

枪击式快速落刀机构的研制*

蔡光仁 檀美德 陈子文

(精密机械工程系)

摘 要

本文介绍一种设计新颖的枪击式快速落刀机构,它采用小口径步枪子弹(去除弹头)作为爆炸源,既简化了操作,又安全可靠,使工作效率比同类装置提高了十几倍,本装置的运动特性采用高速摄影法鉴定,其初始加速度可达 $2.24 \times 10^6 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$ 以上,达到国内最好水平。

一、前 言

为了研究金属切削过程的机理,目前国内外广泛采用各种不同结构的“快速落刀”机构,通过切削过程中的突然落刀,取得切屑根部的样本,然后采用不同的处理方法,建立起各种切削模型来描述金属切削的机理,并对所产生的机理进行分析,达到描述或预测切削加工的目的。因此,通过“落刀”方法所获样本的真实性如何,将直接关系到以后所有推论的正确性。

样本能否真实反映客观实际情况,并保持切削过程中的许多细节不因落刀而被破坏,其重要指标是机构的初始加速度大小和刚性。一般认为,在通常的车削加工中,落刀初始加速度不应小于 $10^6 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$,随着切削速度的进一步提高,这一数值还将相应有所提高。目前,国内使用的各种不同型式的快速落刀机构,以湖南大学研制的“双剪切销爆炸式快停机构”的初始加速度最大。

我们在金属切削过程的机理研究中,曾用过最原始的手锤式和较先进的爆炸式等各种类型的落刀机构,发现它们都存在一些缺点。其中,手锤式落刀机构的落刀速度较慢且不稳定,不宜用在较高的切削速度下落刀;爆炸式落刀机构突出反映为结构复杂,操作不便,工作效率低。结构复杂还使整体刚度下降,切削用量稍大就会产生振动,影响实验的正常进行,爆炸时产生的音响,给操作者造成不必要的紧张情绪,也间接影响实验的准确性。针对上述缺点,我们进行了研究和改进,设计出较先进的枪击式快速落刀机构(图1)。

本文1987年4月13日收到。*

本课题经费由国务院侨办三项费用资助,并于1987年8月26日正式通过校级鉴定。

二、结构设计

在综合分析比较现有各种类型落刀机构优缺点的基础上,对下述三个突出问题作了改进。

1. 爆炸源的改进

爆炸式落刀机构的落刀速度这一重要指标无疑是处于绝对领先的地位。但是,目前国内设计的爆炸式机构均采用一般黑火药或赛璐珞作为爆炸源,黑火药是由木炭15%、硫磺10%、和硝酸钾75%混合而成,燃烧时产生大量的烟雾和腐蚀性残渣。每次爆炸排出黑烟会污染试样表面,很难清洗,去除残渣操作烦杂,影响工作效率。同时,黑火药的爆炸力不强,易吸潮,引爆也不方便。这一系列的缺点,促使我们另找其它爆炸源。

以硝化纤维素为基础的子弹发射药具有爆炸力强、稳定、安全、无腐蚀性、引爆方便、爆炸力可以计算等一系列的优点,运动步枪的子弹在各地体委或军体运动队均可找到,因此选择了小口径运动步枪子弹(去除弹头)作为爆炸源使用。

小口径步枪子弹在密闭的枪膛中产生的最大压力可按下式计算

$$P_{\max} = 18100 \cdot \Delta^{1.23}$$

式中, Δ 为装填密度, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$; P_{\max} 为最大压力, $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。因此,每发小口径步枪子弹可能产生的最大压力为

$$P_{\max} = 18100 \times \left(\frac{0.1}{\pi \times 0.25^2 \times 16} \right)^{1.23} = 4427.59$$

