

doi: 10.7690/bgzdh.2017.07.021

带药型罩药柱压制安全性

张斌宏, 王大奎, 万力伦

(重庆红宇精密工业有限责任公司, 重庆 402760)

摘要: 为满足药柱压制安全性要求, 对药柱压制的参数进行安全性分析和改进。采用 500 t 双向液压机进行带药型罩主药柱压制, 通过对比常用产品压制的应力仿真结果, 对产品 A 进行仿真分析, 提出改进措施, 并通过实际验证。结果表明: 优化后的 A 产品压制过程, 通过调节压制参数, 降低局部炸药的压制应力, 提高了药柱压制的安全性。该研究可作为一般带药型罩主药柱压药安全性分析的一种有效途径, 能评定和改进压药过程的安全性。

关键词: 500 t 双向液压机; 药柱压制; 带药型罩; 仿真分析

中图分类号: TJ410.3+33 **文献标志码:** A

Pressing Safety of Grain with Liner

Zhang Binhong, Wan Dakui, Wan Lilun

(Chongqing Hongyu Precision Industry Co., Ltd., Chongqing 402760, China)

Abstract: To meet safety requirement of grain pressing, this paper analyzes the safety of parameters for grain pressing and makes some improvement on it. Research on pressing main grain with liner by 500t bidirectional oil press, by comparing with common product pressing stress simulation result, carry out simulation analysis for product A and give improvement suggestion and verify it by practice. The result shows that the optimized pressing process of product A has improved safety of grain pressing by adjusting pressing parameters and decreasing the pressing stress of partial explosive. This study can be taken as an effective way for analyzing the pressing safety of ordinary main grain with liner, evaluating and improving the safety of pressing process.

Keywords: 500 t bidirectional oil press; grain pressing; liner; simulation analysis

0 引言

带罩药柱压制采用常规 500 t 双向液压机将药型罩和炸药药粉依次置于模具内, 通过上、下冲头与模衬的相对运动对药粉进行施压, 将药粉与药型罩压制固定形状且密实的整体元件。

炸药是一种亚稳态材料, 在外界压力作用下可能分解、燃烧, 甚至爆轰^[1-3]。在压药时, 炸药承受着数千大气压的静压力, 而且冲头与模壁、炸药与模具彼此间存在着强烈的摩擦, 夹在模具滑动部分间隙中的炸药受到很大的挤压力。并且, 聚能药柱因为其结构的特殊性, 在局部会形成较大局部应力。热点理论指出: 在机械作用下产生的热量不及时均匀分散到全部炸药上而是集中在极小区域内(如棱角处), 这种局部温度很高的区域称为热点。从宏观上看, 热点形成的难易除取决于炸药本身的性质外, 主要取决于作用在炸药局部区域的应力率或应变率, 应力率或应变率越大, 热点越易形成, 爆炸也就越容易发生^[4-5]。

国内, 针对含能材料的特殊性, 对于异形结构及存在较大不确定性的药柱, 其压制前仿真通常采

用 ANSYS 软件进行计算, 以期给实际压制提供安全判定依据。

笔者以产品 A 带药型罩药柱压制的安全性分析为目的, 采用仿真数值模拟和计算药柱弧顶高度等方法, 对药柱压制的参数进行了安全性分析和改进, 以满足药柱压制安全性要求。

1 药柱仿真安全性分析

1.1 数值模拟建模

对于双向药柱压制, 首先压缩药粉, 药粉压缩成型后再进行保压。在药粉压缩成型过程中, 炸药承受压力较小, 其内部的应力和温度变化较小, 这一过程中的炸药安全性不是最重要的问题。当药粉压缩成型后, 炸药开始抵抗外界施加的压力, 造成内部应力水平增大, 从而引起塑性变形和温升, 此时炸药的安全性问题必须引起重视; 因此, 数值模拟主要针对药粉压装成型之后保压阶段的响应^[1]。

笔者采用 ANSYS 软件对带罩药柱压制过程进行有限元分析, 通过设定炸药的弹性模量、泊松比、摩擦系数和堆积密度等参数, 对药柱保压过程进行

收稿日期: 2017-03-08; 修回日期: 2017-04-18

作者简介: 张斌宏(1986—), 男, 山西人, 工学学士, 工程师, 从事火工工艺设计研究。

数值模拟。

1.2 仿真计算

为研究与 A 产品结构类似的其他产品在压制时最大应力区域是否相同, 比较各产品采用相同的输入参数压制时最大应力区域的最大应力值的差异, 笔者对 A、B、C 3 个类似产品采用相同的输入参数进行仿真分析, 其仿真等效应力如图 1—3 所示。

