

制造业过程质量控制与检验丛书

电镀过程 质量控制与检验 读本

吕 凯 编著



 中国标准出版社

电镀过程 质量控制与检验

读本

吕 凯 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国标准出版社



内 容 简 介

本书是《制造业过程质量控制与检验丛书》之一。

本书以电镀生产过程为主线,介绍了电镀的基础知识、镀前处理和镀后处理的基本工艺过程与质量控制,重点介绍了单金属电镀、合金电镀、难镀金属电镀过程的质量控制与检验,详细介绍了基体金属质量控制与检验、金属覆盖层质量性能测试、电解液性能的测定、镀液分析方法等内容。对于生产过程中发生的质量问题及排除方法,本书以图表的形式予以简单明了的剖析和比较,并对上述电镀液的分析、杂质的去除及检验的标准做了进一步的阐述。针对当今继续教育和岗位培训的需求,书中附有一定数量的思考题。

本书具有较强的针对性、实用性和可读性,适于从事电镀生产的设计、工艺、质量检验、质量管理人员以及生产一线工人学习、阅读,也可作为青工培训和自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

电镀过程质量控制与检验读本/吕凯编著. —北京:
中国标准出版社,2006
(制造业过程质量控制与检验丛书)
ISBN 7-5066-4188-7

I. 电... II. 吕... III. ①电镀-质量控制②电镀-
质量检验 IV. TQ153

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075833 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码:100045

网址 www.bzcs.com
电话:68523946 68517548
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

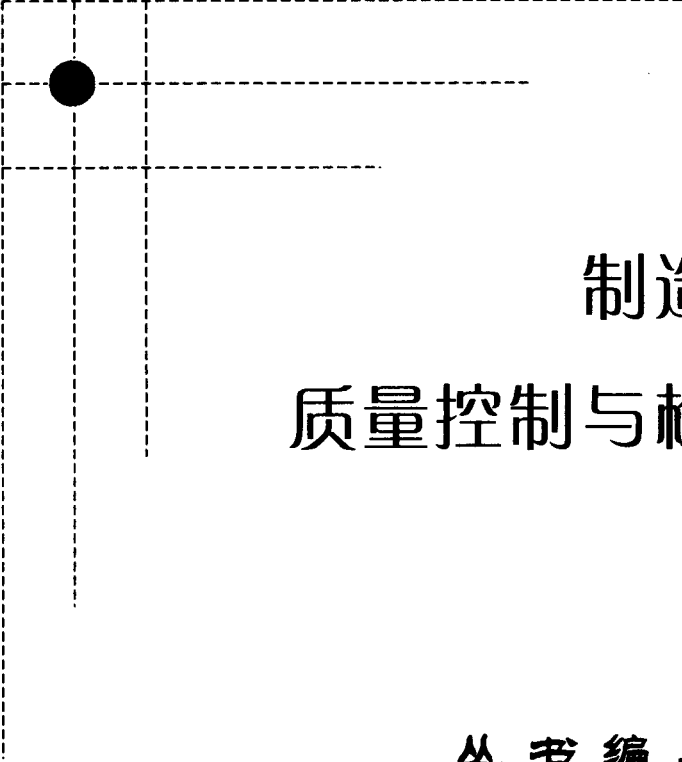
*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 380 千字
2006 年 10 月第一版 2006 年 10 月第一次印刷

*

定价 35.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



制造业过程 质量控制与检验丛书

丛书编委会

主 编 梁国明

副主编 范守训

编 委 (按姓氏笔画为序)

王世国 巴连文 刘 伟 刘兴国

刘明军 刘洪生 吕 凯 李广田

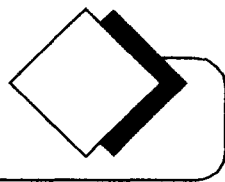
李建仁 张会国 张建国 杨永生

杨 华 赵景才 魏国平

严格过程控制
加强质量检验

张维庆
2006年3月13日

序



制造业是国民经济建设的基础。在激烈的市场竞争中,制造业要生存,要多、快、好、省地不断设计制造出顾客满意的产品,就必须狠抓产品形成过程控制。制造业产品的形成过程,从产品设计开发到售后服务,直到产品寿命终止后的处置,是个漫长的过程,对这个过程需要控制的内容很多,但是最重要的是对过程的质量进行控制,通过有效的过程质量控制和质量检验来保证产品质量,提高企业竞争力。

