

工件表面电沉积硬铬扩散强化技术

詹捷¹, 孙智富², 李六如¹, 吴超云¹

(1. 重庆工学院材料科学与工程学院, 重庆 400050; 2. 武汉理工大学材料科学与工程学院, 武汉 430070)

摘要: 介绍了工件表面快速电沉积硬铬层及采用感应加热使硬铬层铬元素向基体扩散, 以提高工件表面硬度和耐磨性。除此之外, 经微观分析可见, 强化层和基体形成牢固的冶金扩散层。对涂层的组织性能研究表明, 涂层具有较高的硬度和耐磨性。

关键词: 电沉积; 扩散; 强化

中图分类号: TQ 153.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-4431(2006)09-0038-03

The Technology of Surface Strengthening by Using Fleet Electricity Deposited Cr Layer

ZHAN Jie¹, SUN Zhi-fu², LI Liu-ru¹, WU Chao-yun¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: The technique of fleet electricity deposited Cr layer in die was introduced, which can make up performance defects of die material in increasing performance of die such as hardness and resistance to wear. In this way, it was proved through the analysis of microstructure, Cr elements were proliferated into the body by adopt responding-heat and the layer combine with the body firmly by forming a metallurgy layer. So the hardness and resistance to wear of layer was improved.

Key words: electricity deposited; proliferation; strengthening

表面强化技术可以充分发挥工件性能。当前工件表面强化技术已由传统的表面渗入单一元素的强化技术向多元素共渗、复合渗发展, 由一般的化学热处理方法向 CVD、PVD、PCVD、离子注入等方向发展。另外, 激光强化, 辉光离子氧化及电沉积热喷涂、喷焊、爆炸喷涂、等离子喷焊等等强化技术也日益更新和注入了新的内涵。但上述诸多工件表面强化方法很难得到尺寸较厚并和基体是冶金结合的表面工件涂层^[1,2]。

采用 45[#] 调质钢为基体材料, 在表面快速电沉积高效硬铬, 随后采用感应加热的方法, 进行热扩散, 并用此方法, 进行注塑模具的表面强化。实践证明效果良好^[3], 同时也解决了工件表面电沉积铬层易脱落这一技术难题, 此技术具有广阔的工程应用前景。

1 实验

采用 45[#] 调质钢为基体, 在其表面快速电沉积高效硬铬, 然后采用高频快速加热进行热扩散, 以使模具表面强化。然后对电沉积扩散层进行 SEM 和 EPMA 分析并测量表面及扩散层的硬度。

1.1 快速电沉积硬铬层工艺

电沉积液组成: CrO₃ 600~800 g/L, HCl 200~300 g/L, 添加剂少量。

收稿日期: 2006-05-14.

基金项目: 重庆市科委计划项目(7058)和重庆市教委计划项目(020607).

作者简介: 詹捷(1957-), 男, 教授. E-mail: zhanjie@cqit.edu.cn

工艺流程:丙酮去蚀→电净(正接)→水冲洗→1[#]活化液活化(反接)→水冲洗→电沉积高效硬铬(正接)电压8~10 V→水冲洗。其电沉积层厚度为20~30 μm。

快速电沉积工艺参数及影响因素:快速电沉积工艺参数中,电流效率对沉积速度和质量有直接影响^[4,5]。在总电流不变的条件下,电流效率越高电沉积速度也越快^[6,7],而电沉积铬溶液的主盐为CrO₃。其含量对电流效率的影响见图1。可见,随CrO₃含量的提高,溶液的电流效率上升,当达到一定含量(800 g/L)以后电流效率变化不明显。而各种温度下,不同电流密度时的电流效率如图2所示,可见随电流密度的增加,电流效率提高了。

