

高效金属表面刻字机

高海生 刘百芬

(电气工程系)

摘 要

本文介绍了一种新型的金属表面刻字机,并给出其工作原理与设计数据。经实用证明该机技术先进,性能优越。

关键词:特种加工

1 概 述

高效金属表面刻字机是一种新型设备,现已用于603厂各种硬质合金切削刀片的刻印生产。该机利用金属在电解液中产生“电化学阳极溶解”的原理,在本色金属表面刻印字符。

传统的电蚀刻印字符大多是手工操作,当生产要求对不同材质和形状的工件刻印字符时,就要配制相应的电解液,同时制作对应的字模。刻印字符的质量与刻印电流、电压的大小,字模与工件之间的距离等因素都有直接的关系,而这些因素用手工控制是比较困难的。因此,刻印字符的质量不稳定,一致性差,且工效很低。我们研制的该金属表面刻字机,有效地解决了这一问题。经使用证明,其结构简单、技术先进、操作方便,大大提高了工效,刻印字符质量稳定可靠。

2 刻字机工作原理

2.1 金属表面刻字的基本原理

图1是金属表面刻字的原理示意图。工件接加工电源的正极,字模接电源的负极,工件与字模之间保持较小的间隙,并充满电解液。通电开始刻印时工件与字模两电极的表面发生得失电子的化学反应,即电化学反应,这时阳极工件的金属被逐渐电解腐蚀,形成一定的字符或图案。

2.2 刻印时影响电化学反应的主要因素

在刻印过程中所发生的电化学反应,其机理是十分复杂的,涉及物理化学、分子热力学、

本文于1992年9月24日收到

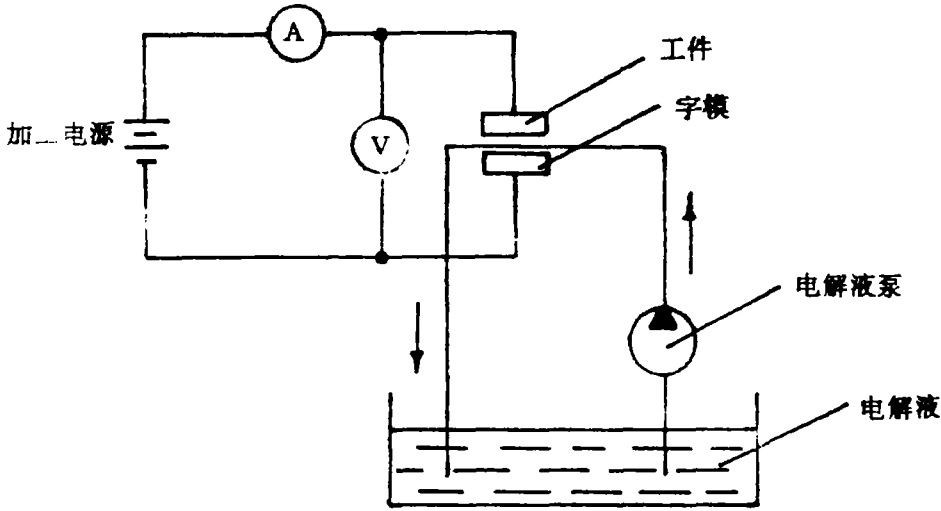


图 1 刻字机原理示意图

流体力学等学科的很多问题。下面仅从刻印生产的实用角度分析一下刻印时影响电化学反应的主要因素。^[1]

根据法拉第电解定律，电解时电极上溶解或析出物质的量，与电解电流 I 和电解时间 t 成正比，即

$$V = \omega It \tag{1}$$

式中：

- V —— 电极上溶解或析出物质的体积 (mm^3)；
- ω —— 被电解物质的体积电化学当量 [$mm^3/(A \cdot h)$]；
- I —— 电解电流 (A)；
- t —— 电解时间 (h)。

若用蚀刻速度来表示，则可推导得到

$$v_s = \eta \omega i \tag{2}$$

式中：

- v_s —— 金属阳极(工件)的蚀刻速度 (cm/s)；
- η —— 电流效率 (%)；
- ω —— 被电解物质的体积电化学当量 [$mm^3/(A \cdot h)$]；
- i —— 电流密度 (A/cm^2)。

