

爆炸烧结参数对烧结质量的影响

高举贤 张科 郑哲敏

(中国科学院力学研究所)

摘要 用金属丝束代替粉末研究了在柱面聚合波作用下二维的烧结过程。结果表明,对烧结质量影响最大的爆炸参数是比能量、爆压和比冲量;采用略高于临界值的低爆压和高的比冲量可提高烧结质量。

关键词 爆炸烧结, 柱面聚合激波, 爆炸参数

本文研究分析烧结过程中起控制作用的爆炸参数,然后以金属丝束替代粉末(即将三维问题简化为二维问题)以便定量研究爆炸参数对烧结质量的影响。

1 参数分析及实验

爆炸烧结通常采用较经济的柱面聚合激波烧结装置^[1],但其加载条件比平面飞片法复杂得多。由于实际烧结过程不允许出现 Mach Stem,我们提出一维模型估算载荷变化规律^[2]见图1。图1纵横坐标是无量纲参数,分别代表激波相对强度和相对半径。 ρ_0 , C_0 分别为材料初始密度和初始声速, r_0 是特征半径。曲线1表示激波聚合过程压力变化,曲线2表示激波在包套中心反射后发散过程的压力变化。可见粉末中达到的最大压力是在曲线2上。当粉末、包套材料及粉末初始密度给定时,激波传递给粉末的能量取决于爆炸载荷。对于滑移爆轰,粉末中的压力由爆压 p_H 和装药厚度决定,后者直接影响加载时间,作用于包套上的载荷取决于爆压和比冲量 I (单位面积冲量)。烧结不同种类粉末所需炸药的比能量 q (单位质量粉末所需炸药能量)不同,与粉末的物理力学性质有关。即使比能量相同,爆压和比冲量仍可有较大的变化范围。因此对爆炸烧结来说,这三个参量是独立的,它们决定了粉末中的加载状态。

以含碳量为0.10%的铁丝束替代粉末以便在

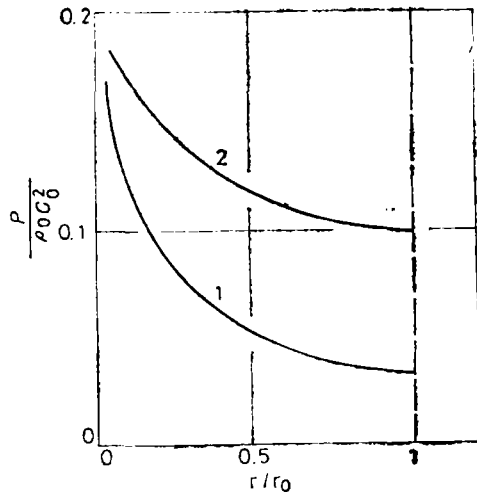


图1 柱面聚合激波作用下Fe粉中压力分布
Fig. 1 Pressure distribution in Fe powder under cylindrical converging shock wave
1—shock wave converging process;
2—shock wave divergent process

二维条件研究柱面聚合激波烧结过程^[1]。丝束装填密度和烧结后焊合率用定量金相确定。金相和扫描电镜用于研究检验烧结质量。为了能在大范围调

1989年10月29日收到初稿,1990年3月27日收到修改稿。

本文通讯联系人:高举贤,副研究员,北京(100080)中国科学院力学研究所。

节爆炸参数,采用铵油炸药和黑素金混合炸药.用变化炸药成分、装药密度、装药直径来改变比能量、爆压和比冲量.采用滑移爆轰.以实验中测得的爆速计算爆炸参数.

2 实验结果和结论

比冲量 I 和爆压 P_H 对烧结质量的影响分别见

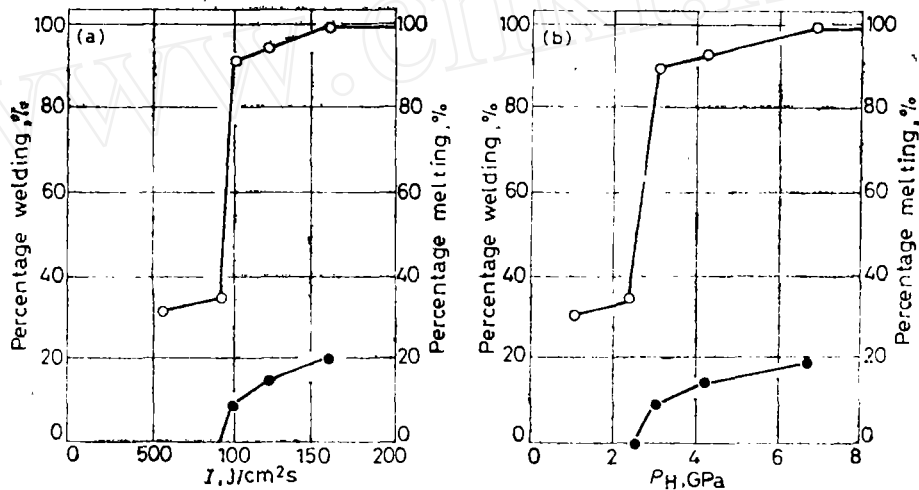


图 2 比冲量和爆压对烧结质量的影响
 Fig. 2 Effect of simultaneously changing specific impulse I and detonation pressure P_H on consolidation quality
 —○— welding; —●— melting
 (a) specific impulse; (b) detonation pressure