由于发射时弹头的移动使枪膛体积变大,故实际上不达到上述数值,但对于爆炸式落刀机构的爆炸源来说,即使减小一半,也是足够大的数字了。

2. 落刀方式的选择

国内所用的车削落刀装置其落刀方式有两大类:一种是直落式如图2所示,爆炸式落刀机构多采用这种方式;另一种是回转式如图3所示。

直落式机构的优点是能够充分利用爆炸能量,刀具伸出长度较小;缺点是结构复杂,刚性较差,落刀体需承接容器而影响刀尖的伸出量,不便于操作时观察。

回转式落刀的优点是在落刀过程中刀尖绕转轴作回转运动,具有垂直与水平两个方向的退让,将有效地避免后刀面与已加工表面之间的摩擦,特别是当刀具后角较小,工件直径和工件材料的塑性都较大时,它可以有效地保护已加工表面的真实情况不因落刀而受到不应有的破坏。另一优点是落刀体与刀架之间有转轴相联结,不需要承接器,横向尺寸紧凑,刀尖

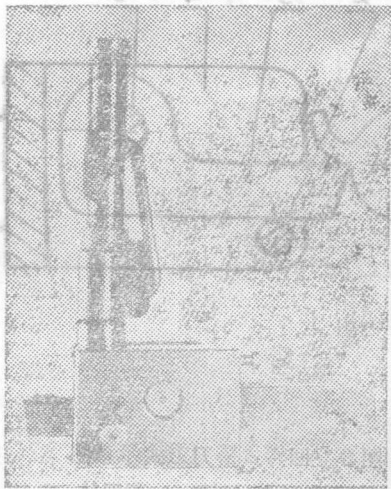


图1 枪击式快速落刀机构

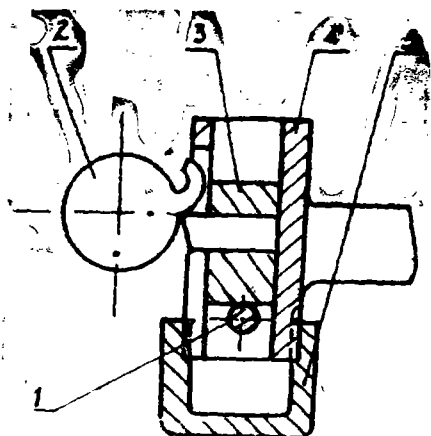


图2 直落式落刀方式示意图

1. 剪切销; 2. 工件; 3. 落刀体;
4. 导向套; 5. 承接器

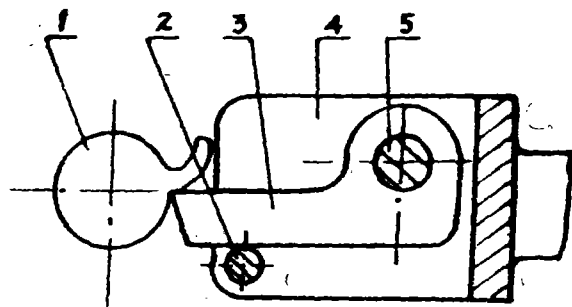


图3 回转式落刀方式示意图

1. 工件; 2. 剪切销; 3. 落刀体;
4. 刀架; 5. 转轴

外露、视线开阔, 刀架的刚度也因结构简单而大为提高, 缺点是落刀体尺寸较大, 且作回转运动, 故对爆炸能量的利用较直落式差。这一缺点可用加大爆炸力加以克服, 所以本机构决定采用回转式结构。

3. 消音措施的设计

几乎所有的爆炸式落刀机构均存在没有消音措施的缺点, 因而在爆炸时产生很大的响声, 给操作者心理上带来不必要的紧张情绪, 影响操作准确性, 甚至被误为爆炸式落刀机构会产生强烈的振动, 影响机床精度, 使机构的应用受到限制, 因此, 如何减少爆炸噪音就成为必须解决的课题。

