

文章编号: 1004 - 0609(2003) 05 - 1232 - 06

铜金粉的颜色及其影响因素^①

赵麦群, 张 颢, 苏小娟

(西安理工大学 材料科学与工程学院, 西安 710048)

摘 要: 利用分光光度计对国内外铜金粉的颜色进行了测试, 研究了铜金粉的成分、微观状态对颜色的影响。结果表明: 铜金粉颜色可以用色彩三要素进行描述, 其中铜金粉的色相只与合金成分有关, 而与铜金粉片的大小、形状及粒度分布无关; 明度和纯度与铜金粉片在油墨层中定向排列状态、片的大小、形状及粒度分布有关, 而与成分无关; 合金成分的微小波动不会引起铜金粉色相的明显改变。

关键词: 铜金粉; 颜色; 色相; 明度; 纯度

中图分类号: TF 12

文献标识码: A

铜金粉又称金粉, 它是以铜锌为主的合金, 经过特殊的球磨加工和表面化学处理制得的具有鳞片状结构、能够在粘结料中漂浮、呈现金属光泽的一类金属颜料^[1-3]。铜金粉由于具有高的金属光泽和丰富的色相, 使被涂装的物品绚丽多彩, 用量在逐年递增^[4]。近些年, 我国在铜金粉的研究和生产方面已取得了较大的进展, 但与国际先进水平相比, 国产铜金粉在质量、品种等方面还存在很大的不足, 使得我国在印刷行业中所用的高档铜金粉几乎全部依赖进口。国产铜金粉没有被大量用于印刷行业的 2 个关键影响因素是: 光泽度低和色差大^[5]。因此在国内开展高档铜金粉的生产研究, 对提高国产铜金粉的质量具有重要意义。作者主要对国内外铜金粉的颜色进行了测试, 分析探讨铜金粉的成分、微观状态等因素对铜金粉颜色三要素的影响。

1 实验

1.1 材料

选用进口铜金粉和西安理工大学最新研制的铜金粉作为实验材料, 材料编号、品名、平均粒径和产地见表 1。

1.2 实验方法

称取铜金粉样品 1.0 g 放在玻璃板上, 加入 0.5 mL 稀料(醋酸乙脂)搅拌分散后, 再加入 1.0 mL 的调金油(聚酰胺树脂), 经调墨刀搅拌成

金墨后, 用专用刮板在铜版纸上刮样, 待自然干燥后, 进行相应的测试。具体步骤为: 先在 KGF-IC 型光泽仪上进行样品光泽度的测量, 依次在 4 个不同的位置测量光泽度, 取其平均值作为该样品的光泽度值。然后直接用干净的剪刀从刮样上剪一块尺寸为 5 mm × 5 mm 的方块样, 放在 U-3501 型分光光度计下测试铜金粉颜料的颜色。样品各成分含量用能谱仪测试, 粒度分布用扫描电镜照片测量(显微镜法)^[1]。刮样的表面微观形貌在 JSM - 840 型扫描电镜上观察, 即从刮样上剪一块尺寸为 10 mm × 10 mm 的方样, 用双面胶带纸粘在试样台上, 喷金后观测试样的正面和横截面。

表 1 实验材料

Table 1 Experiment materials

Sample No.	Name	Media particle size/ μm	Producing area
1	Rich gold	5.3	German
2	Pale gold	6.2	English
3	Rich gold	5.0	Xí'an University of Technology
4	Rich gold	10.5	Xí'an University of Technology
5	Pale gold	11.2	Xí'an University of Technology

2 结果与分析

2.1 国内外铜金粉的色相

图 1 所示为 2 号和 5 号红光粉在可见光波长 400~ 700 nm 范围内的光谱反射曲线。图 2 所示为 1 号青光粉、4 号青光粉和 3 号光粉在同一波长范围内的光谱反射曲线。由图 1 可见: 红光粉在波长

① 基金项目: 西安理工大学青年科学基金资助项目(210001)

