

MCM 和 MVM 烧结钢强化机理及其性能^①

易建宏 吕海波

(中南工业大学粉末冶金研究所, 长沙 410083)

马福康

(中国有色金属工业总公司教育局, 北京 100814)

摘 要 用 MCM、MVM 母合金粉, 经传统粉末冶金工艺, 获得实验样品; 通过高温下显微组织观察, 发现在此铁基烧结体系的烧结过程中产生了瞬时液相; 论述了此瞬时液相对材料的强化作用, 较系统地对此体系烧结钢的物理、力学性能进行了总结与探讨。

关键词 母合金 瞬时液相 粉末热锻 力学性能

现代工业、尤其是汽车工业对粉末冶金结构零件的强度要求越来越高, 提高强度成了粉末冶金材料工作者的重要课题。人们为此进行了种种尝试, 其主要途径有二:

(1) 提高制品密度。

(2) 添加合金元素。特别是在添加合金元素, 寻找新的合金体系领域, 人们开展了大量工作^[1]: 无论是在添加金属元素方面^[2-5], 还是在添加非金属元素方面^[6,7], 人们都开展了较深入的研究, 取得了一些进展; 但都或多或少地遇到了既要强化效果好、材料强度高, 又要对氧稳定性好、经济上具有竞争力等问题。Albano-Muller^[8]等人成功地研制出了以 Mn、Cr、Mo 及 Mn、V、Mo 复杂碳化物为基的母合金, 即 MCM、MVM 母合金, 较好地解决了上述矛盾。在这些研究成果基础上, 本文采用传统粉末冶金工艺, 利用近代物理冶金分析仪器, 对 MCM、MVM 母合金的强化作用及其烧结钢的性能进行了总结和探讨。

1 实验材料与方法

1.1 原材料的成分与制备

本实验所用的母合金是用高纯电解 Mn 片、Mo 片和还原铬粉, 经真空熔炼后, 再经纯氮雾化获得, 其化学成分见表 1。

表 1 合金的化学成分(%)

母合金	Mn	Cr	V	Mo	Fe	C
MCM	25	23	—	20	22	10
MVM	25.5	—	23	25.5	20	7

1.2 常规烧结样品

采用武汉钢铁公司生产的还原铁粉(—100 目), 并配以 0.2% 母合金(MCM 或 MVM)粉及 0.6% 碳, 经混合、压制(50~60 MPa)、烧结获得。

1.3 热锻烧结钢样品

按 1.2 节工艺配制粉末、将其压成 90 mm × 23 mm × 25 mm 长条状, 在 1 300 ℃ 下烧结 1 h, 炉温冷至 1 000 ℃ 左右, 取出锻压。

1.4 力学性能测量及微观结构分析

各项室温力学性能测试试样尺寸标准按 GB1173—86 的要求, 硬度测量用 PMT 硬度仪测定, 力学性能采用万能拉伸试验机测定。

微观组织结构分析在 KYKY-AMRARY 10 000B 扫描电镜上进行。

2 实验结果与讨论

2.1 MCM 烧结钢在烧结中瞬时液相的形成及其强化作用

烧结过程中, 不同温度下 MCM 烧结钢显

① 收稿日期: 1994—09—06; 修回日期: 1994—12—20

微组织如图 1 所示, 由于液相处反光性差, 故在照片中, 液相与孔洞一样呈黑色。

图 1(a)显示了在室温下 MCM 烧结钢的显微组织; 在大约 600 °C (如图 1(b)所示), 烧结钢内部产生热侵蚀; 而图 1(c)显示了 MCM 母合金在熔化前 1 040 °C 下, 晶粒被强烈地热侵蚀的情形, 此时, 物质之间的扩散加剧; 图 1(d)表明在 1 230 °C 时, MCM 烧结钢内部产生液相, 液相流入晶界、开孔或连通孔中, 由于液相的渗透大大加剧了物质扩散, 并引发晶粒长大。

由于液相的形成, 使合金元素迅速与铁晶粒的接触面大大增加, 同时, 随着 Fe 原子向液相中的扩散, 加快了合金元素的互扩散和合金化的进程, 从而有利于制品的总体强化。将样品加热到 600 °C 进行淬火, MCM 烧结钢中有马氏体组织形成。

用 SEM 扫描电镜分析试样断口, 发现断口同时存在着劈开断裂(脆性)和脊梁断裂(韧性)两种断口, 这分别对应着马氏体区和铁素体-珠光体区域(图 2(a))。而在武钢-100 目

