

# 铁基粉末冶金压坯激光烧结研究

胡建东 李玉龙 李 章  
(吉林工业大学, 长春 130025)

卜宪章 关振中  
(中国科学院长春光机所, 130022)

王利春\*  
(长春粉末冶金厂)

**提要:** 应用  $\text{CO}_2$  激光器对  $\text{Fe-C-Cu-MoS}_2$  粉末冶金坯料进行烧结, 在烧结期间元素发生扩散, 形成了微细的  $\text{Fe}_3\text{C}$  和  $\text{CuMo}_2\text{S}_{5-x}$  相。该法烧结成的材料具有理想的组织和性能。直径为 10 mm 的坯料可在 5 分钟内充分透烧。

**关键词:** 激光烧结, 粉末冶金

## Study on iron-matrix powder compact of laser sintering

*Hu Jiandong, Li Yulong, Li Zhang*  
(Jilin University of Technology, Changchun)

*Bu Xianshang, Guan Zhengzhong*  
(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Changchun)

*Wang Lichun*  
(Changchun Powder Metallurgy Factory, Changchun)

**Abstract:**  $\text{CO}_2$  laser beam was used to sinter green compacts made of alloy powder. Elements were analyzed using EDS and X-ray diffractometer. It was found that the element diffusion occurred during the laser sintering, forming refined  $\text{Fe}_3\text{C}$  and  $\text{CuMo}_2\text{S}_{5-x}$  phases. Green compacts with a diameter of 10mm can be fully sintered within 5min.

**Key words:** laser sintering, alloy powder compact

本研究应用激光束辐照烧结粉末冶金坯料, 直接得到块状粉末冶金件<sup>[1]</sup>。与常规粉末冶金工艺相比, 该方法有如下优点: 1. 节能; 2. 消除变形; 3. 细化组织。我们已用该方法成功地烧制出了合格的粉末冶金件(蒸汽机车汽缸涨圈)。

本文围绕激光烧结件组织和性能进行了一些研究, 初步显示了该新方法的广阔应用前景。

## 一、实验方法

坯料成分(Wt%): 1.6%O、2.5%Cu、2.5% $\text{MoS}_2$ 、93.4%Fe。石墨粉、铜粉和二硫化钼粉

收稿日期: 1991年11月11日; 修改稿收到日期: 1991年12月31日。

\* 吉林工业大学金相 87 届毕业生邱建涛和 90 届研究生部郭作兴参与了部分工作。

末的粒度为 -200 目; 铁粉的粒度为 80~100 目。混料时加入少量的硬脂酸锌和 20# 机油。

粉末压型在 YT-500 型液压机上进行, 使用压力为  $4.6 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , 坯料截面积为  $36 \text{ mm}^2$  和  $100 \text{ mm}^2$  两种。

采用准封离式连续激光器对坯料辐射烧结, 功率 400 W, 束斑直径 20~30 mm。5~15 min 可烧结成样品。

用 HX-1000 型显微硬度计测硬度, 载荷 100 g, 加荷时间 15s。

对样品分别进行拉伸、冲击试验。拉伸试样的截面尺寸为  $6 \times 6 \text{ mm}$ ; 冲击试样为  $10 \times 10 \text{ mm}$ 。拉伸和冲击试验分别在 AG-A 系列计算机测控式万能试验机和 JB30D 型冲击试验机上进行。

在金相显微镜及 AMRAY-1000B 型扫描电镜上观察组织形貌。用能谱仪 (EDS) 测定激光烧结样品的元素分布。在 D/max-rA 型 X 射线衍射仪上进行相结构测量, 使用 Cu 靶和石墨单色器 ( $K_{\alpha} = 0.15405 \text{ nm}$ )。

## 二、实验结果和分析

### 2.1 孔隙度

经图像分析仪测量, 烧结材料的孔隙度约 10~15%。图 1 显示材料孔隙分布情况。

### 2.2 显微硬度

对样品截面不同位置进行了显微硬度测量, 平均硬度值为 HB 139 (折合硬度)。激光烧结法烧结材料的硬度高于原工艺要求的标准 (HB 80-100)。

### 2.3 拉伸性能与冲击韧性

表 1 显示了一些机械性能指标。由表可见表面涂活性炭的样品, 有较好的性能指标。

以上性能数据均为三个试样的平均值。

### 2.4 显微组织

图 2 中有明显的片状珠光体聚集成团和少量分布在晶界上的白色网状渗碳体。由此可见, 激光辐射加热时材料中的元素发生了扩散并形成了奥氏体相, 在随后的冷却过程中奥氏体分解成珠光体。激光辐照样品的冷却速度较快是产生细层片状珠光体的主要原