收稿日期: 2002 - 11 - 28; 修订日期: 2003 - 03 - 14

作者简介: 赵麦群(1960 -), 男, 副教授, 博士。

通讯联系人: 赵麦群, 副教授, 博士; 电话: 029 - 2313863, 13038583825; 传真: 029 - 3230217; E-mail: zhaomq@mail.xaut.edu.cn

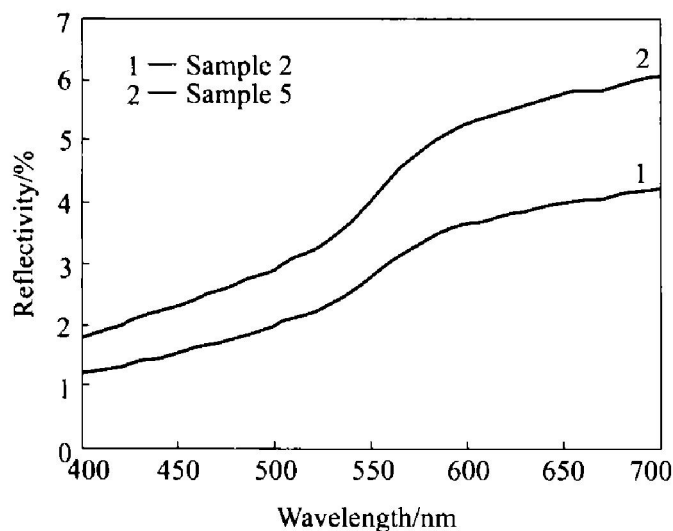


图 1 红光粉的光谱反射曲线

Fig. 1 Spectrometric reflective curves of pale gold powders

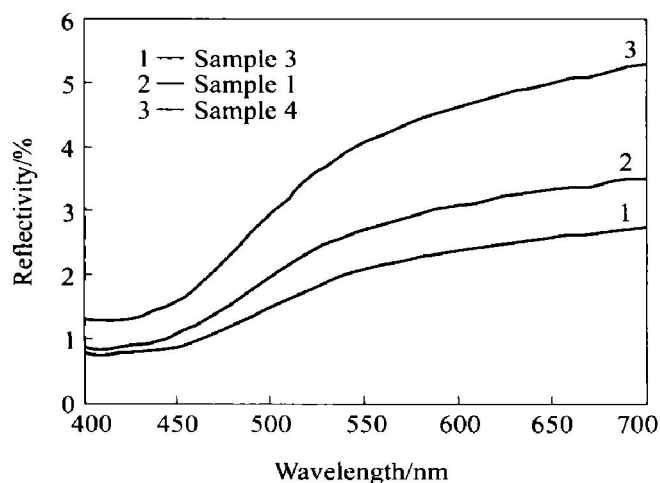


图 2 青光粉的光谱反射曲线

Fig. 2 Spectrometric reflective curves of rich gold powders

400~ 550 nm 范围内的反射率较低, 随着波长的增加, 反射率在逐渐增大, 但增幅缓慢, 说明样品对紫光和蓝光的反射微弱; 在波长 550~ 600 nm 之间, 红光粉反射率的增幅明显加快; 在波长 600~ 700 nm 之间, 光谱的反射率的增幅又趋于平缓, 但明显大于其他各波段。由此可见, 2 种样品在整个可见光波长范围内, 主要反射集中在波长 600~ 700 nm 范围内, 即这 2 种铜金粉主要反射橙光和红光, 因此, 2 种样品表现出的色相均为淡红色。由图 2 可见: 3 种样品的反射率曲线形状相似, 但反射率大小不同, 即曲线的高低不同。与红光粉相比, 青光粉的光谱反射率在绿光波谱 480~ 550 nm 范围内开始明显增大, 在红橙黄光波谱范围内的反射率最大, 因而样品表现出的色相为金黄色。

