

# Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对便携式特种破拆技术破拆性能的影响

崔秀梅, 辛文彤, 孙立明, 王 森

( 军械工程学院 车辆与电气工程系机械设计教研室, 河北 石家庄, 050003 )

**摘 要:** 为了研究稀释剂 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对破拆弹破拆性能的影响, 通过试验进行了不同含量 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 下割孔破拆的割孔深度、割孔上表面直径及喷射时间研究。研究表明: 1.5% 的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 能降低破拆剂的燃烧速度, 破拆效果最好。

**关键词:** 破拆弹; 破拆剂; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 破拆性能

中图分类号: TJ45<sup>+</sup>9

文献标识码: A

## Effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on Breaking Capability of Portable Special Breaking Technology

CUI Xiu-mei, XIN Wen-tong, SUN Li-ming, WANG Sin

(Ordnance Engineering College, Shijiazhuang, 050003)

**Abstract:** Aimed at the impact of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on breaking capability of portable special breaking technology, the different content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, which is used as diluter in breaking agent, was studied. The top hole depth, the diameter of the top hole and the eject time were obtained through test, which showed that the Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> of 1.5% weight can reduce the burning rate of breaking agent, and get the best breakage effect.

**Key words:** Breaking bomb; Breaking agent; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Breaking capability

便携式特种破拆技术即手工热剂破拆技术, 由破拆枪和破拆弹两部分组成。其工作过程为: 将破拆弹装入特制破拆枪中, 当击发破拆弹后, 破拆剂快速燃烧产生高温高压熔体和气体, 在压力作用下从喷嘴高速射出, 熔化被破拆件, 在高温高速熔体和气体冲刷下实现高效热破拆。其破拆机理为熔化破拆和燃烧破拆, 可在无电源、无气源和无任何设备的条件下实现切割破拆, 是武器装备和野外工程设施应急破拆的理想手段。

便携式特种破拆技术的关键是燃烧型破拆弹, 破拆剂的各组分配系则是研制破拆弹的主要工作。破拆剂的配方成分主要由4部分组成: 高热剂、稀释剂、造气剂及合金剂, 高热剂主要为破拆提供热量<sup>[1]</sup>, 合

金剂的作用是增加射流动量和吹力, 造气剂是为了提高破拆弹内的压力而提高喷射速度及吹力, 稀释剂则是为了调整反应温度和速度。破拆弹利用喷射燃烧合成产物以实现工件的切割破拆和割孔破拆, 本文重点研究稀释剂 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对割孔破拆的割孔深度、割孔上表面直径及喷射时间的影响。

## 1 试验

在便携式特种破拆技术中, 破拆弹由破拆剂、喷嘴、弹壳、底座和底火5部分组成, 如图1所示。

研制手工热剂破拆技术的关键是研制安全、高效、稳定的破拆弹, 破拆剂是破拆弹的核心部分, 其

收稿日期: 2013-11-19

作者简介: 崔秀梅 (1975-), 女, 讲师, 主要从事机械设计及应急焊接、切割研究。

基金项目: 军械工程学院科学研究基金项目 (YJJXM12042)

化学成分直接影响破拆性能。稀释剂能降低破拆剂燃速，达到良好的破拆可控性，综合考虑多种因素，采用Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>作为稀释剂。在修正造气剂、高热剂含量后调整配方，如表1所示，各组分含量不变调节稀释剂Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量，如表2所示。

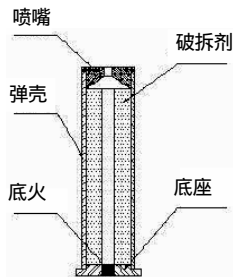


图1 破拆弹结构图

Fig.1 Structure of breaking bomb

表1 试验方案

Tab.1 Testing scheme

药剂成分	CuO+Al	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al	KNO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	其他
w/%	11.7	74.2	7.8	1.5	4.8

表2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量

Tab.2 Content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

编号	1	2	3	4	5
w/%	0	0.7	1.5	3.0	4.5

破拆材料为工业用Q235钢，规格为330×150mm×20mm。制作成直径23mm、长度90mm的破拆弹、药剂密度为2.28g/cm<sup>3</sup>，距工件约10mm处进行割孔试验。破拆剂各组分经三维混料机混合后，置于恒温110℃鼓风干燥箱中2h，然后冷却，进行冲压成型。割孔时将燃烧型破拆弹装填入模拟试验平台，利用摄像机采集破拆弹破拆割孔工件时的各项试验数据。

## 2 试验结果及分析

破拆弹以烟火药作为能源，其割孔破拆步骤基本为：首先，喷嘴处喷出高温流体将工件表面加热熔化，初步形成熔池，熔池内的液态金属及熔渣提供热量将孔洞边缘熔化，增加上层孔洞直径，同时对下层金属进行预热；破拆弹喷射出的高温、高速气流吹除上层熔渣，沿厚度方向割孔；下层金属受到预热作用，沿深度方向的熔池停留时间逐渐缩短，径向熔化减少，依次形成熔池。不断循环进行工件的割孔<sup>[2]</sup>，最终出现沿厚度方向形成喇叭孔，孔上表面直径大于下表面孔直径的缺陷。反映破拆弹的可操作性的参数是破拆弹的喷射时间、燃烧所产生的烟尘及火花等，其中主

要参数为破拆弹喷射时间。试验证明，燃烧时间在4~6s之间时，操作者可以灵活控制破拆枪进行破拆。喷射时间与Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量关系见图2。本破拆剂中Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>主要有两个来源：一是添加剂中起到减缓燃烧速度的稀释剂Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；二是破拆剂中的高热剂部分采用铝热剂<sup>[3]</sup>，其燃烧产物为Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