可见，蚀刻速度与该处的电流密度成正比，电流密度愈高，生产率愈高。而实际的电流密度决定于电源电压，电极间隙的大小以及电解液的导电率。

外加加工电压 U 为电解液欧姆压降 U_R 、阳极压降 U_a 与阴极压降 U_k 之和，故

$$U_R = U - (U_a + U_k) \tag{3}$$

该刻字机采用加工电压 U 为 $35V$ ， U_a 与 U_k 之和约为 $5V$ 左右，因此可近似认为

$$U_R \approx U。$$

若电极间隙为 Δ ，电极面积为 S ，电解液的电导率为 σ ，则电极间隙中流过的加工电流 I 为：

$$I = \frac{U_R}{R} = \frac{U_R \sigma S}{\Delta} \quad (4)$$

$$i = \frac{I}{S} = \frac{U_R \sigma}{\Delta} \quad (5)$$

将式(5)代入式(2)中得：

$$U_s = \eta \omega \sigma \frac{U_R}{\Delta} \quad (6)$$

中：

σ ——电解液的原始电导率 $[1/(\Omega \cdot mm)]$ ；

U_R ——电解液的欧姆压降(V)；

Δ ——加工间隙(mm)。

当电解液、工件材料、电压等均保持不变时，即得

$$U_s = \frac{C}{\Delta} \quad (7)$$

式中 $C = \eta \omega \sigma U_R$ 称为双曲线常数。

可见蚀刻速度与电极间隙成反比，与双曲线常数成正比。为提高加工速度通常有两种方法，即减小电极间隙 Δ 或加大双曲线常数 C 。

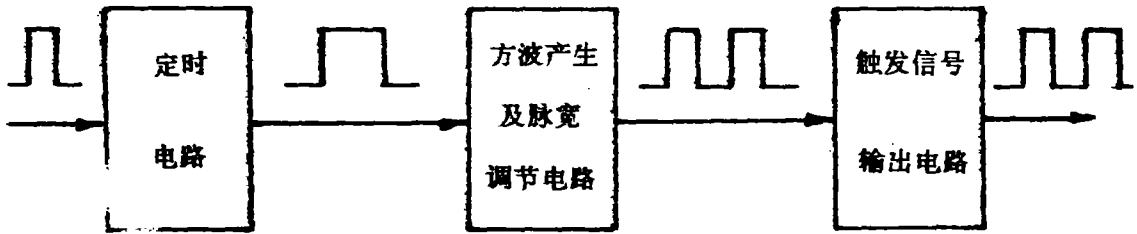
我们通过反复试验，找到最佳电极间隙 $\Delta = 0.05mm \sim 0.07mm$ 。加工间隙太大时，刻印字符质量很差。通电时间短，不能刻印出字符，若延长通电时间，则字符笔划趋于模糊。减小加工间隙，可有效地提高蚀印速度，同时，随着 Δ 的减小，电解时电流密度 i 和电压梯度均增大，有效地改善了加工字符笔划的清晰度和对比度。

提高蚀印字符质量的另一条有效途径就是加大 C ，这可以通过提高加工电压 U 或加大电解液的电导率 σ （增大浓度）来实现。但加工电压不可太高，否则操作起来不安全。电解液浓度加大后，电导率变高，在同样加工电压的情况下，加工电流就较大，可在一定程度上提高加工速度。但浓度太大会导致杂散电化学反应加剧，因此工件表面出现黄色斑痕。最常用的电解液有 $NaCl$ 、 $NaNO_3$ 和 $NaClO_3$ 。我们经试验选用 $NaClO_3$ ，其效果最佳。