爆炸噪音产生的根源有二方面, 一是火药在燃烧时产生的爆轰声波, 被约束在枪管的管道中通过管道的出口传入大气; 二是火药燃烧时所产生的高压气体, 通过减压孔向大气排放时形成高速气流噪音, 这两种噪音的性质不同, 衰减方式也不同, 前者主要靠反射、吸收和衰减的方式加以减小, 后者则采取分散喷射气流和降低压差的办法加以减小。为此, 采用外加消音套的办法, 可以综合减低爆炸噪音和喷射噪音, 其结构如图4所示。

下面讨论消音套的消音原理及几个有关尺寸的决定。

(1) 排放减压孔6: 主要作用是当冲头将剪切销冲断后, 迅速将枪膛内的剩余压力气体排入大气中, 避免把联结螺母7和冲头8压坏。因此, 其直径越大则减压效果越好, 但由于孔6的存在, 使爆炸噪音进入周围大气, 高压气体喷射而出形成了喷射噪音, 造成了很响的爆炸声。

对爆炸音, 管道的截面突然扩大或缩小, 都有明显的消音效果, 其噪音衰减量可按式估算:

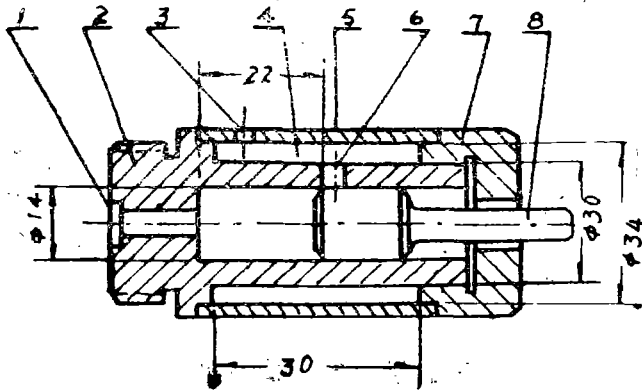


图 4 消音套结构示意图

1.弹仓; 2.枪管; 3.消音套排放孔; 4.减压腔; 5.消音套; 6.排放减压孔; 7.联结螺母; 8.冲头

$$\Delta L = 10 \lg \frac{(1+m)^2}{4m}$$

式中, ΔL 为通过变径节孔的噪音衰减量 (dB); $m = F_1/F_2$, F_1 为进气流管道截面积 (m^2), F_2 为出气流管道截面积 (m^2).

按此公式制成的曲线图见图 5。由图 5 见, 孔 6 的截面积愈小, 消音的效果愈强。

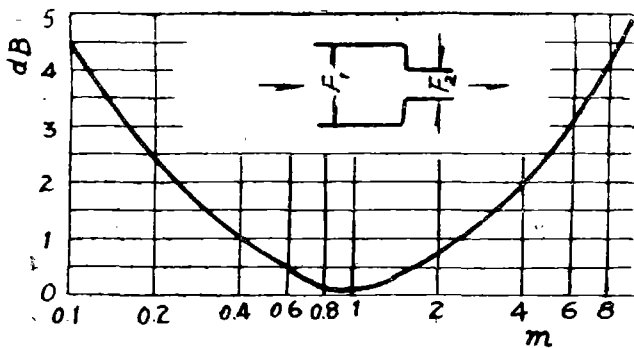


图 5 气流通过变径节的噪音衰减量

对于高速喷射气流所形成的噪音, 需要采用分流减小压差的办法解决。小孔的阻尼系数较大, 在相同的截面积下, 改大口径孔为多个小孔, 将利于对喷射气体的减压及分流作用, 而且小孔可以提高噪音的频率, 从而降低 A 声级声功率。

根据上述原因,综合考虑零件的强度要求,决定选用三个 $\phi 4$ 孔作为减压孔,其面积比 m 近似等于4,对爆炸噪音具有一定的衰减作用。

(2) 减压腔4的体积:从减压孔6排出的气体,仍有较大的流速及压力,还要再次处理。在枪管外部加上消音套5,形成一个减压腔,使高压气体膨胀而压力减小。因此,体积愈大则减压效果愈好。但减压腔同时又是爆炸噪音的阻尼通道,因而其横断面不宜过大,现取其体积为枪膛体积的一倍,并在其中适当加入一些石棉布等吸音材料借以增大音阻。

