

文章编号: 1001-411X(2000)03-0091-03

用于精密冲裁工艺的平面六连杆冲压机机构优化设计

徐凤英, 李德威, 陈 震

(华南农业大学工程技术学院, 广东 广州 510642)

摘要: 根据精密冲裁工艺所需的条件, 分析平面六连杆机构冲压机的运动规律, 推导其运动约束方程, 运用有约束条件下惩罚函数法, 建立冲压机冲头轨迹的运动优化模型, 实现运动构件尺寸的最优化设计。

关键词: 精冲工艺; 六连杆机构; 优化设计
中图分类号: TH112.1 文献分类号: A

压紧冲裁法(gripflow)是美国韦伯(Ebway)公司研究的一种新的精密冲裁工艺, 用该工艺生产的工件质量与传统的齿圈压板精冲工艺生产的工件效果相同, 但因不需采用传统的专用精冲设备来实现压紧冲裁工艺, 因而模具造价降低很多. 本文通过对该工艺过程进行分析, 优化设计平面六连杆冲压机冲头的运动机构尺寸, 并给出优化校核的对比结果图。

1 数学模型

平面连杆机构由于机构简单, 加工简便, 运转平稳, 制造成本低, 因此在冲压机的机构设计中被广泛采用. 冲压机的机构设计虽是连杆机构刚体导引问题, 但根据设计理论, 用该方法能精确满足的预给位置数不能超过 5, 而本设计需要满足的位置数不止此数, 因此, 作刚体导引问题处理, 效果不好. 现针对精密冲裁工艺的特点, 不用刚体导引的方法, 而采用最优化技术来优化实现平面六连杆冲压机运动机构的尺寸, 从而可较精确地解决机构的主、从动件的函数再现问题。

本设计是根据精密冲裁工艺要求, 建立满足工艺要求的输出从动件冲头与输入主动件曲柄的函数对应关系, 利用惩罚函数法的外点法对机构进行优化, 获得满足精密冲裁工艺要求的平面六连杆机构。

设计完成精密冲裁工艺的机构简图如图 1 所示。

精密冲裁工艺要求的冲头输出与曲柄输入相对应的运动函数关系如图 2 所示。

根据图 2, 可将冲压机的加工工艺过程分为 5 个阶段 q_1 为 A 铰链处转角. S 为冲头行程. 各阶段的运动可设定为:

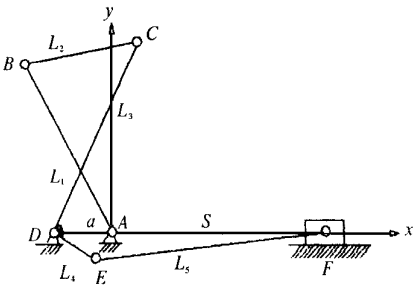
HI 阶段: $s=0$, 工件下料、上料装夹, 冲头停歇;

IJ 阶段: $s=0.4(q_1-90^\circ)/90^\circ$, 冲头按较大恒定速率行至加工位置;

JK 阶段: $s=0.4+0.01(q_1-180^\circ)/90^\circ$, 冲头按较小恒定速率进行加工;

KL 阶段: $s=0.45-0.225[(q_1-270^\circ)/45^\circ]^2$, 冲头由 K 点匀加速返回至 L 点;

LM 阶段: $s=0.225[(q_1-360^\circ)/45^\circ]^2$, 冲头由 L 点匀减速返回至 M 点。



- A、D——与机架固接的铰接点(panel points fixed on frame);
- B、C、E——转动副铰接点(rotational hinge joint points);
- F——冲头移动副铰接点(mobile hinge joint point of punch pin);
- L_1 ——曲柄 AB 的长度(the length of crank AB);
- L_2 ——连杆 BC 的长度(length of connecting rod BC);
- L_3 ——连杆 CD 的长度(length of connecting rod CD);
- L_4 ——曲柄 DE 的长度(length of crank DE);
- L_5 ——连杆 EF 的长度(length of connecting rod EF);
- a ——D 点距 A 点的水平方向距离(horizontal distance between point D and point A);
- S ——冲头距 D 点的水平位移(punch pin's horizontal displacement away from point D)