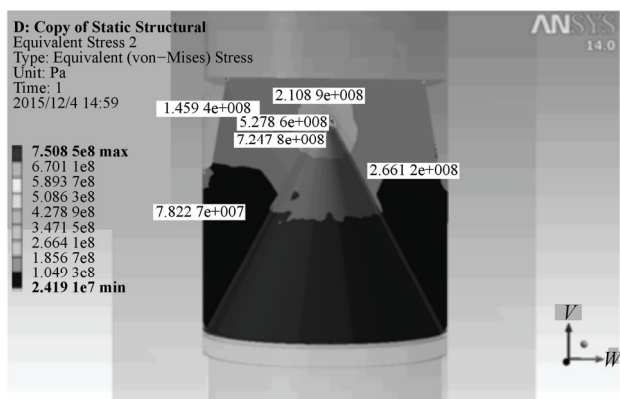


图 1 产品 A 药柱等效应力仿真结果

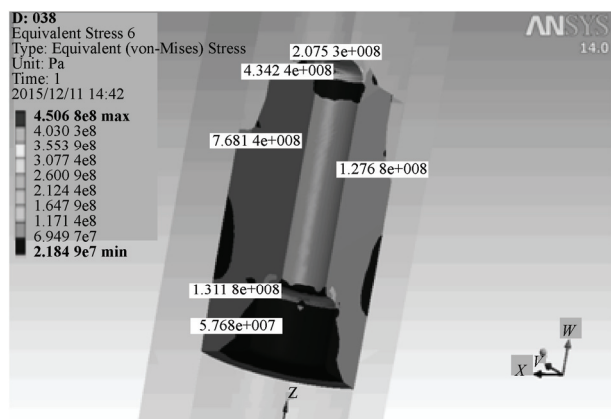


图 2 产品 B 药柱等效应力仿真结果

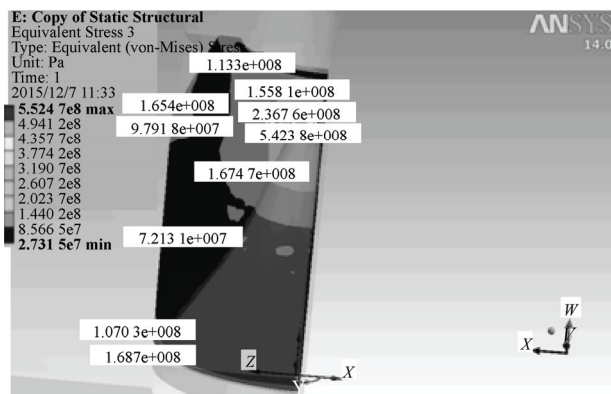


图 3 产品 C 药柱等效应力仿真结果

从图 1—3 可以看出: 当比压为 $2\ 000\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 时, 药柱 A、B、C 所承受的最大应力均发生在药

型罩顶端与药柱的接触面上, 其中药柱 A 最大应力为 $893.7\ \text{MPa}$, 药柱 B 最大应力为 $526\ \text{MPa}$, 药柱 C 最大应力为 $577\ \text{MPa}$ 。

1.3 安全性分析及措施

1.3.1 安全性分析

对比 A、B、C 3 个产品, 在压制时最大应力区域相同, 均发生在药柱与药型罩接触部位。

当产品 A 采用比压为 $2\ 000\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 进行药柱压制时, 轴向最大应力为 $893.7\ \text{MPa}$ 。产品 B 和产品 C 分别为 $526\ \text{MPa}$ 和 $577\ \text{MPa}$ 。产品 A 在罩顶所承受的轴向最大应力比其他产品承受的应力大了将近 $300\ \text{MPa}$, 存在不可预料的安全隐患。

1.3.2 安全性措施

1.3.2.1 降低比压

根据力学原理, 力的作用具有传递性, 降低直接作用在药柱端面的轴向压制压力, 将降低药柱各内部所承受的应力; 因此, 可以采用适当降低药柱压制比压的方式减小药柱与药型罩接触部位的最大应力。

1.3.2.2 降低药密度

通过对类似结构产品进行解剖可得, 此结构下罩顶最大密度大约比药柱平均密度高 $0.022\ 6\ \text{g}/\text{cm}^3$ 。

JO-11 的理论密度为 $1.849\ \text{g}/\text{cm}^3$, 通常该炸药的药柱可压密度为 $1.83\ \text{g}/\text{cm}^3$ 。那么按照上述密度差值计算, 假设药柱最大密度在罩顶为 $1.83\ \text{g}/\text{cm}^3$, 那么药柱平均密度为 $(1.83 - 0.022\ 6)\ \text{g}/\text{cm}^3 = 1.807\ 4\ \text{g}/\text{cm}^3$, 也就是说, 药柱的最大平均密度应当在 $1.807\ \text{g}/\text{cm}^3$ 左右, 否则就会有过压的安全隐患。因此将药柱密度修正为 $(1.805 \pm 0.005)\ \text{g}/\text{cm}^3$ 。