铁粉试样(采用粉末冶金热锻工艺, 制得相对密度在 98% 以上样品)的断面显现韧窝断裂, 未发现上述现象, 见图 2(b)。

2.2 MCM 和 MVM 母合金强化效果比较

文献[9]给出了经一次压制烧结和二次压制烧结的 MCM 与 MVM 烧结钢的淬透曲线, 见图 3、图 4; 从图上可知, MVM 烧结钢的淬透性比 MCM 烧结钢差。其原因是: 在 MCM 母合金中, 除 M_2C 中不含 Cr 外, 各种元素(Fe、Mn、Cr、Mo)都相当均匀地分布在其它各相中, 以 V、Mo 形成的碳化物相对 Mn、Fe 更为稳定, 从而, 烧结过程中, 各元素扩散速度不同, 影响淬透性。而二次压制烧结普遍比一次压制烧结的好, 则是因为二次压制烧结的样品密度较高所致。

从表 2 的力学性能可知: 在相同工艺条件下, MVM 烧结钢的强度要比 MCM 烧结钢高。微观组织分析表明^[10]: 在同样的烧结条件下, MCM 和 MVM 烧结钢都包含有贝氏体和珠光体组织, 在二次压制烧结 MVM 烧结钢中, 有 25% 的贝氏体孤离相出现; 在其均匀的组织

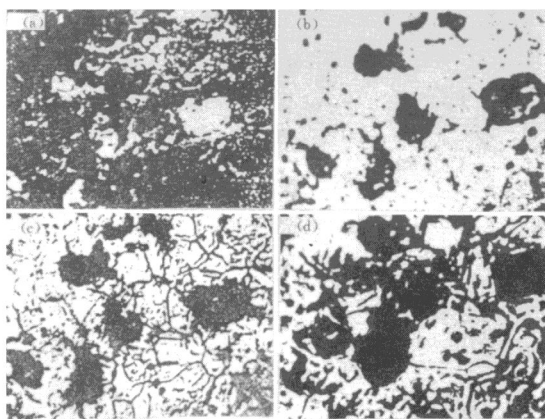


图 1 不同温度下压坯的显微组织

(a) 室温; (b) 600 °C; (c) 1 040 °C; (d) 1 230 °C

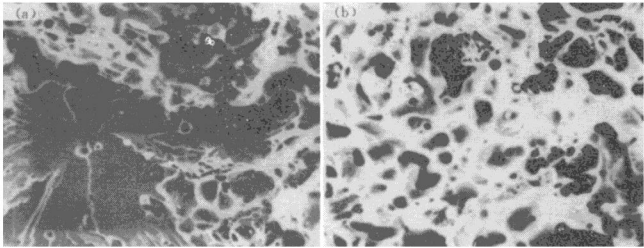


图 2 不同体系烧结样品断口的 SEM 像
(a) —MCM 烧结钢; (b) 热锻烧结铁粉

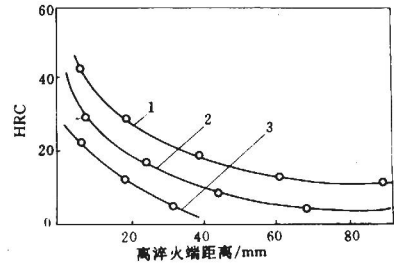


图 3 MCM 烧结钢的淬透性
1—2%MCM+0.6%C 二次压制烧结;
2—2%MCM+0.6%C 一次压制烧结;
3—1%MCM+0.6%C 二次压制烧结

中, 还有未溶解的 MC 和 MnO 相出现; 而在相同条件下, MCM 烧结钢中包含有 75% 的贝氏体, 由于粗大的贝氏体结合强度不及相对细

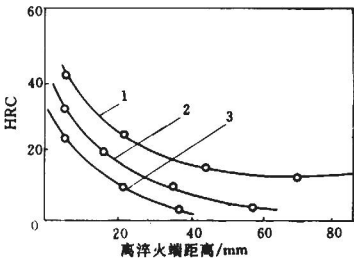


图 4 MVM 烧结钢的淬透性
小的珠光体, 因此, 虽然 MCM 烧结钢的合金元素均匀性更好, 但 MVM 烧结钢的强度更高; 另外, 在 MVM 烧结钢中, 开始以金属相存在的 Mn 的均匀化、合金化也有利于烧结钢强度的提高。