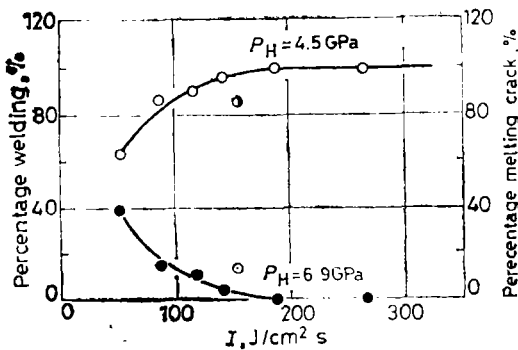


图 3 比冲量对烧结质量的影响
 Fig. 3 Effect of specific impulse on consolidation quality
 ○— P_H 4.5 GPa, welding;
 ●— P_H 4.5 GPa, melting crack;
 ⊙— P_H 6.9 GPa, welding;
 ⊗— P_H 6.9 GPa, melting crack

图 2 a, b. 由图 2 看出, 改变炸药配比, 使 I 和 P_H 同时增加, 焊合率和颗粒界面熔化量也相应增加, 在 $I = 90 \text{ J/cm}^2\text{s}$ 或 $P_H = 2.3 \text{ GPa}$ 附近焊合率有明显的跳跃, 低于此值界面不发生熔化, 焊合率约 30%, 略高于此值焊合率猛增至 90%, 相应地界面熔化量也增加. 此后随 I 和 P_H 增加焊合率和熔化量继续增加. 跳跃出现的原因是由于烧结机制变化所致, 即从非熔化焊转变为熔化焊. 为了分析 I

与 P_H 对界面熔化的作用, 设计了一系列实验. 保持其他条件相同, 控制 $P_H = 4.5 \pm 0.3 \text{ GPa}$, 研究 I 对烧结质量的影响. 结果示于图 3. 随 I 增加, 裂纹 (未焊合界面) 减少, 焊合率增加. 当 $I = 50 \text{ J/cm}^2\text{s}$, 虽熔化但未焊合的界面达 40%. I 达某一值后完全消除了这种裂纹, 达到 100% 焊合. 对照图 2 和图 3 可推断 P_H 是对界面熔化更敏感的参数. 从非熔化焊到熔化焊的转变应存在一临界 P_H 值, 低于此值、增加 I 也不会发生熔化焊合. 图 3 中 “●” 点和 “⊗” 点分别表示 $I = 155 \text{ J/cm}^2\text{s}$, $P_H = 6.9 \text{ GPa}$ 时焊合率和颗粒界面熔化量, 将其与 $P_H = 4.5$ 的曲线上具有相同 I 值的点进行比较, 可见前者熔化量明显高于后者, 进一步证实 P_H 是对界面熔化更敏感的参数. 上述结果在 316L 不锈钢粉末的爆炸烧结实验中得到进一步证实. 表 1 给出三种具有代表性粉末材料 (316L 不锈钢、金属陶瓷、

表 1 爆炸烧结参数
Table 1 Explosive consolidation parameters for several powders

Material	Initial density g/cm ³	Grain size μm	P _H GPa	I J/cm ² ·s	q J/g
Stainless steel 316 L	4.0	147—175	1.7	34	904
Metal/ceramics s.s./γ-Al ₂ O ₃	1.9		2.8	70	17670
γ-Al ₂ O ₃	1.3	50—100	4.0	114	42700

氧化铝瓷)的爆炸烧结参数。烧结化学纯 γ-Al₂O₃ 粉末所需 q 值比不锈钢粉末高两个数量级, I 值高一个数量级, P_H 也高几倍。

压是对界面熔化更敏感的参数。为提高烧结质量应采用低爆压(略高于临界值), 大的比冲量, 粉末表面应予以处理。

3 结 论

当粉末初始密度、颗粒度和真空度给定, 控制烧结质量的爆炸参数是比能量、比冲量和爆压。爆

本文为国家自然科学基金资助项目。

本文得到谈庆明、邵丙璜教授的帮助和支持, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 高举贤, 邵丙璜, 张 科, 郑哲敏. 金属学报, 1990; 26: B349
- 2 高举贤, 王晓林, 张晓红, 中国科学院力学研究所内部资料, 1990

EFFECT OF EXPLOSIVE CONSOLIDATION PARAMETERS ON CONSOLIDATION QUALITY

GAO Juxian, ZHANG Ke, ZHENG Zhemin (Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing)

(Manuscript received 29 October, 1989; revised manuscript 27 March, 1990)

ABSTRACT Two-dimension consolidation under the cylindrical converging shock wave has been studied. The major parameters influenced on the explosive consolidation quality are the specific energy, detonation pressure and specific impulse. It seems to be favourable to improving consolidation quality by a lower but slightly higher than critical detonation pressure and a high specific impulse.

KEY WORDS explosive consolidation, shock wave, explosive parameter

Correspondent: GAO Juxian, associate professor, Institute of Mechanics, Academia Sinica, Beijing 100080