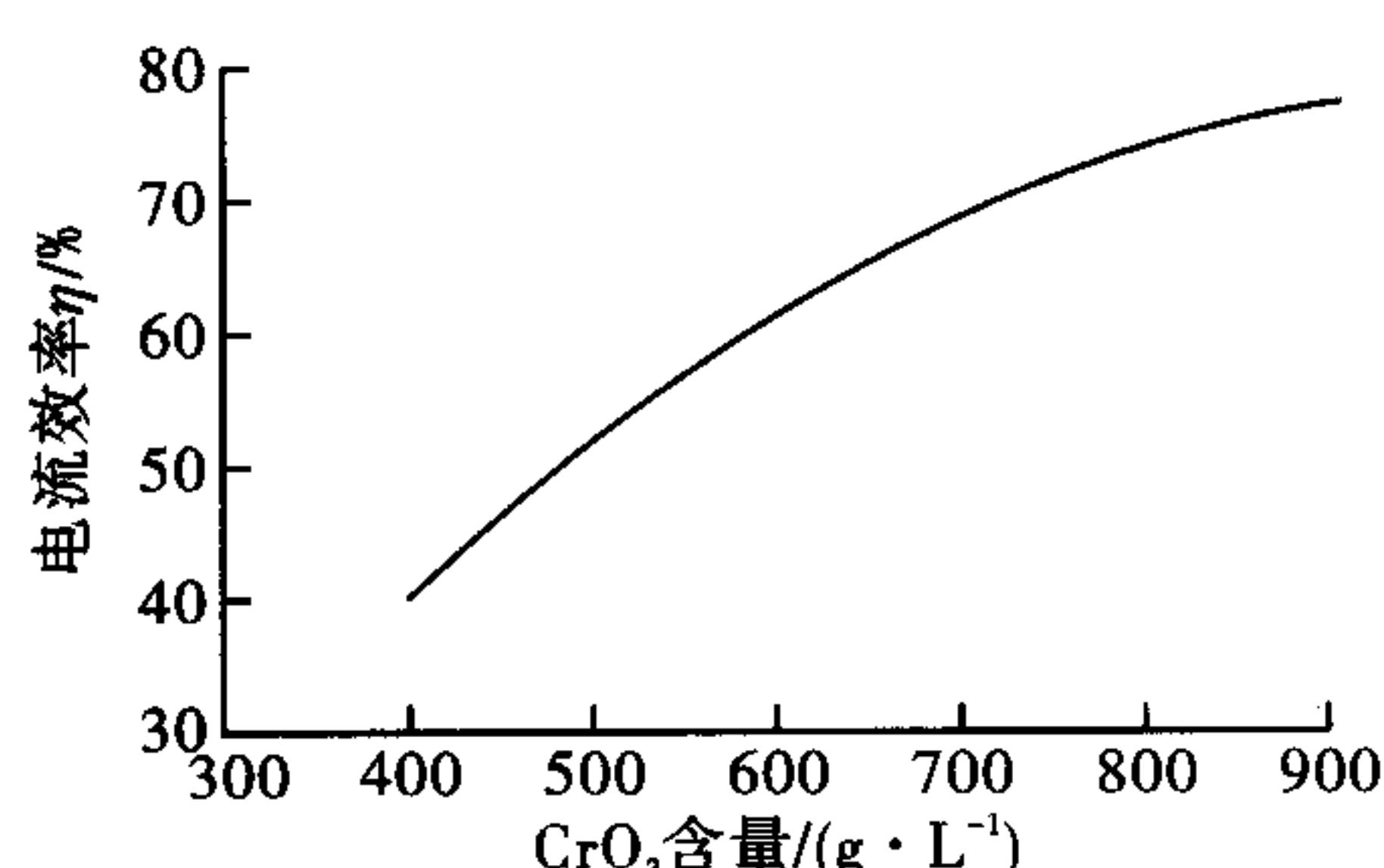


图1 CrO₃的含量对电流效率的影响

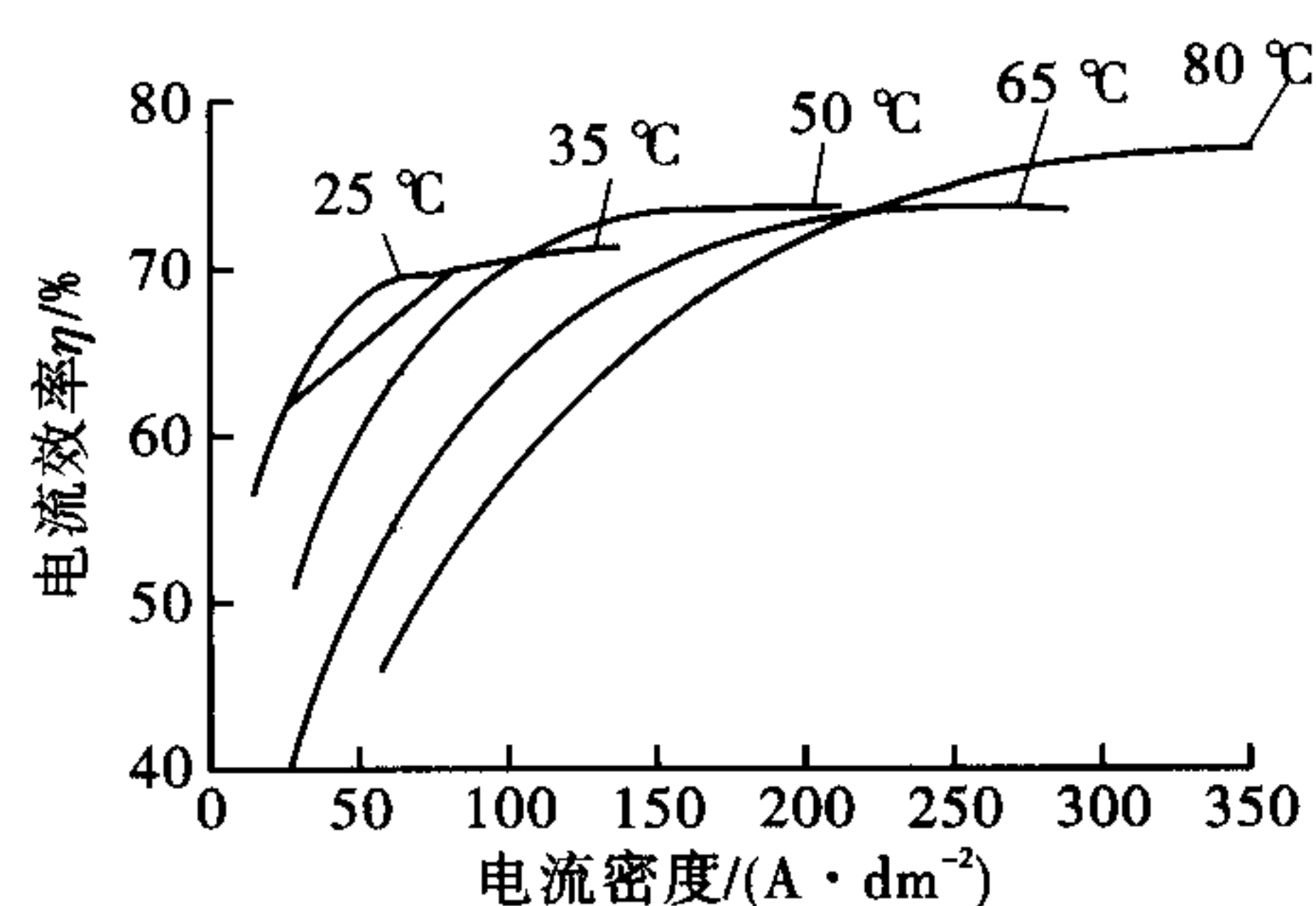


图2 不同电流密度的电流效率

当电流密度达到一定值后,电流效率保持不变。不同电流密度下,温度对电流效率的影响如图3所示,随着溶液温度上升,电流效率在低电流区(≤100 A/dm²)下降明显。Cl⁻的含量直接影响溶液的电流效率,各种CrO₃含量的溶液均有一个Cl⁻含量最佳值,可使溶液有最佳的电流效率,如图4所示。