由图2可见：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量在0~1.5%范围内增加时，破拆弹的喷射时间延长，当Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量达到3%后，破拆弹喷射时间开始下降，原因是稀释剂造成药剂不完全燃烧，大量药剂被冲出，燃烧断续甚至熄火。

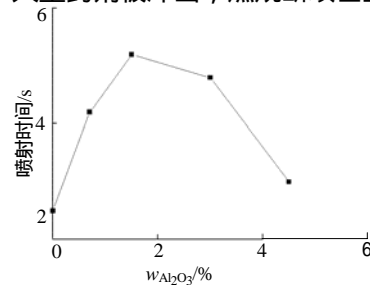


图2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量与喷射时间关系

Fig.2 Relation between eject time and content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

割孔深度及孔洞上表面直径与Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的关系

见图3。

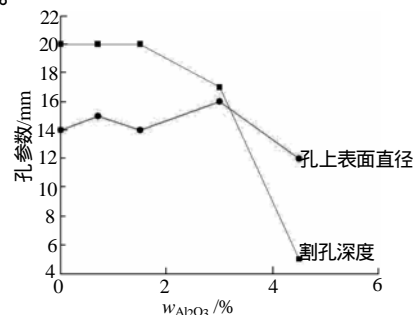


图3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量与割孔质量

Fig.3 Relation between quality of the hole and content of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

由图3可见，稀释剂含量较少时，燃烧速度较快、喷射时间较短，液流喷射至工件表面迅速实现穿孔且工件上表面热流作用时间短，上表面孔径较小，喷射液流的热量迅速下传至工件底层，实现穿孔；随着稀释剂的含量增加，其对破拆剂的燃烧影响较大，燃烧速度迅速下降，工件上表面孔径略有增加；破拆质量随Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的继续增加而下降，达到3%后孔洞被渣滓覆盖；达到4.5%后，在几次试验过程中都发生未引燃、燃烧终止、工件表面堆积渣滓等问题，燃烧较不稳定。

不同含量Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>配系的割孔宏观表面如图4所

示。分析试验结果认为有以下几点原因：

(1)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  为粉末状金属氧化物,单独存在稳定熔点高达 2 372K,在破拆剂反应过程中吸热降温,直至达到熔点,降低了反应速度,当含量增加到 4.5% 时,起到阻燃剂的作用,难以引燃破拆剂,造成破拆弹的哑火；

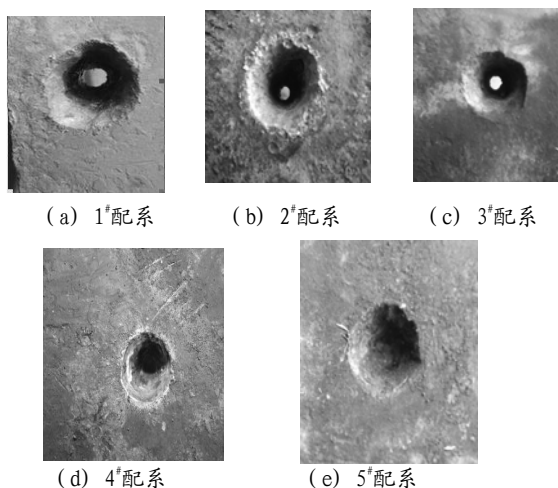


图 4 不同含量  $\text{Al}_2\text{O}_3$  配系的割孔宏观图

Fig.4 Appearance of the hole of different content of  $\text{Al}_2\text{O}_3$

(2)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  液流变形能力较差,但破拆弹提供的吹力足以将熔渣吹除,而较粘稠的熔渣对工件具有预热作用,能提高一定的热利用率；

(3)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  融化后,以液滴形式不断向 Al 颗粒表面凝结,而颗粒自身同时发生破裂,破碎后颗粒继续燃烧,不断重复上述过程,导致颗粒成分发生变化,燃烧效率降低<sup>[4]</sup>,致使燃烧反应不完全,出现大量烟尘,破拆弹总热量迅速下降,喷射时间缩短等现象；

(4) 根据有关表面张力影响的研究<sup>[5]</sup>,液态金属铁的表面张力系数随温度的提高而降低,熔池中心温度高而周边温度低,液态金属形成从熔池中心向熔池

周边的表面张力流,破拆弹燃烧弧向熔池底部的传热效率低,熔池熔深浅,最终导致割孔变大。而液态  $\text{Al}_2\text{O}_3$  具有变形能力较差特点,造成燃弧作用于熔池底部的热量降低,向边缘融化,出现孔上表面直径增加,继续增加  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,出现熔渣覆盖于工件表面难以吹除,孔深、孔径均迅速下降。

### 3 结论

为降低破拆弹的燃烧速度,达到良好的破拆可控性,在破拆剂化学配系中添加适量的稀释剂  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。当  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量较低时,燃烧速度较快、喷射时间较短、上表面孔径较小,可实现穿孔；随着  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量的增加,对破拆剂的燃烧影响增大, $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量过高时,破拆弹较难引燃。在试验中确定  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 1.5% 时能够满足破拆性能要求。

### 参考文献:

- [1] 李志尊,辛文彤.高热剂对低碳钢手工自蔓延焊接的影响[J].焊接学报,2007,28(2):79-80.
- [2] 王鹏,张靖.烟火切割热力学分析及药剂配方设计与实验[J].含能材料,2011,19(4):459-463.
- [3] 吴永胜.一种手工自蔓延切割技术的研究[D].石家庄:军械工程学院,2009.
- [4] 方丁酉.两相流体力学[M].北京:国防科技大学出版社,1988.
- [5] Heiple CR, Roper JR. Mechanism for minor element effect on TIG fusion zone geometry[J]. Welding Journal, 1982, 61(4): 97-102.