对铜金粉的颜色可从颜色的色相、明度和纯度三要素进行准确的描述^[6~8]。色相是指可见光照射到测量刮样, 经过选择吸收后, 反射到接受装置的光谱。利用分光光度计可以测出色相, 但图 1 和图 2 所示的光谱反射曲线, 由于颗粒大小、分布、定向性、成分等的影响, 使样品接受到可见光的总能量不同, 即曲线表现出有高有低。为了准确地描述铜金粉的色相, 将所有光谱的反射率之和作归一化处理, 分别考虑各波段在总光谱反射率中所占的百分数, 以此来消除接受光总量不同的影响。图 3 和图 4 是经过上述方法处理后的相对光谱反射曲线。由图 3 可以看出, 2 号样品和 5 号样品由具有完全相同的可见光谱组成, 说明英国红光粉和国产红光粉具有完全相同的色相。由图 4 可以看出, 1 号、3 号和 4 号样品也具有完全相同的可见光谱组成, 说明德国青光粉和国产青光粉也都具有同一种色相。

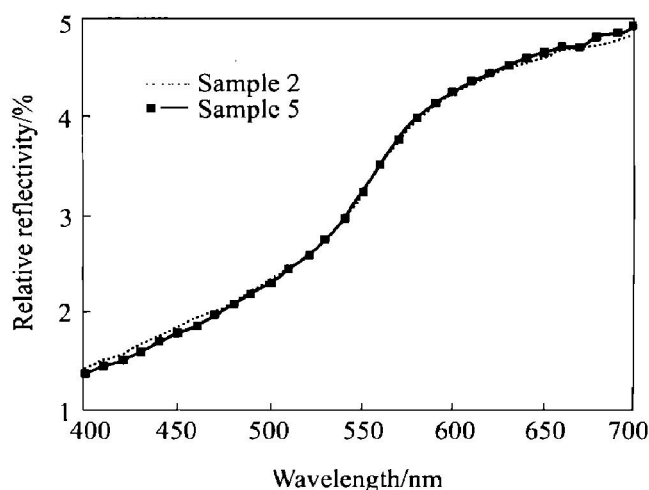


图 3 红光粉的相对光谱反射曲线

Fig. 3 Relatively reflective curves of pale gold powders

图 5 所示为 4 号样品和 5 号样品的相对反射曲线。由图 5 可见, 这 2 种铜金粉的相对光谱反射曲线存在着明显的差异。在波长小于 480 nm 的可见光波段内, 青光粉(4 号样品)的相对反射率小于红光粉的, 但其反射率的增幅却恰恰相反。当波长为 480 nm 时, 这 2 种铜金粉的反射率相等; 此后, 随着波长的继续增加, 即在 480~ 590 nm 的范围内, 青光粉的相对反射率又强于红光粉的, 但由于二者的增加幅度并不相同, 当 λ 为 590 nm 时, 两者的反射率又达到相等。最后, 在 590~ 700 nm 的波段内, 虽然两者的相对反射率都达到最大, 但红光粉较青光粉的相对反射率大。由此可见, 正是红光粉与青光粉在可见光波长范围内不同的反射率, 才形