图 1 平面六连杆冲压机机构简图
Fig. 1 Sketch of six planer punches mechanism

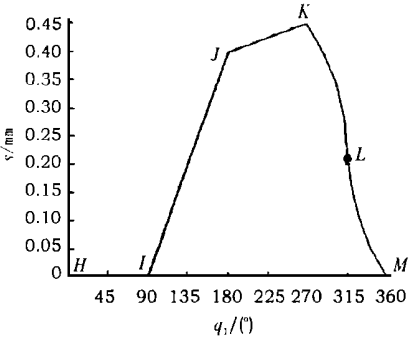
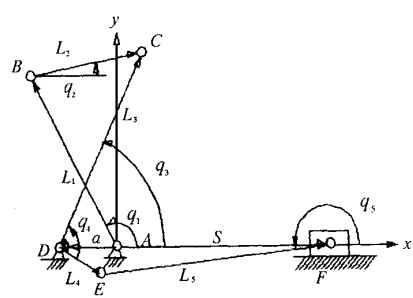


图 2 冲头输出行程与曲柄输入角之间的关系
Fig. 2 The relation between output stroke of punch pin and input angle of crank

1.2 运动方程

平面六连杆冲压机构运动简图如图 3 所示:



q_1 —A 铰链处转角(angle at connecting point A),
 q_2 —B 铰链处转角(angle at connecting point B),
 q_3 —C 铰链处转角(angle at connecting point C),
 q_4 — L_3 与 L_4 的安装角(mounted angle between L_3 and L_4),
 q_5 —F 铰链处转角(angle at connecting point F),
 S —冲头距 D 点的水平位移(horizontal displacement between punch pin and point D)

图 3 平面六连杆冲压机构运动简图
Fig. 3 Sketch of six planer punchers mechanism

由图 3 可得矢量方程:

$$L_1 e^{iq_1} + L_2 e^{iq_2} = -a + L_3 e^{iq_3}, \tag{1}$$

$$L_4 e^{i(q_3 - q_4)} + L_5 e^{iq_5} = S. \tag{2}$$

(1)式在两轴上分解得:

$$L_1 \cos q_1 + L_2 \cos q_2 = -a + L_3 \cos q_3, \tag{3}$$

$$L_1 \sin q_1 + L_2 \sin q_2 = L_3 \sin q_3, \tag{4}$$

利用三角变换公式, 解出 q_3 和 q_2 , 并对(2)式分别取实部和虚部求解, 得:

$$q_5 = \pi + \arcsin[-L_4 \sin(q_3 - q_4) / L_5], \tag{5}$$

$$S = L_4 \cos(q_3 - q_4) + L_5 \cos(q_5 - \pi), \tag{6}$$

则冲头行程 s 与位移 S 之间满足:

$$S = s + S_{\min}. \tag{7}$$

$S_{\min}$ 为冲头 F 距 D 点的最小位移.

2 最优化设计

现令平面六连杆机构冲头实际运动行程位置与理想运动行程误差为直接约束目标函数 $f(X)$, 它与不等式约束函数 $g_u(X)$ 、等式约束函数 $h_v(X)$ 按特定方式结合构成目标函数 $F(X, r^{(k)})$. 现利用机构的双曲柄条件进行约束控制, 进行有约束条件下外点惩罚函数多维变量的最优化设计, 实现六连杆冲压机构中各构件尺寸的最优化.

2.1 建立目标函数

目标函数 $F(X, r^{(k)})$ 为直接约束的目标函数 $f(X)$ 与约束函数 $g_u(X)$ 、 $h_v(X)$ 按下列方式组合:

$$F(X, r^{(k)}) = f(X) + G(X, r^{(k)}) + H(X, r^{(k)}), \tag{8}$$

$$f(X) = \sum_{j=2}^{33} (s_j - \overline{s_j})^2, \tag{9}$$

$$G(X, r^{(k)}) = r^{(k)} \sum_{u=1}^m \frac{1}{g_u(X)}, \tag{10}$$

$$H(X, r^{(k)}) = (r^{(k)})^{\frac{1}{2}} \sum_{v=1}^{m_2} [h_v(X)]^2. \tag{11}$$

式中: s_j ——曲柄 AB 运行至任意位置 j 时的冲头实际行程, $\overline{s_j}$ ——曲柄 AB 运行至任意位置 j 时的冲头理想行程, $r^{(k)}$ ——惩罚因子.