1.3.2.3 检查弧顶高度值

按照药柱压制安全要求, 药型罩弧顶延长线与药柱顶端距离应大于某个值才能确保安全压药, 否则, 炸药在药型罩顶端流散性较差, 存在安全隐患。

经过实测, 如图 4 所示, 产品 A 弧顶高度大于最低限值; 因此, 弧顶高度满足要求。

1.4 参数优化后产品 A 仿真计算

如图 5 所示, 经过仿真计算, 当产品 A 采用比压为 $1\ 600\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 进行药柱压制时, 轴向最大应力由最初的 $893.7\ \text{MPa}$ 降为 $693\ \text{MPa}$ 。降低后的药型罩顶端应力约为 $200\ \text{MPa}$, 有效降低了风险, 使其处于相对较为安全的应力数值。

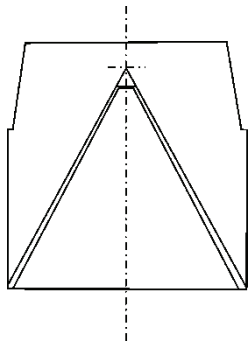


图 4 药柱 A 弧顶实测值

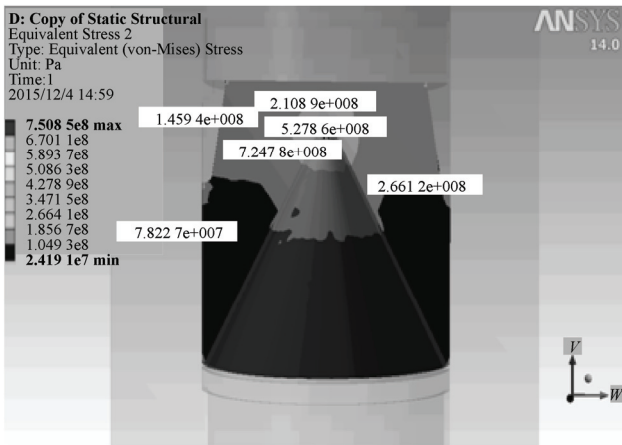


图 5 药柱等效应力仿真结果

2 结果分析与讨论

2.1 压制应力

当药柱压制的比压由 $2\ 000\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 降到 $1\ 600\ \text{kg}/\text{cm}^2$ 时，药型罩顶端所承受的轴向最大应力由最初的 $893.7\ \text{MPa}$ 降为 $693\ \text{MPa}$ ，降低后的药型罩顶端应力大约为 $200\ \text{MPa}$ ，这有效降低了风险，使得药柱局部应力处于相对安全的数值。

2.2 药柱密度

因为双向压机压药的局限性以及炸药本身在模衬内的流散性，导致药柱压制后存在密度分布不均。通过分析并解剖类似结构药柱，得到密度分布，以此作为参照，考察并校核现有药柱密度。设定的目前密度 $(1.805 \pm 0.005)\ \text{g}/\text{cm}^3$ 满足安全压制要求。

2.3 弧顶高度

药柱的弧顶高度决定着炸药在压制过程中的流散性，较小的弧顶高度将制约炸药的流散，产生炸药过压的安全隐患。经过比对，产品 A 弧顶高度满足要求。

3 结论

通过对产品 A 进行仿真分析和改进，调节压制参数，降低局部炸药的压制应力，提高了药柱压制的安全性，并且通过实际生产验证了压制过程的安全性。该安全性研究可以作为一般带药型罩主药柱压药安全性分析的一种有效途径，以评定和改进压药过程的安全性。

参考文献:

- [1] 贾宪振, 王晓峰, 陈松, 等. 炸药等静压工艺安全性的数值模拟研究[J]. 兵工自动化, 2014, 33(7): 65-67.
- [2] 王宝成, 牛国涛, 金大勇. 国内炸药老化及寿命评估的进展和评述[J]. 兵工自动化, 2015, 34(6): 44-47.
- [3] 田轩, 王晓峰, 黄亚峰, 等. 国内外废旧火炸药绿色处理技术进展[J]. 兵工自动化, 2015, 34(4): 81-84.
- [4] 陈国光, 董素荣. 弹药制造工艺学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2014: 344-345.
- [5] 马增祥, 卢连军, 张均法, 等. 弹药装药技术的数值研究[J]. 兵工自动化, 2015, 34(4): 92-93.