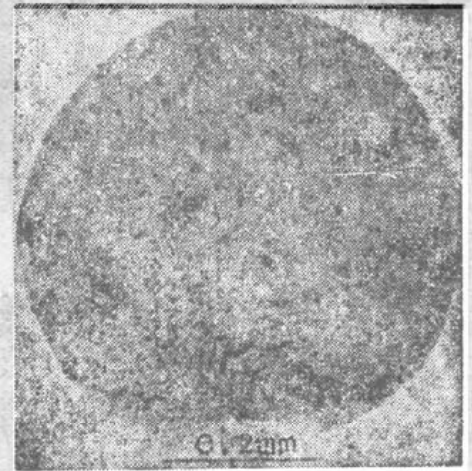


Fig. 1 Optical micrograph, showing porosity for the laser-sintered specimen, uncorroded

Table 1 Properties of the laser-sintered materials

	$Y_s(\text{MPa})$	$\delta(\%)$	$a_k(\text{J/cm}^2)$	涂 料
1	20.524	4.81130	5.184	有
2	96.47	2.00400	3.175	有
3	66.649	0.99800	2.422	无
4	43.61	0.59800	2.852	无

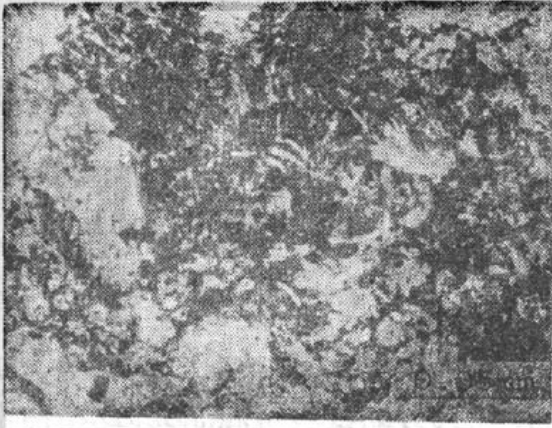


Fig. 2 Metallograph of the laser sintered materials(400×)

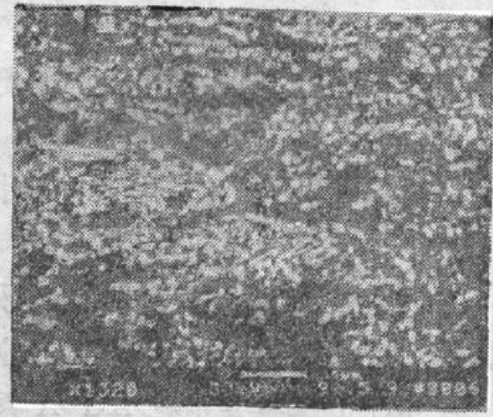


Fig. 3 SEM micrograph showing spheroidal cementite resulting from laser sintering

因。更为有趣的是,除层片状珠光体外还有一些粒状渗碳体,其形成机理有待进一步研究(见图3)。

### 2.5 相与合金成分

通过对激光烧结样品进行 X 射线物相鉴别,除发现有  $Fe_3C$  外,还发现有  $CuMo_2S_{5-s}$  新相存在,其衍射峰示于图 4。为进一步证实  $CuMo_2S_{5-s}$  相的存在及其分布位置,对同一样品进行了能谱分析,图 5(a)、(b)、(c)是测试结果。其中图 5(a)是二次电子形貌像;(b)、(c)是相同位置上的钼和铜的成分像。这种富铜、钼相可能是 X 射线衍射所测到的  $CuMo_2S_{5-s}$  相。该相多分布在晶粒边界,可起到一定的强化作用。