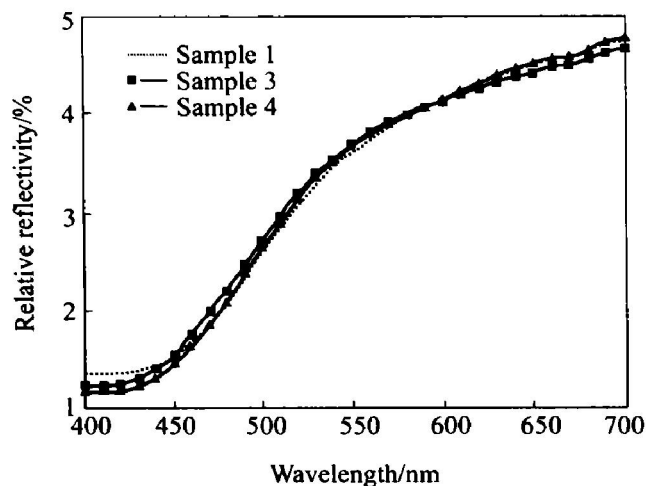


图 4 青光粉的相对光谱反射曲线

Fig. 4 Relatively reflective curves of rich gold powders

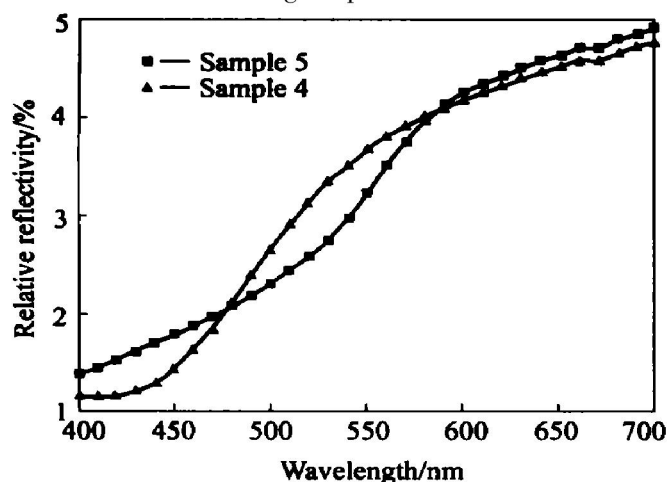


图 5 青光粉与红光粉的相对光谱反射曲线

Fig. 5 Relatively reflective curves of rich gold and pale gold powders

成了二者各不相同的色相。

通过以上分析可见，铜金粉的色相取决于粉末在可见光范围内的相对反射率与波长的关系。绝对反射率与波长的关系不仅包含着色相，同时也包含明度和纯度参量。对于品名相同的进口样品和国产样品，无论其各自的粒度大小如何，都具有相同的色相。红光粉和青光粉的相对光谱反射曲线有各自明显的特点，因而表现出 2 种不同的色相。

2.2 国内外铜金粉的明度

铜金粉明度是指可见光波长范围所有光波反射率对波长的积分。测量刮样的光泽度，可以定性地反映出铜金粉的明度的高低。表 2 所列为各样品的光泽度测量结果，可以看出，不同样品的光泽度差别很大，一般来说，粗粉末的光泽度较高。光泽度的大小与分光光度计所测的光谱反射率曲线的高低

完全一致。说明刮样的反射率越高，光泽度越高，其明度也越大。

图 6 和图 7 所示分别是 2 号和 3 号样品刮样正面和横截面的微观形貌。从图 6 可以看出：2 号样品的铜金粉片在油墨的表层呈整齐的定向排列，表面平整，正面形貌反映出片径大小比较均一，排列整齐、明暗一致，所以呈现出良好的反光性能，即高的明度^[9-11]。从图 7 可以看出：3 号样品的铜金粉片在油墨表层的排列没有 2 号样品的整齐，表面起伏不平，正面形貌表现为片径大小不等，互相交叠、明暗不一，所以呈现出较差的反光性能，即低的明度。

以上结果分析表明：铜金粉片在油墨表层中的定向排列状况对铜金粉的明度产生了重要影响，整齐、紧密的定向排列是获得高明度的首要条件；另外，片径大小均一、光滑、无卷曲也可以提高铜金粉的明度。

