

离子钨钼共渗的组织分类

郑维能

(首都师范大学化学系, 北京 100037)

李成明

(中科院力学所材料工程中心, 北京 100080)

利用双层辉光离子渗金属技术进行钨钼共渗已进行工艺和组织的详细研究^[1], 但主要是有析出物的情形^[2], 不能全面反映渗层组织的特点。本文利用扫描电镜和透射电镜对渗层组织进行了分类、析出物形态和结构的研究并进行了表面化学状态分析。

实验方法

试样选用 20 钢制成片状, 表面经抛光处理。提供元素的源极为经轧制的粉末冶金板 ($W/Mo = 1/4$)。炉中充入气为氩气, 气压为 40Pa。提供合金元素的源极电压为 800~ 1000V, 试样阴极电压为 300~ 500V, 试样温度为 1000~ 1200℃, 测温用红外测温仪。用 S250M K3 型扫描电镜及所带能谱仪和 H-800 透射电镜进行组织观察、微区成分分析和结构分析。用 Pekin Elmer PH I5000X 型 X 射线光电子谱仪 (XPS) 进行表面元素化学状态和成分分析。

实验结果和讨论

由于扩散在渗层形成过程中的重要作用, 渗层的组织结构并不与相图严格对应。如果表面吸附能力很强, 已形成的渗层对原子的扩散也十分有利, 渗入元素原子从吸附到向纵深扩散都不曾受到任何妨碍, 渗层的组织结构才有可能与相图吻合。但是这个条件并不是永远都可以满足的, 所以在实际情况中, 有的相可能在渗层组织中没有出现, 这种现象称为相的不完全性。用一般的金相方法就已经多次观测到这种现象。渗层中各个相区分层的厚度主要取决于原子在该相区中的扩散系数, 该相区的实际浓度差, 以及该相区中的点缺陷密度、晶粒大小等因素。而该相区的浓度差决不是决定其分层厚度的唯一因素。离子渗金属中由于离子轰击增强扩散的作用, 对组织有一定的影响, 但主要因素还是渗层的浓度和渗后的冷却速度。

双层辉光离子钨钼共渗, 基材为 20 钢时的渗层组织可以分为三大类:

第一类是以 W/Mo 为主的溶入少量 Fe 的沉积层, 内层是以 Fe 为基的三元固溶体层, 如图 1a 所示。此类组织的形成是 W/Mo 合金元素的供给过剩, 而 W/Mo 原子在 Fe 的内扩散与表面 W/Mo 原子的供给量不相匹配, W/Mo 原子在 Fe 中的内扩散是整个渗入过程的控制步骤 (Control Determining Step, CDS), 在沉积层中含有 Fe, 是由于 Fe 向沉积层中的反向扩散所致。

第二类为整个渗层以 Fe 为基的三元固溶体。此时有两种情况, 一是渗层中的 W/Mo 含量较高, 渗层与基体有明显的界限, 图 1b 为渗层组织, 二是渗层中 W/Mo 合金元素的含量较低, 渗层和基体间没有界限如图 1c。由于 W/Mo 原子的溅射量较低, 吸附在基体表面的 W/Mo 较少, 对渗层形成时合金元素的供给量严重不足, 使其渗层成分分布中的合金元素含量极低, 因而合金元素的溅射和空间传输成为整个渗层形成的 CDS。

第三类外层为三元固溶体和三元化合物相层, 内层为三元固溶体层, 二者之间没有明显的界限, 如图 1d。值得注意的是: 冷却速度对这类渗层结构的影响较大, 冷却速度较慢时, 渗层中将会析出 $Fe_7(W, Mo)_6$ 和 M_6C 型碳化物 $Fe_2(W, Mo)_4C$ 及 $Fe_3(W, Mo)_3C$ 。这是双层辉光离子钨钼共渗中易于见到的组织。图 2 是析出六方结构金属间化合物 $Fe_7(W, Mo)_6$ 的透射衍射像和电子衍射花样。金属间化合物可以在晶界和晶内形核。研究表明, 在钨钼含量大于 10% 时, 低含碳量