2.3 MCM 和 MVM 烧结钢的烧结锻造

在铁基粉末体系中, 加入含量不同的母合金, 经压制、烧结、热锻制得样品; 其力学性能如表 3 所示; 从表 3 中数据可以看出: 由于母合金的加入, 材料的强度大大提高。

2.4 MCM 和 MVM 烧结钢的热处理

采用 2.2 所得的母合金烧结钢, 在保护性气氛下进行 850 C, 20min 奥氏体化后在 60 C

表 2 MCM 和 MVM 母合金烧结钢的力学性能

材料	σ_b /MPa	$\sigma_{0.1}$ /MPa	δ %	HRB
2%MCM +0.6%C 烧结钢	679	432	3.3	87
2%MVM +0.6%C 烧结钢	730	542	2.8	89

表 3 烧结钢(含锻造)的力学性能

材料	σ_B /MPa	$\sigma_{0.1}$ /MPa	δ %	HB
1%MCM	847	511	16.2	91
2%MCM +0.6%C	961	590	12.6	98
1%MVM	973	697	13.9	97
2%MVM +0.6%	1 053	268	10.5	24HRC
0.6%C	843	384	19.6	85

油中淬火, 然后进行不同温度回火试验。

普通的 Fe-C 系烧结钢, 由于内部存在大量孔隙和其它缺陷, 对热处理不敏感, 见图 5。

而 MCM 和 MVM 烧结钢, 经热处理后, 随着处理工艺的不同, 力学性能有较大的变化。其中, 由于 MVM 的淬透性比 MCM 差, 在 200℃退火处理后, 同样成份的 MCM 烧结钢强度比加入母合金量相同的 MVM 烧结钢高。