2.2 设计变量

令机构各构件的相对长度为 $x_1 = L_1 / L_3$, $x_2 = L_2 / L_3$, $x_3 = a / L_3$, $x_4 = L_5 / L_3$, 曲柄 L_1 的初位角 $x_5 = q_0$, 曲柄 L_3 与 L_4 的安装角 $x_6 = q_4$, 得优化设计的变量为:

$$X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)^T.$$

2.3 优化模型

由于机构在设计时应满足双曲柄存在条件, 因此综合考虑本机构的尺寸约束, 其模型可表示为:

$$F(X, r^{(k)}) = f(X) + G(X, r^{(k)}) + H(X, r^{(k)}) \rightarrow \min, \tag{12}$$

约束条件 S, T :

$$x_3 > 0, \tag{13}$$

$$x_1 + x_2 - 1 - x_3 > 0, \tag{14}$$

$$1 + x_2 - x_1 - x_3 > 0, \tag{15}$$

$$1 + x_1 - x_2 - x_3 > 0, \tag{16}$$

$$0.9 < x_4 < 3. \tag{17}$$

2.4 数据结果

根据以上条件编写优化程序, 解得优化值. 优化结果如下:

$$x_1^* = 1.039\ 985, \quad x_2^* = 0.717\ 319,$$

$$x_3^* = 0.340\ 925, \quad x_4^* = 1.657\ 044,$$

$$x_5^* = 207.028\ 900, \quad x_6^* = 28.460\ 540,$$

$$F(x^*) = 0.484\ 660,$$

$$G_1(x^*) = 0.340\ 925, \quad G_2(x^*) = 0.416\ 379$$

$$G_3(x^*) = 0.336\ 409, \quad G_4(x^*) = 0.981\ 741,$$

$$G_5(x^*) = 0.757\ 044, \quad G_6(x^*) = 0.842\ 956.$$

将优化结果代入机构运动中校核, 可得校核图, (图 4).

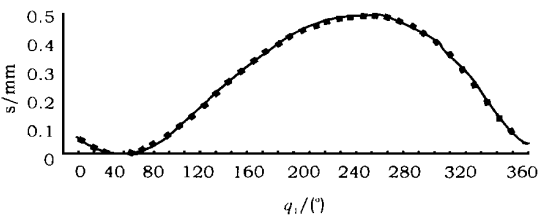


图 4 冲头运行校核结果

Fig. 4 Verified results of the punch pin motion

3 结论

本文基于精密冲裁工艺的过程, 对平面六连杆冲压机构进行了优化设计, 可较好地实现冲裁工艺要求, 降低了生产成本. 本方法简化了设计中的大量计算工作, 也为其他机构再现函数设计提供了可

行的方法.

参考文献:

[1] 华大年, 华志洪, 吕静萍. 连杆机构设计[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995. 70—75, 399—440.
[2] 韩 峰, 孙 进. 一种新的精冲工艺——工件压紧冲裁法[J]. 锻压机械, 1992 (2): 37—59.

Design of Plane Six-Bar Optimal Punchs Mechanism for Fine-Blanking Technology

XU Feng-ying, LI De-wei, CHEN Zhen
(College of Polytechnic, South China Agric. Univ ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: In this paper, to meet the need of precise fine-blanking technology, the movement pattern of the plane six-bar puncher was analyzed. The restriction equations were inferred also. By using restriction punish function, the trail optimal mode of the puncher was built and the optimal structural dimension design was determined.

Key words: fine-blanking technology; six-bar mechanism ; optimal design

【责任编辑 柴 焰】

(上接第 59 页)

Comparative Study on the Activity and Isoenzymes of Peroxidase
in Difficult-and Easy-to-Root *Eucalyptus* Species

LI Ming¹, HUANG Zhuo-lie¹, TAN Shao-man², LIN Shao-xiang¹,
MO Xiao-yong³, LIN Hao-qiu³, LONG Teng³

(1 College of Biotechnology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
2 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;
3 Leizhou Forestry Institute of National Forestry Bureau, Zhanjiang, Guangdong 524348, China)

Abstract: *Eucalyptus urophylla* S.T. Blade MLA clone (MLA) was difficult-to-root species. *E. urophylla* S.T. Blade U₆ clone (U₆) and *E. ABL* 12 W₅ clone (W₅) were relatively easy-to-root species. The activity of peroxidase in every organ of MLA was higher than that in U₆ and W₅. The activity and isoenzymes of peroxidase were quite different both in different organs of the same species and in the same organs of different species. The peroxidase activity turned higher with the increasing maturity of the organs. The relationship between the peroxidase and rooting of *Eucalyptus* cuttings was discussed.

Key words: *Eucalyptus*; rooting of cutting; peroxidase; isoperoxidase

【责任编辑 李 玲】