有利于形成 μ 相 $Fe_7(W,Mo)_6$, 高含碳量时则形成 M_6C 型碳化物。

第一类组织在形成沉积层之后, 由于沉积层较厚, 在冷却后沉积层与基体之间的结合力较弱, 在内应力作用下这些沉积层基本上全部剥落。关于沉积层对渗层的影响将做进一步的讨论。第二类组织若能形成较大的饱和度则是理想的渗层组织。第三类渗层组织在双层辉光离子渗钨钼中, 冷却速度较慢时是常见的组织, 无论是金属间化合物还是碳化物的析出, 都对后续处理和渗层性能产生不良影响, 通过固溶处理才能消除。如果渗后能够快速冷却, 在渗层渗钨为 $50\mu m$ 处的 X 射线衍射表明, 晶界和晶内均不形成化合物。X 射线光电子谱研究表明, 在最表面层合金元素钨和钼均以原子状态形式存在, 不形成任何形式的化合物。

参考文献

- [1] 王从曾, 苏永安, 唐宾, 徐重 金属热处理, 1990, 2 22
- [2] 苏永安, 王从曾, 唐宾, 高原, 徐重 理化检验(物理分册), 1992, 11 3

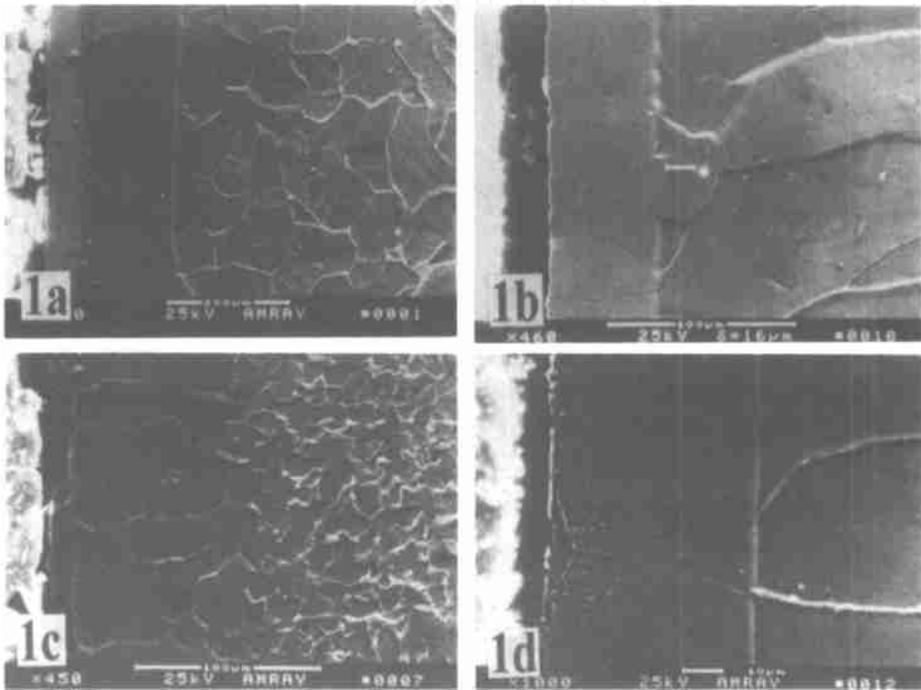


图 1 钨钼共渗层的组织分类。1a 有沉积层的钨钼共渗层组织; 1b 有界限的渗层组织; 1c 无界限的渗层组织; 1d 有析出物的渗层组织。

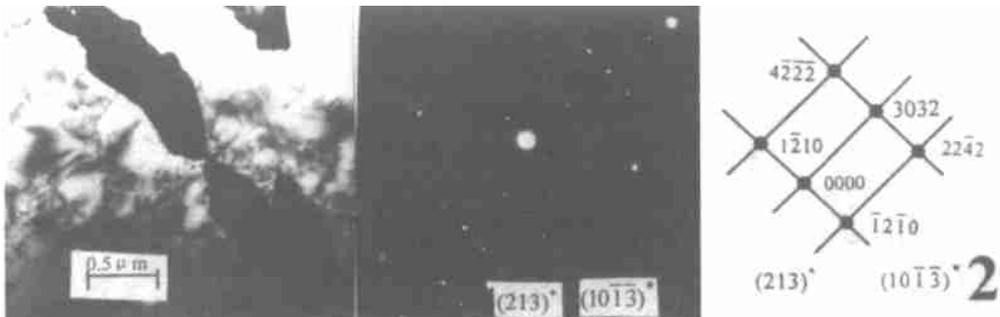


图 2 金属间化合物的 TEM 形貌和衍射花样。