

# 激光处理改善粉末冶金材料 耐磨性能的研究

胡 威

**摘要：**本文综述了摩擦、磨损机理，粉末冶金耐磨材料及激光表面相变硬化的概况。

为提高汽车用各种粉末冶金零部件的使用寿命，作者对十三种粉末冶金材料进行了激光相变硬化处理并用正交试验法寻求激光处理的最佳工艺参数。金相显微观察表明，经过激光处理，材料表面由原始的片层状珠光体组织转变为板条状马氏体组织。处理面的显微硬度值比未处理的高2—5倍。用称重法测定磨损量，表明经过激光处理后材料的耐磨性能有明显提高。根据试验结果，分别建立了经激光处理和未经激光处理材料在磨损过程中磨屑形成模型。两模型之间差异很大。

作者试图采用激光处理来改善铁基粉末冶金材料的耐磨性能，使用2kW H/L-1型横流激光器和2kW 双管二氧化碳准封式激光器对试样进行处理。用正交试验法研究了不同密度的含1%C、1%S的铁基粉末冶金试样的最佳激光处理工艺参数。并在此基础上，考虑基体强度、孔隙诸因素，对十三种不同成分的材料进行了激光表面硬化处理。

金相显微组织观察表明，经过激光处理的试样表面层发生了显著的组织转变，由原始的片层或胞状的珠光体和块状的铁素体混合组织转变成板条状和针片状的马氏体及铁素体的显微结构（见图1）。这种显微组织结构的转变，可使表面显微硬度提高2—5倍。图2为材料经激光处理后截面硬度的分布，材料基体显微硬度小于HV200，激光处理后，表面发生了马氏体转变，近表层显微硬度值高达HV800~900。由于材料表层在烧结过程中产生脱碳和激光处理时产生极薄的微熔层，因此硬度较低。



a. 材料原始金相显微组织500×



b. 经激光处理后得到的金相显微组织500×

图1

基于某些汽车零部件的使用温度较高，如气阀导管的瞬间表面温度可达600℃以上，作者使用高温金相显微镜测定了经过激光处理和未经过激光处理材料的表面硬度与温度之间的关系。实验表明，在低于600℃的温度范围内，经过激光处理的材料表面硬度值均高于未经过激光处理的材料在常温下的表面硬度值。在高于600℃的工作条件下，经过激光处理的材料，其表面硬度也显著地高于未经处理的材料在该温度下的表面硬度。这说明经过激光处理之后，材料的表面高温耐磨性能得到改善，为评价高温条件下零部件的使用寿命提供了依据。

磨损试验和摩擦系数的测定是在MM200型磨损试验机上进行的。采用称重法测定磨损量，干摩擦试验结果表明，经过激光处理，试块的耐磨性能提高了约两个数量级上百倍。图3为试块磨损后的实物照片，从左至右为试块左、中、右。试样（左），左右两侧明显表明，未经激光处理的左侧面磨损非常严重，而经过激光处理的右侧面在相同的磨损试验条件下没有明显的磨损。试样（中）和（右）的磨损面也说明，未经处理的比经过处理的磨痕粗糙得



图2 材料经激光处理后截面硬度分布  
200×

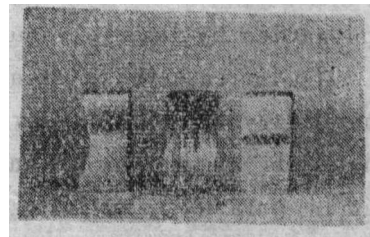
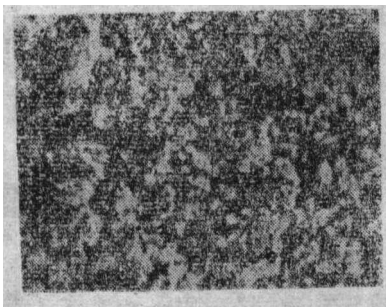


图3 经过磨损的试样  $W = 10\text{kg}$   
 $f = 30\text{min}$

- 试样(左) 左侧面未经激光处理  
右侧面经过激光处理
- 试样(中) 未经激光处理
- 试样(右) 经过激光处理

多。扫描电镜观察表明，经激光处理的材料其磨屑尺寸比未处理材料的磨屑尺寸降低两个数量级，各自磨屑的形状和颜色也大不相同，见图4。这说明激光表面硬化后，使材料在磨损过程中磨损机制发生了变化。摩擦副双方磨痕的形貌观察也证明了这一点。经激光处理的材料表面磨损后，磨痕表面粗糙度小，且生成棕红色的氧化层。



(a) 未经激光处理



(b) 经激光处理

图4 磨屑的扫描电镜形貌象，磨屑为磨损5—10分钟内收集的

作者根据上述实验现象和结果，结合近代摩擦磨损理论和微观理论，对材料耐磨性提高的原因及磨损机制的变化在微观的尺度上进行了较详尽的分析、探讨。分别建立了未经激光处理和经过激光处理的材料在磨损过程中磨屑形成的模型。

## Improvement of Wear Properties of Powder Metallurgy Materials by Laser-treatment

Hu Wei

### Abstract

The paper gives a brief comment on the wear mechanisms, wear-resistant materials of powder metallurgy, and transformation harden by laser treatment.

To increase the working life of automotive parts of powder metallurgy, the authors have made 13 kinds of powder metallurgy materials transformation harden by lasers, and found out the optimum parameters of laser treatment by design of experiments. Micrographes have shown that transformation of lamellar pearlite into lath martensites takes place on the laser-treated surfaces. The microhardness on the treated surface is increased 2—5 times more than that on original surface. The wear properties, which are evaluated by weight analysis, have been improved remarkably. The models based on the results of experiments indicate that the wear mechanisms on the laser treated surfaces are much different than on original surface.