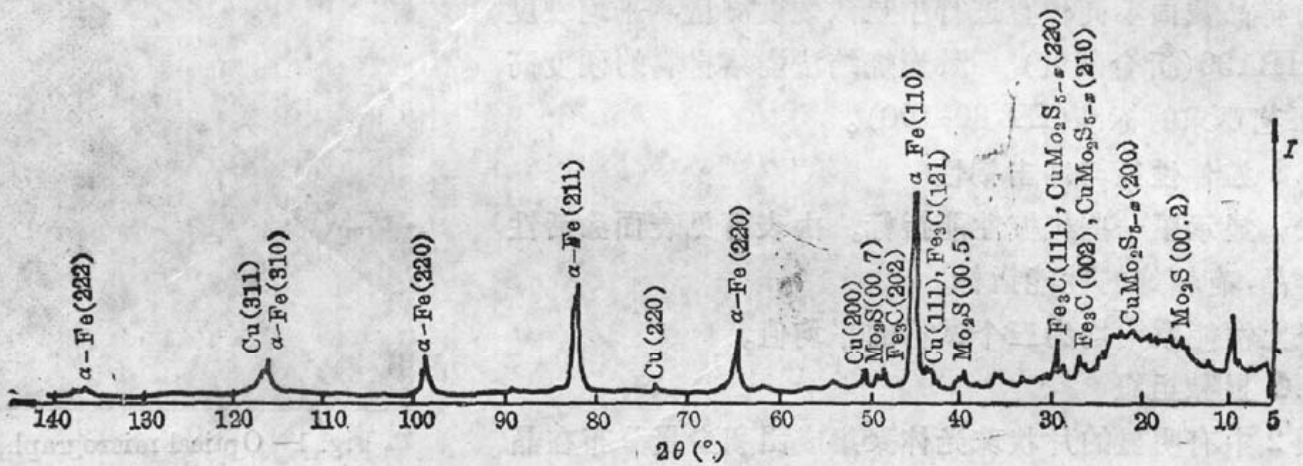


Fig. 4 X-ray diffraction pattern

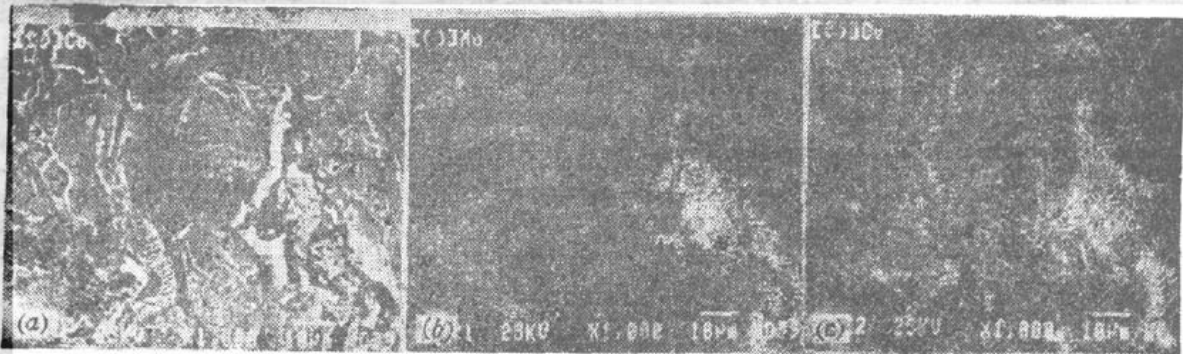


Fig. 5 A series of SEM and EDS micrographs

(a) SEM micrograph showing morphology for  $CuMo_2S_{5-s}$ ; (b) Mo concentration;  
(c) Cu concentration

能谱分析还发现在  $\alpha$ -Fe 基体中有少量铜存在,这说明 Cu 原子很容易扩散到  $\alpha$ -Fe 中去。这种固溶在  $\alpha$ -Fe 中的 Cu 原子能起到固溶强化的作用。

### 三、结 论

1. 粉末冶金的激光烧结过程中 Cu、O、 $\text{MoS}_2$  和 Fe 等发生了扩散。在烧结组织中有  $\text{Fe}_3\text{O}$  和  $\text{Cu-Mo}_2\text{S}_{5-x}$  相形成,  $\text{Fe}_3\text{O}$  有层片状、粒状两种,  $\text{CuMo}_2\text{S}_{5-x}$  相主要分布在晶界上。

2. 激光烧结材料孔隙度、显微组织、硬度均达到部颁标准(JB2798-81); 拉伸、冲击性能符合长春粉末冶金厂同类产品标准。

### 参 考 文 献

- 1 胡建东,李章,谭玉先,激光辐射烧结粉末冶金制品新方法,中国专利,申请号 9011010414, 1990.12. 20