3 结论

(1) MCM 烧结钢的烧结属于液相烧结, 在 1 230℃左右产生瞬时液相, 该液相大大促进了烧结过程的进行, 有利于材料强度提高。

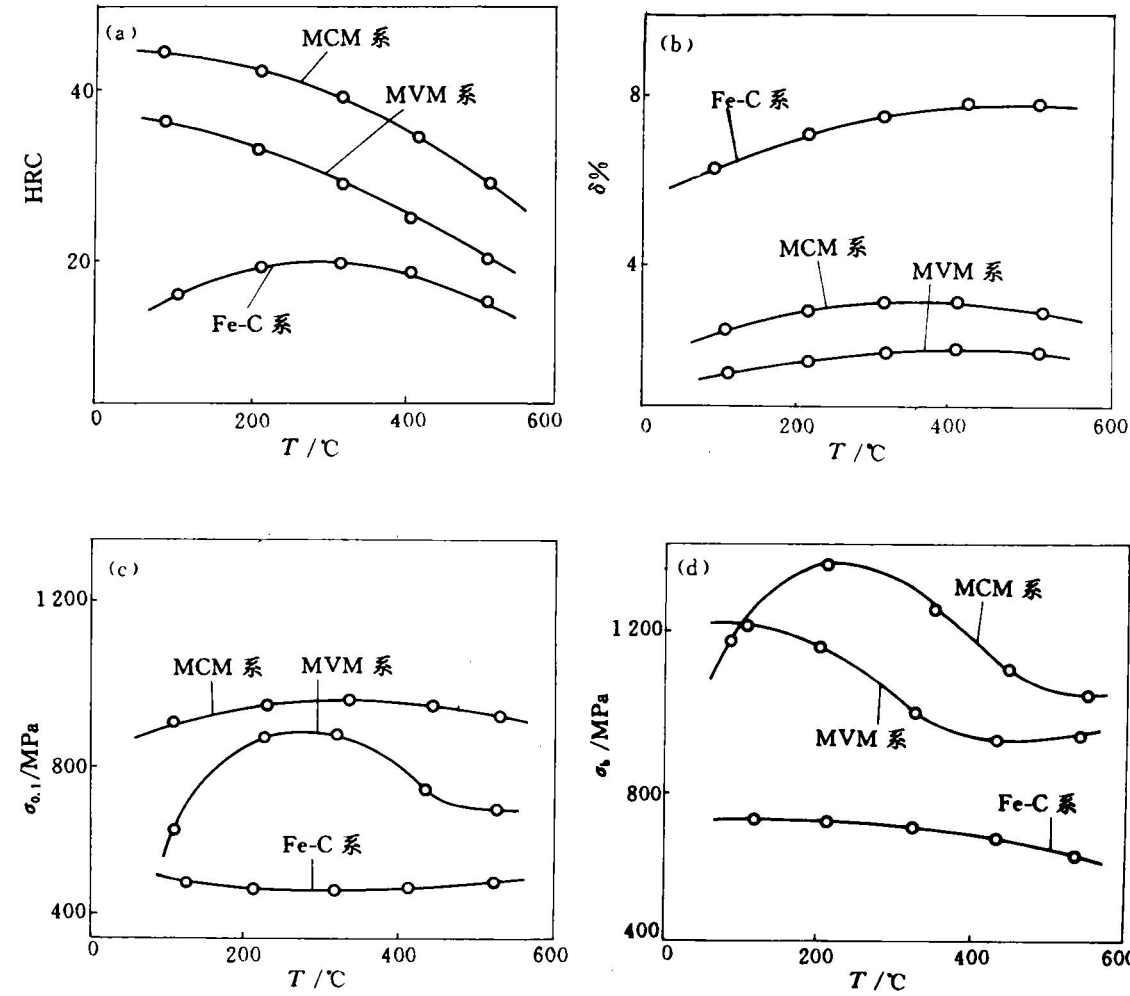


图 5 烧结钢室温力学性能与回火温度关系

(a)—硬度与回火温度关系; (b)— δ %与回火温度关系; (c)— $\sigma_{0.1}$ 与回火温度关系; (d)— σ_e 与回火温度关系

(下转 123 页)

高了 Co 的层错能, 使层错宽度变窄, 从而阻碍了 *hcp* Co 相的临界晶核的形成与长大^[3]。以金属态方式添加稀土, 能提高合金的塑性形变能力, 是由于 Co 相中稀土元素抑制了 *hcp* 结构转变, 相对未添加稀土合金来说, 相当增加 Co 的含量, 即粘结相中面心立方 Co 含量比例增高, 且能在生产和使用的长期热循环效应下保持稳定。而以氧化物方式添加稀土元素, 抑制 Co 相的 *hcp* 结构转变能力差且不稳定, 在动态热模拟条件下, 压缩应力-应变曲线有类似降低 Co 含量的作用, 热强性增加但热塑性降低, 随着生产与使用中的热循环效应, 合金中的 *hcp* 相含量逐步增加, 且分布不均匀, 使稀土改善合金性能作用不明显、不稳定。

4 结论

硬质合金中添加稀土能改善其使用性能,

但添加方式不同, 影响效果也不同。以金属态添加稀土, 能提高合金的热塑性, 强韧性和抗弯强度, 改善合金使用性能, 稀土元素的作用主要是抑制 Co 相的 *hcp* 结构转变, 且在长期热循环效应下保持稳定。而以氧化物方式添加稀土, 能提高合金热强性, 但降低合金的热塑性和强韧性, 稀土元素抑制 Co 相的 *hcp* 结构转变能力差, 在长期热循环效应下不稳定, *hcp* 结构相含量不断增加且分布不均匀, 损害合金使用性能。

参考文献

- 1 羊建高, 熊 继. 稀土, 1992, 13(4): 45.
- 2 袁 逸, 邬荫芳. 硬质合金, 1994, 11(1): 1.
- 3 刘 宁, 胡镇华, 崔 昆. 硬质合金, 1992, 10(1): 50.
- 4 美国金属学会编. 硬质合金工具的破损及其断裂韧性. 北京: 冶金工业出版社, 1989. 107—122.

(上接 119 页)

(2) 由于 MCM 母合金烧结钢中各元素分布均匀, 其淬透效果较 MVM 母合金烧结钢好; 但由于 MCM 烧结钢组织中含有大量粗大的珠光体, 其力学度不如组织更细、更均匀的 MVM 烧结钢。

(3) 热锻是提高该类母合金烧结钢的有效手段, 采用热锻工艺, 该烧结钢最大抗拉强度可达 1053 MPa, 而 $\sigma_{0.1}$ 可达 768 MPa, 大大超过了普通烧结钢的强度。

(4) 采用高温奥氏体化后, 经油淬再在 200 °C 下进行回火处理, MCM 和 MVM 烧结钢的抗拉强度、屈服强度分别为 1 400、960

MPa 和 1 200、850 MPa。

参考文献

- 1 Раиомесепвский, И П Порошккаа Металлургия, 1980, 11: 85.
- 2 German R M. Powder Metallurgy Int, 1987, 19(2): 15.
- 3 Ahmed M. Dissertation. Karlsruhe University, 1968.
- 4 DP 1963860. 1972.
- 5 Woon H Baek. Powder Metall Int, 1986, 22(A): 235—244.
- 6 James B A. Powder Metall, 1985, 28(3): 121—129.