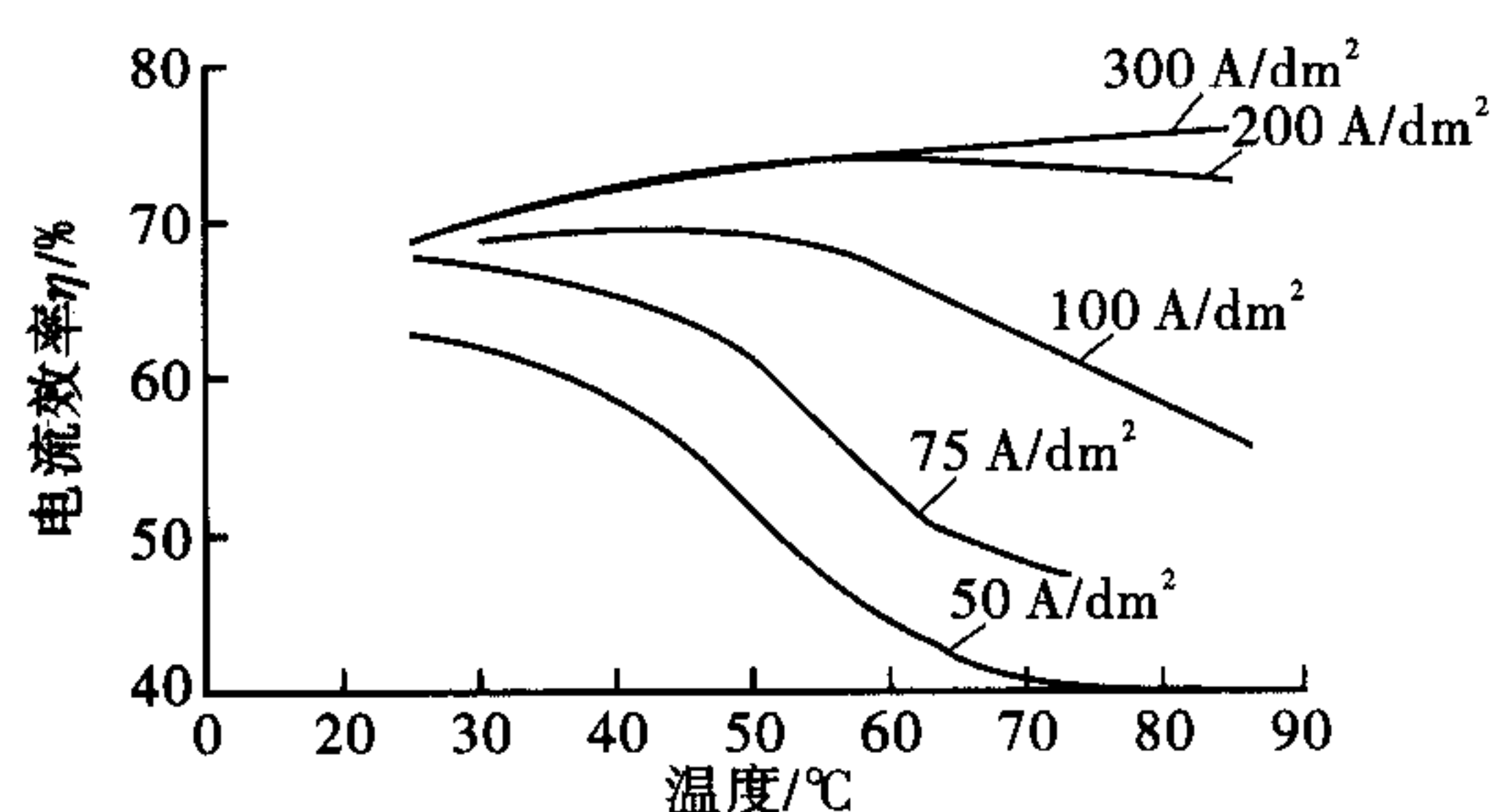


图3 温度对电流效率的影响曲线

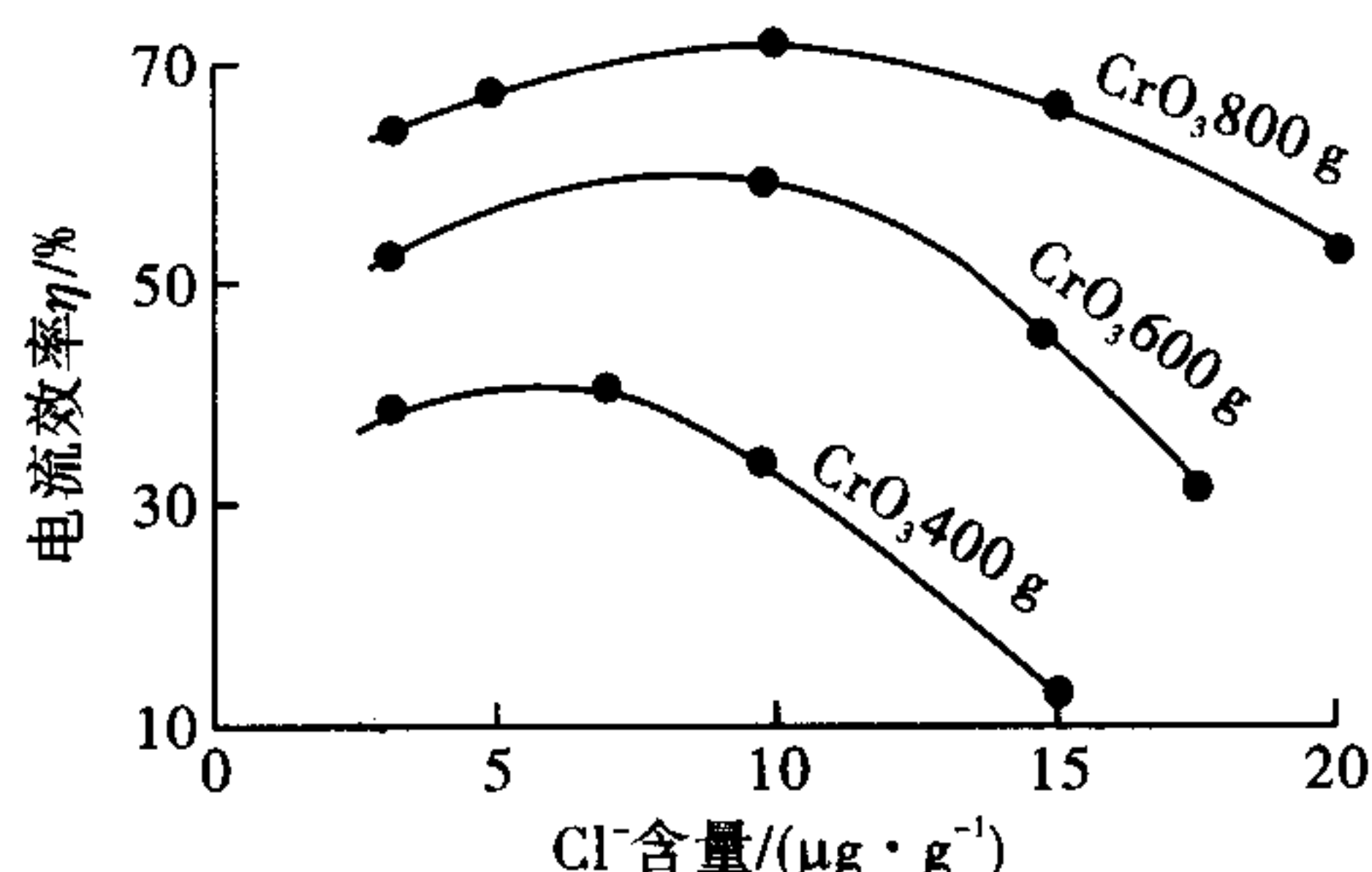


图4 Cl⁻的含量对电流效率的影响

1.2 电沉积热扩散

将电沉积高效硬铬的模具采用高频(10 kHz)电流2次将模头和模腔表面加热到850~880℃并保持10~15 s,在模具表面形成和基体呈冶金结合的扩散强化层。

扩散系数和温度的关系可表示为

$$D = Ae^{Q/RT}$$

式中, D 为铬向铁的扩散系数; T 为热力学温度; A 为方程式参数; R 为气体常数; Q 为扩散激活能。

而在一定的加热温度下,扩散层厚度为

$$\delta = k\sqrt{\tau}$$

式中, δ 为扩散厚度(μm); τ 为时间(s); k 为常数。

模具表面电沉积高效硬铬层的厚度为0.02~0.03 mm。扩散表面主要研究电沉积层铬元素向基体45[#]钢的扩散。HonoB A A经过大量的实验指出,若在扩散层中,单位时间单位相界面,以扩散方式供给基体的铬元素量以 αm_I 表示,而在基体固溶体中靠扩散转移的量以 αm_{II} 表示,则电沉积层界面铬元素向基体的扩散量 αL 可写成下列方程^[8]

$$\alpha L = (\alpha m_I - \alpha m_{II}) / \Delta Cr_{\phi}$$

式中, ΔCr_{ϕ} 为相界面的铬元素浓度差。

2 结果与分析

2.1 涂层的组织与形貌

45[#]钢工件表面快速电沉积铬涂层后,表面形貌如图5所示。电沉积层横断面SEM形貌如图6所示。可见45[#]钢电沉积硬铬层表面铬原子呈大小不同的粒状堆积,排列致密。从图5、图6可见铬电沉积和基体

结合良好,层深约为 $20\sim 30\ \mu\text{m}$,厚度较均匀,镀层和基体界面清晰,未发生元素的扩散。其成分的面分布如图 7 所示。但经扩散处理后电沉积硬铬层已向基体 45[#] 钢扩散,由扩散层表面向心部排列的 1、2、3、4 各点(见图 7(b))对应的成分能谱如图 8 所示。其中 1、2 点的成分相当 4 点为 45[#] 钢基体成分,由图 8 中 2、3 点可见铬元素已明显地向基体扩散。其中各点对应的显微硬度分别为 HV870、HV760、HV380、HV257。