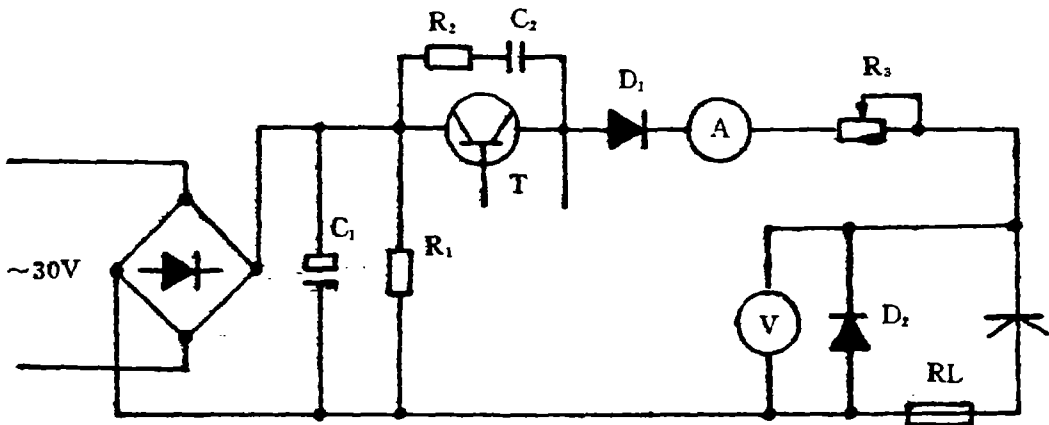
3 刻字机电气系统及主要技术指标

3.1 电气原理图

电气原理图如图2所示。图2(a)是信号发生器，它包括定时、方波产生、脉宽调节及触发信号输出等电路。频率可调范围为 $270Hz \sim 550Hz$ ，脉宽为 $110\mu s \sim 1.43ms$ ，定时时间为 $0.45s \sim 3.41s$ 。图2(b)是刻印脉冲电源。



(a) 信号发生器



(b) 刻印脉冲电源

图2 刻字机电气原理图

3.2 主要技术指标

如前所述, 电化学反应的过程相当复杂, 影响因素很多, 且很多理论分析数据与实际应用相差甚大。我们经反复试验, 又经现场较长时间的实际应用, 多次修改, 最后才取得较为合适的参数。

(1) 加工电源

空载电压: 35V;

波形: 方波;

工作电流: 2A~3A;

频率: 300HZ~5000HZ (可调)。

(2) 电解液

NaClO₂: 5%~10%

(3) 阴极字模

用照相感光化学腐蚀而成, 铜片厚为 2mm, 凸字体高度为 1mm, 电极间隙为 0.05mm~0.07mm。

- (4) 刻印时间: 0.5 S~3.0 S (可调)。
- (5) 刻印字符深度: 0.003 mm~0.006 mm。

4 应用概况

4.1 制做凸字模应注意的问题

字模一般用紫铜作材料,制做方法通常有三种,即手工雕刻、模压或照相感光化学腐蚀。

手工雕刻字模的最大缺点就是字型不一致,笔划不均匀,因此刻印字符不美观。用铜片模压制造成本较高。若采用照相感光制版,则不管字体大小,商标图案多么复杂,都很容易保证字模的质量。

4.2 关于绝缘层

使用中我们还发现,绝缘层的性能和质量直接影响字模的使用寿命和刻印字符的效果。应选用绝缘性好、强度高且耐水耐油均好的胶合剂。

4.3 电蚀字模

电蚀字模印章也是一项细微的和技术性较高的工作,它要保证两电极之间的距离严格控制在 0.05mm~0.07mm,以达到最佳刻印效果。

5 结论

经使用该刻字机有以下优点:

- 1、刻印质量好,字迹清晰,字型美观,手摸无感觉,而字迹永不退;
- 2、刻印后的工件表面无应力、无变形,对工件材料的金相组织无影响;
- 3、字模成本低,且使用寿命长,理论上无损耗;
- 4、刻印效率高,操作简单、安全;
- 5、该机结构简单,信号发生电路已集成化,易于制造和调试,且大大减小了故障率;
- 6、应用范围广:一般的金属光整表面均可刻印,不受硬度和强度的限制。只要将刻印工件盆稍加改动,就可用于各种工具、刃具、量具以及电器元件等工件的表面字符刻印。

参 考 文 献

- [1] 刘晋春, 陆纪培主编. 特种加工. 北京: 机械工业出版社, 1987
- [2] R. F. 格拉夫著, 本书翻译组译. 电子电路百科全书. 北京: 科学出版社, 1986

High Efficient Metal Surface Carving Machine

Gao Haisheng

Liu Baifen

ABSTRACT

A new type of high efficient metal surface carving machine is introduced in this paper. The working principle and design data are given in detail. The machine performance is excellent in practical use.

Key words: nontraditional machining