75.
Lu Leilei, Shi Chengxia, Wang Jing. Plastic deformation of steel No. 45 under reciprocating impact load [J]. Journal of Qingdao Technological University, 2012, 33 (3):70-75.
- [7] 徐桃. 多次冲击碰撞载荷下 T10 钢的累积宏观塑性变形及其机理分析[D]. 苏州:苏州大学, 2011.
Xu Tao. Analysis the T10 carbon tool steel accumulative macro plastic deformation and mechanism under repeated impact load [D]. Suzhou: Soochow University, 2011.

(责任编辑 王卫勋)