近年来,制造业产品的品种越来越多,产品更新换代越来越快,生产过程越来越复杂,技术含量越来越高,质量要求越来越严格。因此对制造业的产品设计、制造、检验人员以及质量管理者的技术素质提出了越来越高的要求,对他们进行职业教育和培训更为重要和迫切。2005年10月,国务院发布了《国务院关于大力发展职业教育的决定》,由此可以看出,国家非常重视职业教育培训工作。另一方面,许多员工自己也感到竞争压力,为了保障自己的就业安全,他们在工作中和业余时间加强技术业务学习,不断提高自己的技术素质,把自己培养成为一专多能的复合型人才。

本丛书针对制造业的实际需求而编写,总结了作者多年的工作实践经验,旨在为制造业提供实用的过程质量控制方法和质量检验方法,为企业实施教育培训和员工自学提供内容实用的教材。丛书共13分册,第一分册对产品的设计、开发、制造直至出厂售后服务过程的质量控制方法进行了宏观的介绍,对制造业质量

检验中一些共性的问题进行了阐述;第二分册归纳总结了制造业过程质量控制和质量检验常用统计方法;第三分册以图表形式汇集了制造业过程质量控制与检验常用技术资料;其他分册针对制造业主要工种,分别介绍了原材料、模样、铸造、锻造、焊接、机加工、热处理、电镀、涂装、机械设备电气系统过程质量控制与检验,详细叙述了各工种所用的各种检验方法、检验依据、检验中应注意事项、检验中常见缺陷分析以及检验员应知应会的知识和技术。

本丛书的作者均是长期工作在生产第一线的设计、工艺和质量检验专家,不仅有深厚的理论知识,而且有丰富的实践经验。本着理论联系实际而偏重于实际的写作原则,书中不阐述高深的理论,而是努力突出应知应会的知识、技术和行之有效的经验、方法,突出内容的实用性、可操作性、指导性,为生产第一线的设计、工艺、生产、质量检验和质量管理人员解决工作中的实际问题。

本丛书可供制造业企业的设计、工艺、制造、质量检验人员、质量管理人员以及生产一线工人学习、阅读,也可作为职业教育培训教材和自学读本,还可作为大专院校机械制造类专业师生的参考书。

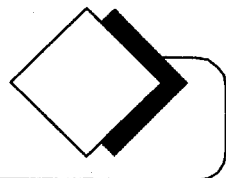
本丛书的编写和出版得到了中国机械工业质量管理协会的支持,张维德理事长为本丛书题词,在此谨表谢意。

由于水平所限,丛书的内容可能有遗漏和错误,敬请广大读者批评指正,以便于再版时修正。

丛书编写组

2006年1月

前言



本书是《制造业过程质量控制与检验丛书》之一。

近年来,随着我国装备制造业的飞速发展,电镀工业也随之得以迅速发展,其应用范围已遍及机械、轻工、仪器仪表、电子、交通运输、航空、造船、化工、冶金、兵器等国民经济的各行各业,新的工艺、新的技术层出不穷。

电镀本身是利用电解使金属或合金沉积在制品表面,形成均匀、致密、结合力良好的金属层的过程。电镀层具有提高金属制品或零件的耐蚀性能,提高金属制品的防护—装饰性能,修复金属零件尺寸和赋予某些制品或零件某种特殊功能的作用。因此,电镀质量的好坏不仅影响到产品外观形象,而且直接影响产品质量,而电镀过程质量的控制是保证产品质量的唯一的行之有效的手段,其作用显而易见。为了适应社会发展的需要,使产品立足于市场,加强电镀质量控制和检验,提高电镀产品技术含量,提高操作人员的业务能力和文化素质十分重要和迫切,为此本人根据多年来在电镀生产一线工作所积累的丰富经验,并在阅读大量的参考书籍的基础上,吸取其精华,最后编写成《电镀过程质量控制与检验读本》这本书。

本书重点讲述电镀过程的质量控制,即对生产过程中的每一步骤加以质量控制,直到检验完毕,将产品不合格因素消灭在萌芽状态,而不是在电镀完工后再进行控制。本书以电镀生产过程为主线,介绍了电镀的基础知识、镀前处理和镀后处理的基本工艺过程与质量控制,重点介绍了单金属电镀、合金电镀、难镀金属