(3) 消音套上的排放孔3:高压气体经减压后,加上孔6的阻尼作用,喷射噪音已不是主要因素,应考虑进一步减小爆炸噪音,故孔的直径进一步减小为 $\phi 0.5\text{mm}$,分布在消音套的顶端共10个,总截面积为 1.96mm^2 ,终于取得了较好的消音效果,经测试无消音套时噪音达114—115dB(A),加套后为95dB(A)。

三、性能测试

本实验装置送西安光学机械研究所用高速摄影机拍摄了落刀的全过程,拍摄频率为5500幅(s) $^{-1}$,每幅间隔时间为0.19ms,拍摄结果采用NAC-MOVIA S100型判读仪进行分析计算,其位移量数据如表1所示。

表 1

| 序号 | 落刀时间 (ms) | x方向 (mm) | y方向 (mm) | 序号 | 落刀时间 (ms) | x方向 (mm) | y方向 (mm) |
|----|--------------|-------------|-------------|----|--------------|-------------|-------------|
| 1 | 0.00 | 243.70 | 200.10 | 6 | 9.59 | 238.90 | 148.60 |
| 2 | 1.91 | 243.10 | 194.40 | 7 | 11.51 | 235.70 | 139.20 |
| 3 | 3.83 | 243.20 | 188.20 | 8 | 13.43 | 231.80 | 126.50 |
| 4 | 5.75 | 243.60 | 172.20 | 9 | 15.35 | 227.60 | 117.60 |
| 5 | 7.67 | 240.70 | 163.00 | 10 | 17.27 | 222.70 | 107.60 |

从表中数据可见,在落刀开始的前10幅照片中,其时间间隔为1.91ms,刀具位移变化量极大,刀具沿y轴下降了5.7mm,沿x轴后退了0.6mm,这样的速度是相当令人满意的。

根据表1数据,在判读仪上计算出前51幅照片的速度及加速度,再求出其最大初始加速度值及前10幅的平均加速度值,其最大初始加速度值为 $2.24 \times 10^6 \text{mm} \cdot \text{s}^{-2}$ 。

在实验室现场对装置进行噪音对比测试,噪音计离地面130cm,距刀架110cm处测得未加消音时噪音达115dB(A),加消音套后,噪音为95dB(A),这一数值已低于我国卫生部和劳动总局批准颁发的听力保护标准。

文中有关高速摄影及数据判读部分的实验工作,系中国科学院西安光学机械研究所刘家齐高级工程师完成,特表感谢。

参 考 文 献

- [1] 罗重常等, 双剪切销爆炸式快停装置的研制, 全国高校金属切削原理与刀具研究会第一届年会论文集, (1983).
- [2] 星光一, 星铁太郎著, 杨渝生等译, 金属切削技术, 中国农业机械出版社, (1983).
- [3] 刘庆深等, 钻削快停装置的标定, 工具技术杂志, 5, (1986).
- [4] 杨玉致编著, 机械噪声控制技术, 中国农业机械出版社, (1983).
- [5] 宋秀娟, 浩谦编译, 金属爆炸加工的理论 and 应用, 中国建筑工业出版社, (1983).

A Shooting-type Quick-stoppage Device for Use in a Lathe

Cai Guangren Tan Meide Chen Ziwen

Abstract

This paper presents a shooting-type quick-stoppage device for use in a lathe. It is a new design as compared with various explosive-type quick-stoppage devices which appear to be inconvenient and inefficient.

This design adopts the bullet, with warhead removed, of sports-rifle as an explosive source. Thus it simplifies the operation, increases the efficiency for many times, and assures reliability and safety.

The operating characteristics of this design has been appraised by high-speed photography; it shows an initial acceleration over $2.24 \times 10^8 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-2}$, which signifies best quality.