

纯金属冶金学及 金属学



第一輯

В.С.叶麦利扬諾夫

А.И.叶甫斯丘欣

张 中 译

主編

冶金工业出版社

75,
732
1:1

純金屬冶金学 及金屬学

第一輯

苏联科学院通訊院士, B. C. 叶麦利揚諾夫
教授, 技术科学博士
技术科学博士 A. И. 叶甫斯丘欣

主編

张 中 譯

张楠、薛峰 校

24601/12

冶金工业出版社

本書是根据苏联高等教育部莫斯科工程物理学院
1959年出版的“Металлургия и металлловедение чистых
металлов”一書譯出的。

本書是有关純金屬冶金学及金屬学的論文集第一
輯；書中選輯了21篇文章，全部是該院冶金与金屬学教
研室在近5—7年內根据自己的实际工作經驗写成的科
研論文。这些文章对如何制取各种高純金屬，如何由这
些純金屬制备合金，以及对这些純金屬的性質均作了深
入而全面的研究。此外，有两篇文章介紹了两种熔化和
浇鑄純金屬及合金用的高真空爐的結構和操作經驗。

本書对广大讀者，包括冶金和机械工厂車間和試驗
室的工作人員及各科学研究和設計机构的工作人員，各
高等院校有关专业的师生具有很大參考价值。

В.С. Емельянов, А.И. Евстигьев

МЕТАЛЛУРГИЯ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

ВЫПУСК 1

МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (Москва 1959)

純金屬冶金学及金屬学 第一輯

張 中 譯

1960年6月第一版 1960年6月北京第一次印刷 8,515 册

开本350×1168·1/32·字数160,000·印张 $7\frac{14}{32}$ ·定价0.94元

統一書号15062·2167 冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

冶金工业出版社出版 地址：北京市灯市口甲45号

北京市书刊出版业营业許可証出字第093号

序 言

本文集(第一期)中刊载了冶金与金属学教研组近5—7年内所完成的科研论文。这些论文都是关于如何制取各种高纯金属, 如何由这些纯金属制备合金以及对这些纯金属性质方面的研究。这些文章以前均未发表过, 但其中的大部分曾在1955—1957年的莫斯科工程物理学院的教师科学会议上报告过。本文集中所刊载的文章都是实验研究论文, 因而这些文章也表明了教研组科研工作的方向之一。由文集所刊载的文章不难看出, 这个方向就是要研究制备纯金属的各种方法, 而这些纯金属在目前对一系列新技术部门的发展具有非常重要的意义。在1958年中教研组完成的许多论文也与上述问题有关。这些文章将在本文集的第二辑中发表。

本文集中共包括21篇文章。其中的头两篇是关于用电解熔盐法制取铀的问题。这两篇文章是过去教研组就这个问题所发表的一部分文章的继续(Атомная энергия, №№ 4、5、1956年)。

随后的四篇文章是研究用热离解挥发性化合物的方法制取纯金属的问题; 这种方法是冶金学中最新的, 同时也是最有前途的。使用上述方法工作的结果, 已得到最纯的锆、钎、铈和钼。前三种金属是热离解它们的碘化物得到的, 而钼则是用热离解五氯化钼的方法获得的。利用碘化法制取塑性锆的过程目前已应用于生产规模中。很可能, 热离解的方法对于生产另外的三种极纯金属也是有前途的。

文集中的第七篇文章与上述的有关用碘化法制取锆的文章有着主题上的联系, 这篇文章是研究在碘化精制过程中, 有关锆和碘再生的合理方法问题。

第八篇文章概括地介绍了铀冶金的现状, 并且介绍了教研组对于用镁热法还原氟化铀的研究结果, 这种方法是生产铀的最重要的方法之一。

随后的两篇文章叙述了МИФИ-9-2和МИФИ-9-3两种真空炉的结构和操作经验; 这两种真空炉是教研组实验室为了熔化和浇铸纯金属和合金而制成的。这两种炉子除了在我们的实验室之外, 在苏联的许多科学研究实验室及工厂实验室中都获得了相当广泛的应用。这两种炉子很适于用来进行纯金属的科学研究工作。

从第十一篇开始，以后的七篇文章都是对于碘化法锆基合金性质的分析和研究。这几篇文章在选择核反应堆用的耐腐蚀和耐高温的合金方面具有很大意义。

一篇是研究有关锆及其合金的腐蚀性能的文章，本文在动力学及电子照像研究的基础上，研究并探讨了锆及其合金氧化过程的机理，分析了合金元素对腐蚀稳定性的影响。

关于含铀和铈的二元和三元锆基合金的机械性质的研究一文是教研组就同一题目部分地发表过的几篇文章的续写（Атомная энергия, №1, 1957年；№2, 1958年）。