电镀过程的质量控制与检验,详细介绍了基体金属质量控制与检验、金属覆盖层质量性能测试、电解液性能的测定、镀液分析方法等内容。另外,对于生产过程中发生的质量问题的原因、现象及处理方法,本书以图表的形式予以简单明了的剖析和比较,并对上述电镀液的分析、杂质的去除及检验的标准做了进一步的阐述。其中所述的质量问题类型大都来源于国内各厂家的具体的经验和实例,同时,也将国外电镀杂志刊出的某些质量问题编入其中,以便借鉴。本书还针对当今继续教育及岗位培训的需求,在每章之后附有一定数量的思考题,供读者参考。

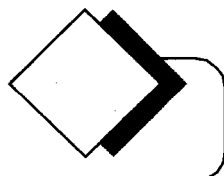
本书具有较强的针对性、实用性和可读性,适用于从事电镀生产的设计、工艺、质量检验、质量管理人员以及生产一级的工人学习、参考,也可作为青工培训和自学教材。

由于理论水平的局限性、时间仓促、编写经验的欠缺,书中难免出现错误和不完善之处,热忱地希望读者批评指正。

编 者

2006年4月

目录



第 1 章 电镀基础	1
1.1 引言	1
1.2 电镀原理简述	3
1.3 镀层质量的保证	8
思考题	11
第 2 章 镀前处理的基本工艺与质量控制	12
2.1 镀前处理及质量控制	12
2.2 难镀金属的前处理	21
思考题	30
第 3 章 单金属电镀基本工艺质量控制与检验	31
3.1 镀锌	31
3.2 镀铜	51
3.3 镀镍	66
3.4 镀铬	85
3.5 镀银	97
3.6 镀锡	106
3.7 镀镉	115
思考题	123
第 4 章 合金电镀及其过程质量控制	124
4.1 仿金电镀	124

4.2 镀铜锡合金	127
4.3 氰化物镀黄铜	131
4.4 镍铁合金镀层	135
思考题	138
第5章 镀后处理及其质量控制	139
5.1 清洗处理	139
5.2 驱氢处理	139
5.3 钝化	141
5.4 镀层的防变色处理	143
5.5 干燥	143
思考题	145
第6章 金属的氧化与磷化	146
6.1 金属的氧化	146
6.2 金属的磷化	151
思考题	161
第7章 电镀过程质量管理	162
7.1 电镀质量管理简述	162
7.2 电镀质量的工艺管理	163
思考题	169
第8章 基体金属质量控制及其检验	170
8.1 镀覆层的分类	170
8.2 供需双方对基体金属质量要求的共识	170
8.3 处理前对部件锈蚀的要求	171
思考题	174
第9章 金属覆盖层质量性能测试	175
9.1 金属覆盖层检验	175

9.2 镀层的特殊性能试验	198
思考题	199
第 10 章 电镀液性能的测定	200
10.1 电镀液 pH 值的测定	200
10.2 霍尔槽试验	200
10.3 电镀液的分散能力的测定	202
10.4 覆盖能力的测定	203
思考题	204
第 11 章 镀液分析方法	205
11.1 镀前及镀后处理溶液分析	205
11.2 镀锌溶液分析	209
11.3 镀铜溶液分析	213
11.4 镀镍溶液分析	216
11.5 镀铬溶液分析	218
11.6 镀银溶液分析	221
11.7 镀锡溶液分析	222
11.8 镀镉溶液分析	223
11.9 镀合金溶液分析	225
11.10 钢铁氧化溶液分析	227
11.11 磷化溶液分析	228
思考题	230
附录	231
附录 A 常用元素及化合物的性质	231
附录 B 电镀常用单位及其换算	237
附录 C 常用指示剂和缓冲溶液的配制	239
参考文献	241

第1章

电镀基础

1.1 引言

1.1.1 电镀的作用与意义

电镀是利用电化学的方法对金属和非金属制品进行表面加工的一种工艺,其实质就是给金属或非金属制品穿上一件金属的“外衣”。这层金属“外衣”就叫做电镀层。但是这件“外衣”并不是固定不变的,它是随着制品使用的地点、条件以及所承担的任务的不同而改变的。