表 2 铜金粉的光泽度测试结果

Table 2 Testing results of gloss

Sample No.	1	2	3	4	5
Gloss	37.6	78.7	35.1	66.1	94.5

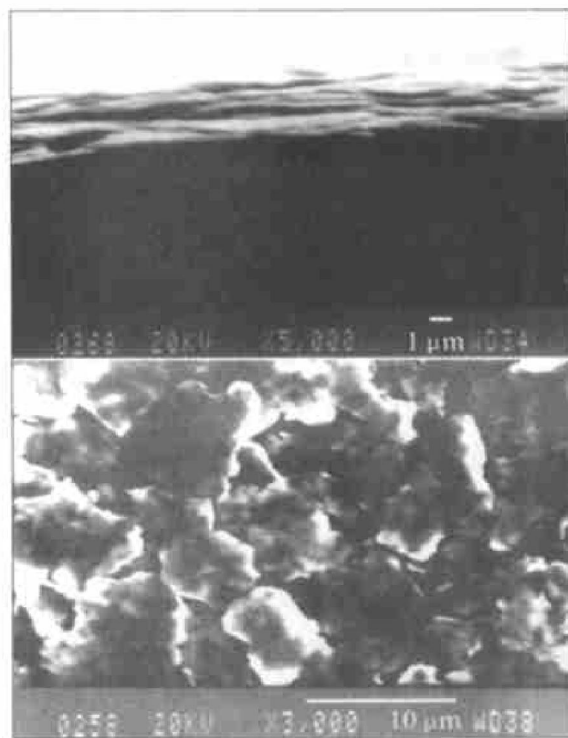


图 6 2 号样品刮样墨层横截面和正面铜金粉片的微观形貌

Fig. 6 SEM micrographs of ink layer for sample 2
(a) —Cross section; (b) —Surface



图 7 3 号样品刮样墨层横截面和
正面铜金粉片的微观形貌

Fig. 7 SEM micrographs of ink layer for sample 3
(a) —Cross section; (b) —Surface

2.3 铜金粉的成分、粒度对其颜色的影响

为了进一步研究其他因素对铜金粉颜色的影响, 分别对研究样品的成分和粒度进行了测试。表 3 列出各样品的能谱分析结果。其中, 红光粉和青光粉的标准成分分别为 92% Cu-8% Zn 和 70% Cu-30% Zn, 但实测成分都与标准成分有偏差, 铝是主加元素, 钒和硫可能是随原料带入的杂质元素。实测不同产地红光粉的成分也有一定的差别, 青光粉也是如此。说明铜金粉成分在小范围内的波动, 并不明显影响铜金粉颜色的色相。

图 8 所示为 1 号、2 号和 3 号样品的粒度分布柱状图。3 种样品的平均片径分别为 4.8, 6.7, 6.2 μm 。由图 8 可见: 各样品的粒度分布存在较大的差别, 1 号样品片径相对集中, 主要分布在 3~5 μm 的范围, 整个分布范围为 2~8 μm ; 2 号样品片径分布较宽, 主要在 4~7 μm 的范围, 整个分布范围为 2~12 μm ; 3 号样品片径分布明显加宽, 主要在 1~14 μm 的范围。由于 2 号样品片径较大, 主要铜金粉片分布峰比 1 号样品偏右, 大片比例较大, 表现出很强的反光性能, 因而光泽度在 3 种样品中最高, 相应的明度也高。3 号样品不但片径分布宽, 没有明显的峰值, 且过小铜金粉片所占的比例过