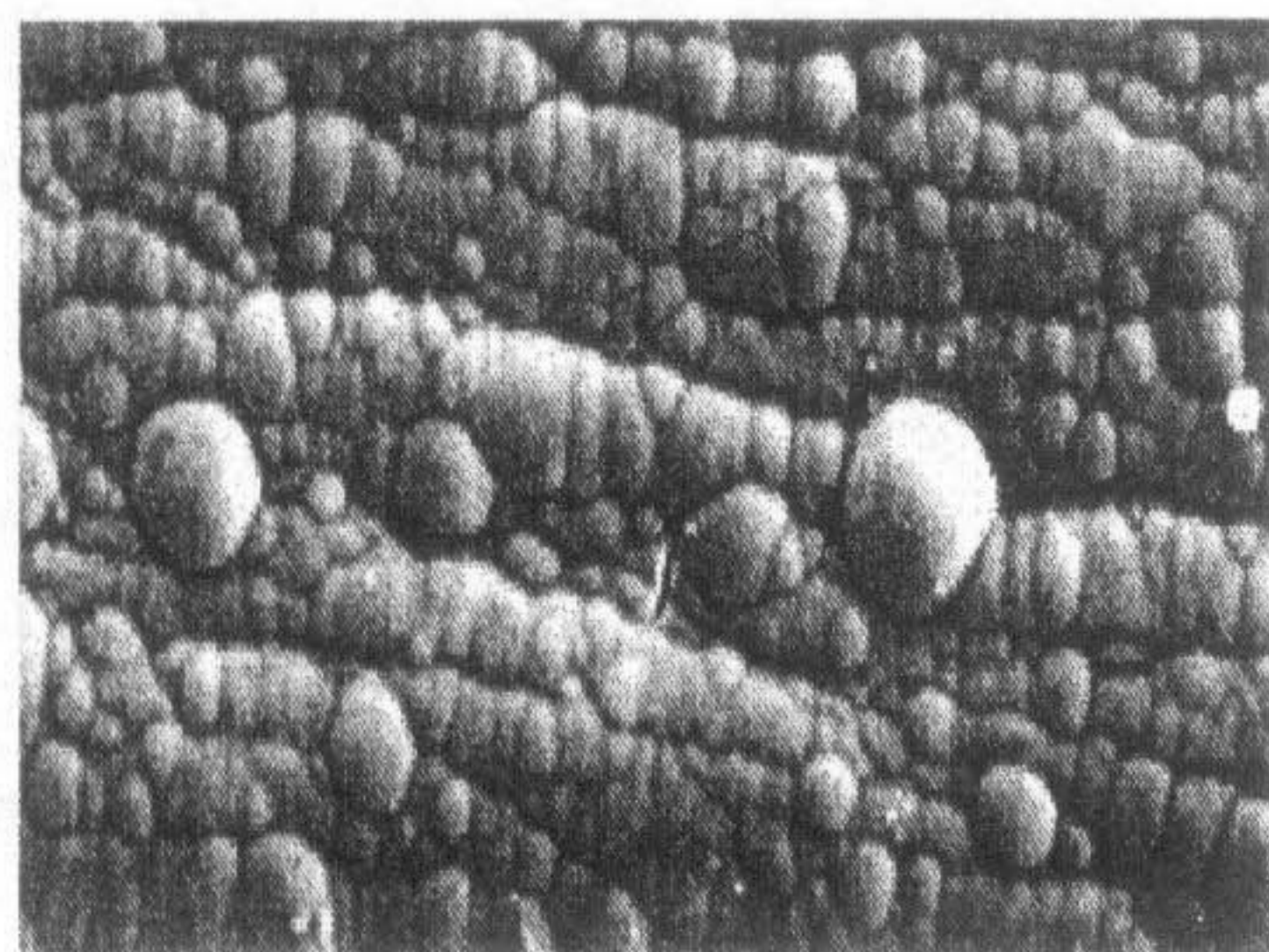


图5 镀层表面SEM形貌(500×)