一般来说,很少有人能正确理解电镀在产品造型和功能上所发挥的作用,往往把表面美观的产品称为“已电镀”,把露出粗糙基体的称为“镀层脱落”,把电镀看成“表面遮丑”的代名词。事实并非如此,现在电镀的先进技术和广泛应用已为电镀正名,电镀的作用逐渐为人们正确地认识到“已电镀的制品是好东西。”

下面分类叙述电镀的作用。

1. 提高外观质量

使产品美观,并使永久性地保持这种美观是电镀的重要目的之一。

为此目的,绝大多数采用镀铬或镀金、银、铑等贵金属进行最后的装饰性电镀。

2. 提高耐蚀性

防止基体腐蚀的电镀如镀锌和镀镉,即使是装饰性电镀,若不防止基体腐蚀,要保持镀层的美观是不可能的,如锌等化学性质较活泼的金属材料能用以制造兼有装饰作用的零件,也是由于电镀赋予它耐蚀性的缘故。

3. 功能作用

电镀赋予制品表面以特殊的物理性能,如:

① 耐磨性:其代表是镀硬铬。镀硬铬在工业上用途非常广泛,除了在空气中容易氧化而形成表面钝化膜外,还由于金属铬本身硬度大,其摩擦系数小的缘故,广泛应用于各行各业。

② 导电性:随着电子工业的高速发展,利用镀金、镀银保持高精度的触点是电镀业做出的巨大贡献。

③ 反射率:经抛光的金、银、铝是反射率很高的金属,工业上大量生产的反光镜和聚光灯大都采用了镀银、镀铝或者铝的电解抛光板。



4. 电镀作为机械加工的辅助手段的作用

- ① 调整尺寸:通过电镀可修复机械零件的磨损部位。
- ② 防止渗碳:对零部件局部不要渗碳的地方,可以通过电镀补。

5. 提供新型工业材料

随着科技的进步,对金属材料的要求越来越高,许多新材料不断地开发出来,近年来各种复合镀层的研究和应用正在完成,将对新时代的技术做出贡献。

从以上简单的叙述中不难看出,电镀在国民经济各生产中有着重要的作用和意义。如在国民经济中得到广泛应用的钢、铁等金属材料由于外界介质的作用,会腐蚀而遭到破坏,这在世界各国所造成的损失是相当惊人的。据统计,世界钢产量的 1/3 因腐蚀而报废。而且这种损失不仅仅表现在金属材料上,更主要表现在人类用材料制成的各种产品上。金属材料的防腐蚀方法很多,用电镀方法在钢铁或铜合金等易腐蚀材料或制品表面镀上某些金属层就可以起到延缓腐蚀作用,使其使用寿命大幅提高。

随着装备制造业的快速发展,电镀的使用已不满足于防腐性能,在一些特殊情况下,电镀金属层还赋予制品一定的物理、机械性能:为提高制品的表面硬度以增加抗磨损能力,减小滑动接触面的滑动磨擦;增加金属表面的反光能力;提高表面导电能力,赋予表面以磁性;为了便于钎焊,提高金属的热稳定;防止射线的腐蚀;防止热处理时的渗碳和渗氮以及修复磨损的贵重零部件等,这样就可以给一般金属制品镀上一层具有特殊性能的电镀层,以满足制品的特殊要求,从而节约大量的贵重、特种金属,以我国富有的金属代替目前稀缺的贵重金属,可为国民经济的发展做出巨大贡献。

1.1.2 电镀的发展与成就

随着科学技术和工业的发展,电镀工业不仅在镀层的花色品种及质量方面,在新材料和新设备的研究应用方面也有很快的发展。

在我国加入 WTO 后的国际市场竞争中,制造业无疑是参与国际市场竞争的主体,如何充分利用我国丰富的矿物资源、原材料资源、人力资源的优势,使我国在 21 世纪迅速发展为世界制造业大国是当务之急。

然而,国际化市场竞争要求先进技术与之相适应,先进制造工艺是先进制造技术的核心和基础。电镀,这个曾经在工业经济时代的传统制造业中扮演过辉煌角色的表面处理工艺,通过改造也正朝着优质、高效、洁净、精密、低耗和自动化、信息化、柔性化、智能化的方向不断发展,从而在制造业中取得一席之地。