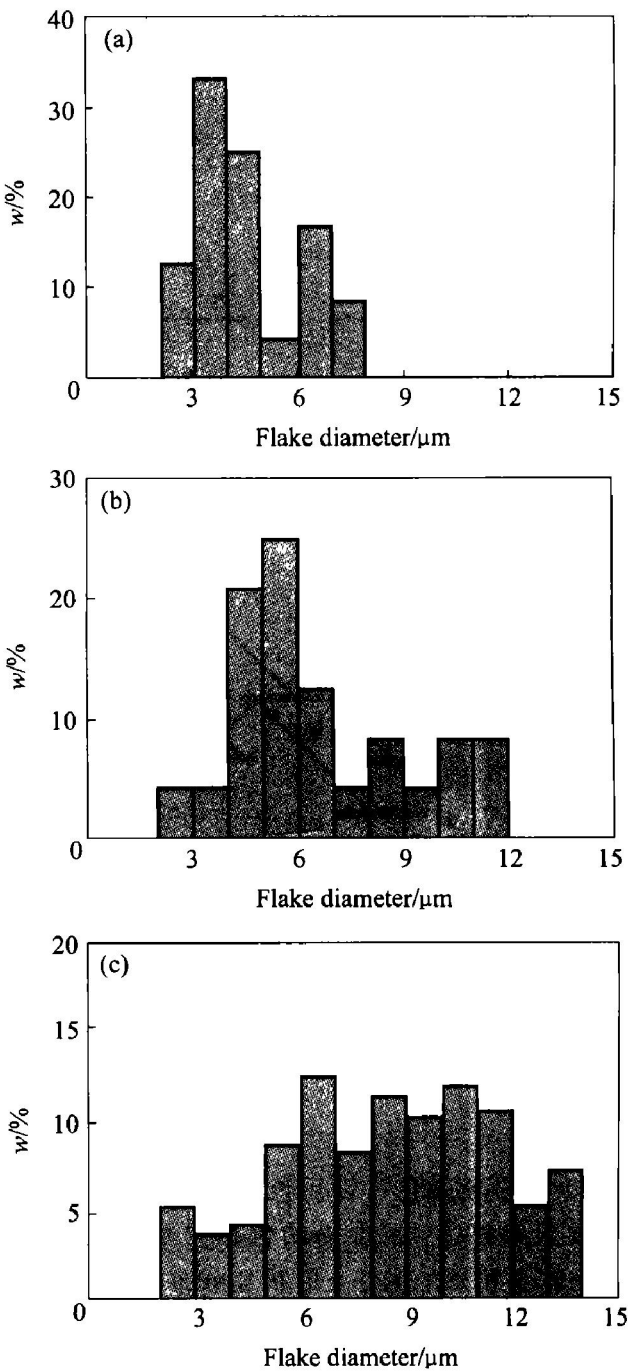


图 8 铜金粉的粒度分布

Fig. 8 Granularity distribution of bronze powder
(a) —Sample 1; (b) —Sample 2; (c) —Sample 3

高, 使得 3 号样品在 3 种试样中光泽度最低, 其明度也最低。

片径大小、定向好坏对铜金粉颜色的影响可用光反射原理说明, 如图 9 所示^[12]。可以看出, 定向优良的金粉片使光达到有效的定向反射, 而不与刮样墨层面平行的片将改变光的反射方向。此外, 片的边沿部分一般是发生漫反射的集中区。显然, 随着片径减小, 金粉片的边沿增多, 相应的漫反射量也增加, 进而导致铜金粉的明度下降, 纯度降低。因此, 为了提高铜金粉的明度, 不仅要改善铜金粉

表 3 铜金粉的标准成分与能谱分析结果

Table 3 Standard composition and analytic results of bronze powders(mass fraction, %)

Sample No.	Analytic composition					Standard composition	
	Cu	Zn	Al	V	S	Cu	Zn
1	71.02	28.15	0.57	0.01		70	30
2	89.46	9.59	0.89		0.06	92	8
3	72.52	26.76	0.72			70	30
4	71.80	27.52	0.68			70	30
5	91.71	7.53	0.77			92	8

片的定向性能，而且要特别注意控制小片径粉末的比例，使其尽量小。

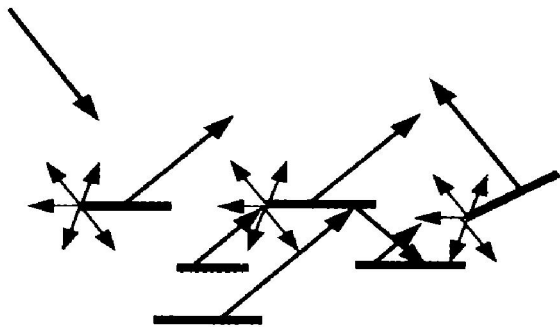


图 9 油墨中的铜金粉片
对光的定向反射示意图

Fig. 9 Sketch illustrating light reflected
by bronze flakes in oil

3 结论

1) 铜金粉颜色可以用色彩的色相、明度和纯度三要素来描述，铜金粉的色相只与合金成分有关，与铜金粉片的大小、形状及分布无关；明度和纯度与铜金粉片在墨层中定向排列状态、片的大小、形状及分布有关，而与成分无关。整齐的定向排列、大的片径、窄的粒度分布可获得高的明度和纯度。