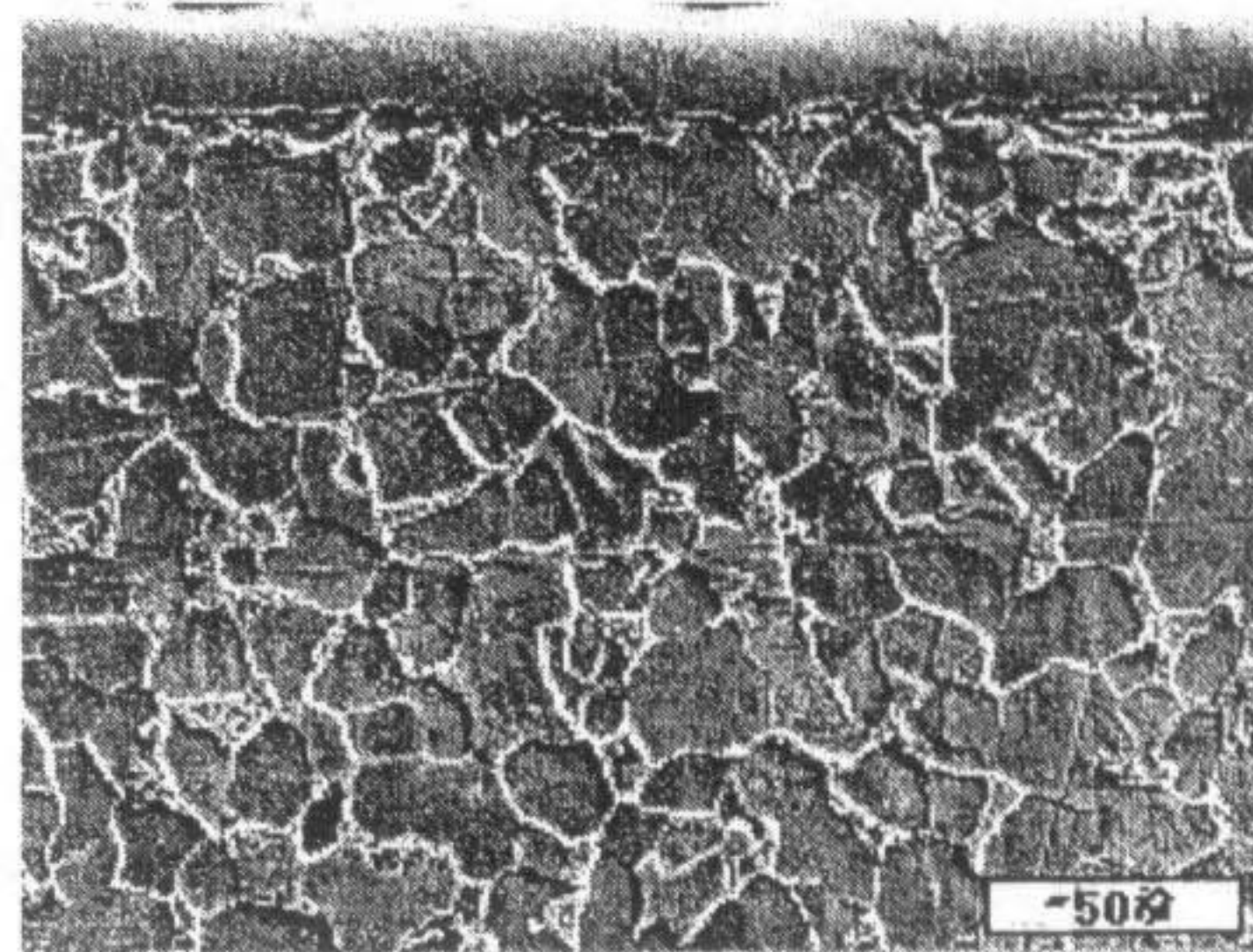


图6 镀层断面SEM形貌

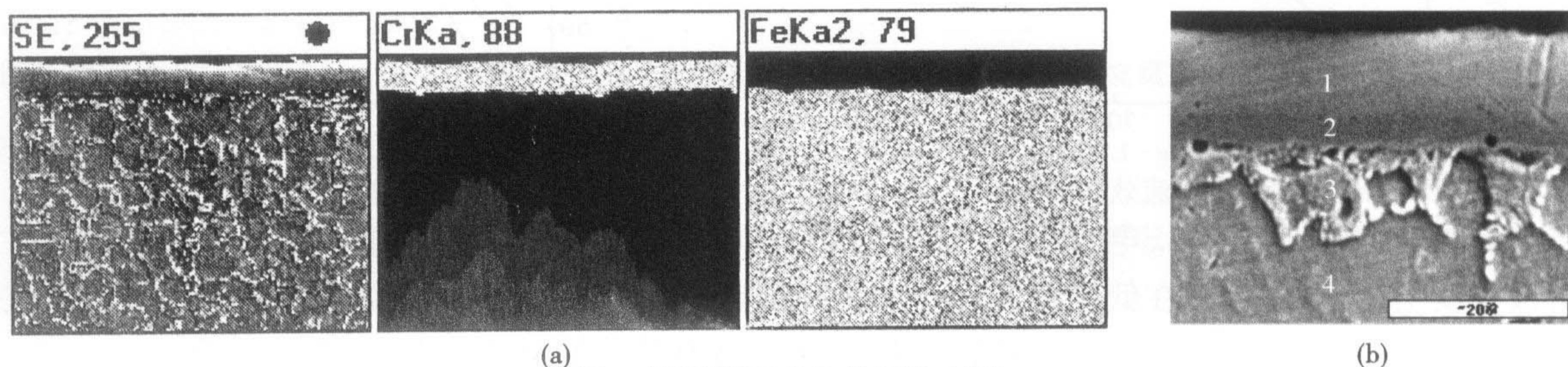


图7 镀层断面成分的面分布图

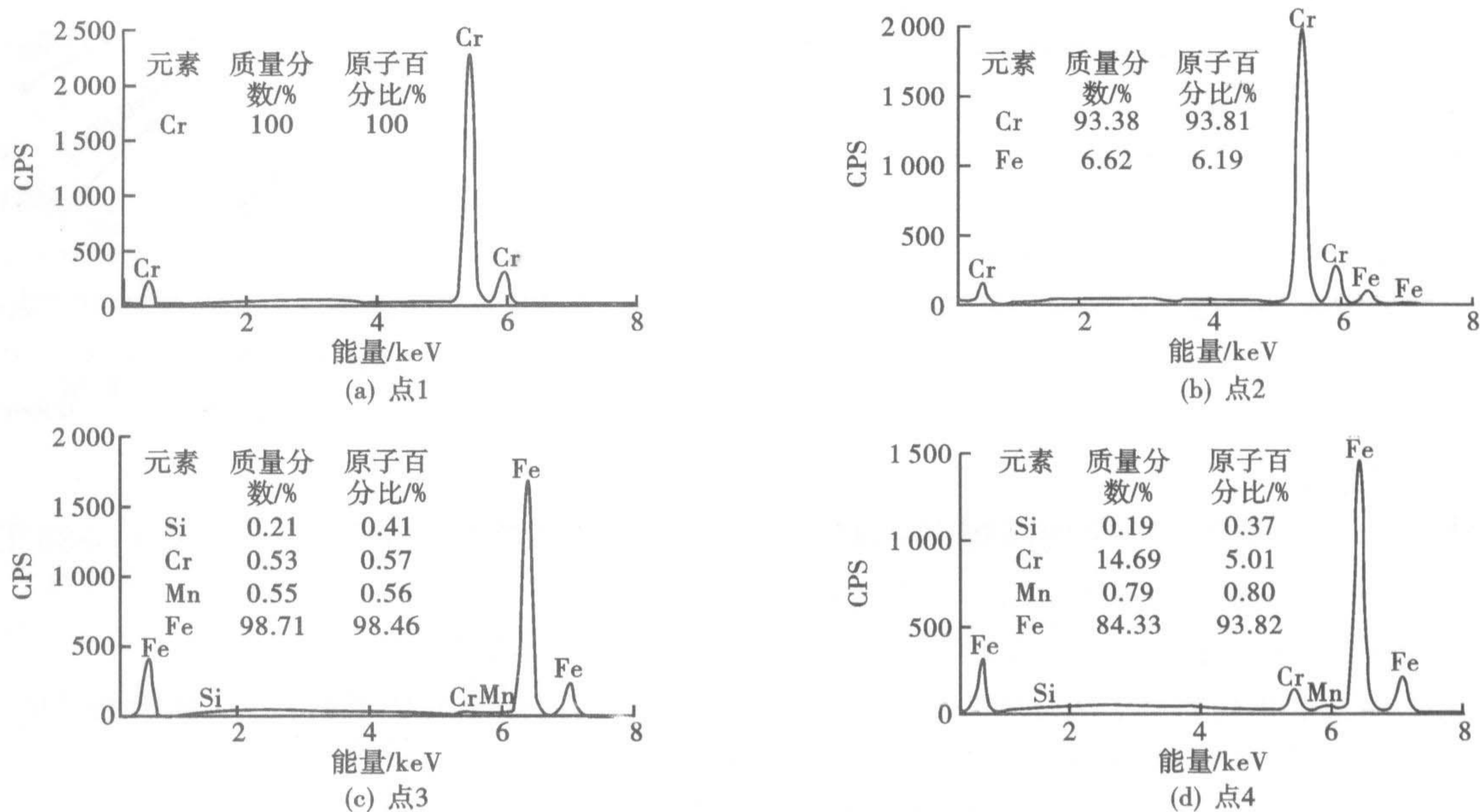


图8 从表面经扩展层至心部各点成分能谱

2.2 涂层的硬度和耐磨性

1)45[#] 钢表面电沉积硬铬扩散层测量显微硬度 HV 值见表 1。2)耐磨性测量。对磨损材料采用 GCr15 淬火轴承钢,试验在 MM-2000 型磨损试验机上进行,转速 $n = 420\ \text{r/min}$,载荷为 250 N,圆环尺寸为 $\phi 40\ \text{mm} \times 10\ \text{mm}$,每旋转 10 000 次测量一次失重量。其测量结果见表 2。可见 45[#] 钢表面电沉积硬铬扩散层的耐磨性比 GCr15 轴承钢表面淬火钢近 4 倍。

表 1 显微硬度(HV,100 g)测量值

项目	1	2	3	平均值
硬度值				
HV(100 g)	865	874	910	883

表 2 耐磨性试验结果

材料	失重/mg		
	第 1 个 10 000 次	第 2 个 10 000 次	总计
45 [#] 表面电沉积硬铬扩散层	2.1	1.8	3.9
GCr15 表面淬火	8.6	7.4	16

(下转第 79 页)