20 世纪 80 年代以来,新技术、新工艺迅速发展,先后出现了合金镀层、合金电镀等新技术,为电镀业的发展奠定了良好基础,也决定了电镀技术在工业发展过程中的特点,以及不可完全被取代性,其依据为:

① 电镀在国民经济建设中广泛应用于各个生产领域,从外表装饰到防护,从提高耐磨性到减少摩擦性,从精细加工、特殊加工到微细加工,并在功能材料的制备上都起到了很大作用。

② 电镀作业工装设备相对简单,成本低廉。



③ 就离子尺度上进行的沉积技术而言,电镀的生产率最高,并可实现大面积镀覆或在形状复杂的部件表面上镀覆,可满足大批量的生产要求。

④ 环境保护和环境污染控制技术不断提高,为电镀业的发展打下了良好的基础。

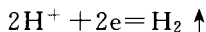
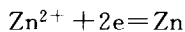
当今各领域的高科技技术的不断发展,使电镀行业产生了日新月异的迅猛发展,显示出其在装备制造业中所扮演的重要角色,也充分反应出国际化市场竞争对电镀技术发展的迫切要求。

功能电镀层材料的出现,为各高科技领域(电子、信息业)提供了各种新材料,为各学科的发展提供了保障,电镀已从传统的装饰性电镀和防护性电镀,走进了以功能电镀为特征的材料科学与工程领域,将来一定会在装备制造业中发挥其重要作用。

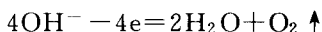
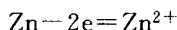
1.2 电镀原理简述

电镀就是将被镀部件作为阴极,在外加电压下使金属离子在其表面还原形成金属沉积层的过程,其实质是溶液和金属的界面上发生了电化学反应。

因此,电镀过程既是一种电化学过程,也是一种氧化还原过程。例如:在硫酸锌电镀溶液中镀锌时,在阴极上发生锌离子得到电子还原为锌金属的反应:



在锌阳极板上发生锌金属失去电子变成锌离子的反应:



1.2.1 电流通过电镀槽所引起的变化

1. 电解液

电解液在溶解或熔融状态下,能导电的化合物叫做电解质,如电镀生产常用的 HCl 、 HNO_3 、 H_2SO_4 、 NaOH 、 KCl 、 NaCl 、 CuSO_4 等都是电解质。它们能溶于水,并都会由于水的作用而离解成带正荷的阳离子和带负荷的阴离子,这种现象叫电离。由电解质形成的溶液叫做电解质溶液。在含不同金属离子的电解液中电镀就能得到不同的电镀层。而含相同的金属离子的电解液,如:主要金属以简单离子形式存在的镀液和主要金属以络合离子形式存在的镀液,由于主要放电离子存在的形式不同,所得到的镀层质量就可能不相同。一般情况下,如果不加任何添加剂,在络盐溶液中得到的镀层质量比单盐镀液中得到的镀层质量为优。而在同一类型的镀液中,由于成分和浓度不同,得到的镀层质量也有很大差别。为获取良好的电镀层,就要选择好镀液的种类及其最适宜的配方。所以说,电解液的各种特性决定了电镀层的质量。

2. 两类导体

凡是通过自由电子来传导电流的导体,叫做第一类导体。

凡靠带电离子的移动来传导电流的导体叫做第二类导体。

电流通过第一类导体时,除本身发热以及产生磁化现象外,并不引起化学变化。属于这

类导体的物质有金属、合金、石墨、碳以及某些固态的金属化合物。生产中经常用到的各种导线、汇流排、导电棒、挂具以及各类电极材料等均均为第一类导体。

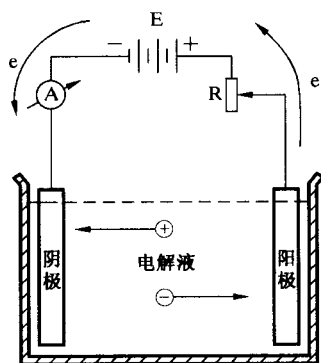
第一类导体的电阻率都很小,其数值随温度升高而增大,为了避免导电过程导体的升温现象,使用第一类导体必须要有足够大的导电截面,同时不宜过长。