2) 在试验范围内，成分差别不大的红光粉具有相同的色相，对于青光粉也有相同的规律存在。青光粉与红光粉的色相有较大差异。

REFERENCES

[1] 赵麦群, 张 颢. 凹印用铜金粉的物理性能[J]. 中国有色金属学报, 2002, 12(4): 749 - 752.
ZHAO Ma-qun, ZHANG Hao. Physical properties of bronze powder in intaglio printing[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2002, 12(4): 749 - 752.

[2] Wheeler I. Metallic Pigments in Polymers[M]. United Kingdom: Rapra Technology Limited, 1999. 3 - 6.

[3] James J D, Wilshire B. Laboratory simulation of commercial brass flake manufacture[J]. Powder Metallurgy, 1990, 33(3): 247 - 249.

[4] 朱骥良, 吴申年. 颜料工艺学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
ZHU Ji-liang, WU Shen-nian. The Craft of Pigment [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2002.

[5] 周锦鑫. 我国铜金粉生产技术现状与存在的问题浅析[J]. 化学世界, 1999, 56(9): 498 - 500.
ZHOU Jin-xin. Analysis on manufacturing circumstances and existing problem in the domestic bronze powder [J]. Chemistry World, 1999, 56(9): 498 - 500.

[6] 刘国杰. 现代涂料工艺新技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2000. 384 - 385.
LIU Guo-jie. New Technology of Modern Paint Craft [M]. Beijing: China Light Industry Press, 2000. 384 - 385.

[7] 张玉平, 张津徐. 二元黄铜表面色的定量研究[J]. 中国有色金属学报, 2001, 11(S2): 152 - 155.
ZHANG Yu-ping, ZHANG Jin-xu. Quantitative research on surface color of binary brass[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2001, 11(S2): 152 - 155.

[8] 骆瑞雪, 黄拔帆. 合金元素对彩金颜色及加工性能的影响[J]. 中国有色金属学报, 1998, 8(S2): 169 - 171.
LUO Ru-xue, HUANG Ba-fan. Influence of alloy elements on color and machining performance[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals. 1998, 8(S2): 169 - 171.

[9] Gunde K M, Kunaver M, Mozetic M. Microstructure analysis of metal-effect coating [J]. Coating Transactions, 2002, 85(B2): 115 - 121.

[10] Dowell A J. Practical aspects of specular reflectance measurements on metals [J]. Surf Coat Int, 1996, 8(1): 356 - 361.

[11] Faffg P, Reynders P. Angle-dependent optical effects deriving from submicron structures of films and pigments[J]. Chemistry Review, 1999, 99(10): 1963 - 1981.

[12] James J D, Lewis W P, Wilshire B. Control of reflectance

tive properties flake metal products[J]. Powder Metal-

lurgy, 1993, 36(1): 42 - 46.

Color of bronze powder and its influence factors

ZHAO Ma-qun, ZHANG Hao, SU Xiao-juan

(College of Materials Science and Engineering, Xi'an University of Technology,
Xi'an 710048, China)

Abstract: Spectrophotometer was used to measure the color of the bronze powders made in home and abroad, and some factors that have influence on color were analyzed. The results show that the three factors in color are suitable to the colorful description about bronze powder. The pigment's hue is more relative to the composition of alloy than the particle diameter, shape, and size distribution; however, the particles' morphologies and location have great influence on the brightness and chromatic value. Besides, it is found that the metallic pigment's hue is insensitive to the variation of the composition of alloy.

Key words: bronze powder; color; hue; brightness; chromatic value

(编辑 陈爱华)