第二类导体包括所有的电解液熔融电解质。电镀生产中的除油溶液、浸蚀溶液以及各类电镀溶液都属于第二类导体。

两类导体相比较,第二类导体的导电能力比第一类导体弱得多,而且其电阻是随温度的升高而变小。

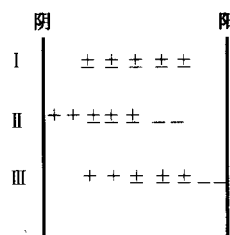
在任何一种电镀过程中,都存在两类导体的导电作用,所有电镀的电流回路都由这两类导体共同构成。

图 1-1 所示是一个简单的电镀电路图。将直流电源的正负极用金属导线连接到镀槽的阳、阴极上,自由电子由负极通过金属导线流向阴极时,电镀溶液中的阴阳离子立即发生有规则的移动,阴离子移向阳极,阳离子移向阴极,这种现象称为“电迁移”(见图 1-2)。



E—直流电源;R—变阻器;
A—电流表;⊕—阳离子;⊖—阴离子

图 1-1 电镀电路示意图



I—未通电;II—通电时阳离子移向阴极;

III—通电时阴离子移向阳极

图 1-2 电迁移

虽然阴、阳离子的迁移方向相反,但它们传导电流的方向是一致的。阴离子在阳极失去电子进行氧化反应;阳离子在阴极获得电子进行还原反应,因此电镀过程是在外界电源的作用下,通过两类导体,在阴、阳极上进行氧化、还原反应的过程,可用简式表示:



(金属阳离子) (金属原子)



(金属原子) (金属阳离子)

式中: n ——自然数,表示该物质在电极反应时得失电子数。

3. 电解

对电解液施加外加电压便有电流通过,电解质在电流作用下被分解的过程叫做电解。

电镀是电解作用的一种,它是一种电化学过程,也是一种氧化还原过程。



1.2.2 电解定律(法拉第定律)

电解时,通过一定电荷量后,在阴极上能镀多少质量的金属,又能溶解多少质量的金属阳极呢?法拉第定律就是说明它们之间的关系的。

1. 电解第一定律

电解时,电极析出(或溶解)物质的质量与通过的电量成正比。可用下式表示:

$$m = kIt = kQ$$

式中: m ——电极上析出(或溶解)物质的质量, g;

I ——通过的电流强度, A;

t ——通电的时间, h;

Q ——通过的电量, A · h;

k ——比例常数, g/(A · h)。

比例常数 k 表示电极上通过单位电量(1A · h 或 1C)时,具有 100% 电流效率的电极反应所产生或消耗的物质质量,通常称为该物质的电化当量。通常以 g/C 或 g/(A · h) 表示。

2. 电解第二定律

在电极上每析出(或溶解)1 摩尔质量的任何物质所需要的电量为 96500C 或 26.8 A · h,也就是说,用同等的电量通过各种不同的电解质溶液时,在电极上析出(或溶解)各物质的量与它们的摩尔质量成正比。所谓的摩尔质量就是物质的相对原子质量(A_r)与其化合价数(n)之比 A_r/n 。例如,用同样的电量(26.8 A · h),分别通过稀硫酸、硝酸银和硫酸铜三种溶液,则在阴极分别析出 1g 氢气、107.88g 的银和 31.77g 的铜。析出的量恰好分别等于它们的摩尔质量。

根据电解第一定律: $m = kQ$, 即 $k = m/Q$, 几种常用金属电化当量见表 1-1。

表 1-1 常用金属的电化当量

金属元素	元素符号	原子价	相对原子质量	化学当量	密度/(g/cm ³)	电化当量 k 的数值	
						mg/(A · s)	g/(A · h)
锌	Zn	2	65.39	32.69	7.14	0.339	1.220
镉	Cd	2	112.41	56.20	8.642	0.582	2.097
铜	Cu	1	63.546	63.546	8.92	0.658	2.371
		2		31.773		0.329	1.186
镍	Ni	2	58.70	29.35	8.90	0.304	1.095
铬	Cr	3	51.996	17.332	7.20	0.180	0.647
		6		8.666		0.0898	0.324
锡	Sn	2	118.71	59.34	7.28	0.615	2.214
		4		29.68		0.307	1.107
金	Au	1	196.967	196.967	19.3	2.04	7.353
		3		65.656		0.68	2.452
银	Ag	1	107.868	107.868	10.3	1.118	4.025