关于锆—铈系状态图的研究一文过去已经发表过（Атомная энергия №2, 1957年，№2, 1958年），但此处有更为详细的叙述。关于锆及锆锡合金扩散特性的研究几篇文章是1957年在苏联科学院召开的有关同位素利用问题的全苏会议上教研组所提出的一篇同一题目的论文的续写（Труды Всесоюзной конференции по применению изотопов при АН СССР, 1957г.）。

文集中还有四篇文章与其它文章略有不同，但都是有关现代金属学中急待解决的问题。其中的一篇是有关金属合金化学的问题，文章对已发表的有关在金属系统中形成化学化合物时所观察到的一些变化的资料作了概括的叙述。

其它三篇文章是有关利用放射性同位素研究铁、钴和镍基合金扩散特性的问题。

综上所述，本文集对苏联的广大读者，其中包括科学研究工作者和工程师、大学生和研究生、车间和工厂实验室的工作人员以及各科学研究所和设计机关的工作人员来说具有极大的意义。

编 者

目 录

序言	5
电解法制取钽过程的研究	
A.И. 叶甫斯丘欣, B.C. 叶麦利扬诺夫, Г. А. 列昂捷夫	7
带有自压阴极的钽熔盐电解槽结构	
A. И. 叶甫斯丘欣, Г. А. 列昂捷夫	35
制取碘化法铬的完善方法及铬的性质	
B.C. 叶麦利扬诺夫, A.И. 叶甫斯丘欣, Д.Д. 阿巴宁, B.И. 斯达青科	43
利用碘化法制取塑性钨	
B.C. 叶麦利扬诺夫, П.Д. 贝斯特罗夫, A.И. 叶甫斯丘欣	62
利用五氯化钨热离解法制取塑性钨过程的研究	
Г. А. 列昂捷夫	69
以碳化钨为原料的碘化法生产钨的研究	
A.И. 叶甫斯丘欣, И.П. 巴利诺夫, Д.Д. 阿巴宁	77
碘化法精炼过程中钨和碘的再生方法	
A.И. 叶甫斯丘欣, A.A. 巴卡基娜	82
镁热还原 BeF_2 过程的研究	
A.И. 叶甫斯丘欣	90
在实验室条件下难熔金属与合金的电弧熔炼	
A.И. 叶甫斯丘欣, Г.А. 列昂捷夫, B.B. 尼基沙诺夫	105
在真空中熔化和浇铸纯金属和合金用的有石墨加热器的	

МНФИ-9-2 高温炉的构造和使用經驗

А.И. 叶甫斯丘欣, Г.А. 列昂捷夫,

Н.В. 包尔科夫 120

含鋁、鋁的二元和三元鎢合金在室溫及高溫时的力学性質

В.С. 叶麦利揚諾夫, Ю.Г. 高 金,

А.И. 叶甫斯丘欣 126

鎢及某些鎢基合金氧化过程的电子衍射研究和动力学研究

И.И. 柯罗勃科夫, Л.В. 伊格那托夫,

А.И. 叶甫斯丘欣, В.С. 叶麦利揚諾夫 142

在含錫 α 鎢合金中鎢与錫的扩散

Г.Б. 費多罗夫, Ф.И. 若莫夫 160

在含錫的 β 鎢合金中鎢和錫的扩散

Г.Б. 費多罗夫, В.Л. 古利雅金 167

鎢——鋁状态图 Ю. Ф. 貝奇科夫,

А.Н. 罗贊諾夫, Л.М. 斯科罗夫 175

在金屬間化合物形成时可观察到的体积变化的規律性

В.С. 雅申科 189

利用放射性同位素 C^{14} 对金屬和合金中碳的电迁移的研究

Ю.Ф. 巴比柯娃, П.Л. 格魯津 196

鎢的自扩散和鎢在鋁中的扩散

Е. В. 包利索夫, П. Л. 格魯津,

Л.В. 巴甫里諾夫, Г.Б. 費多罗夫 208

鎢基热强合金中的扩散... П.Л. 格魯津, Г.Б. 費多罗夫 ... 214

含15% 鋁的鎢合金 β 相分解时物理性質的变化

Ю.Ф. 貝奇科夫, А.Н. 罗贊諾夫 219

加合金元素对鎢的縱向弹性模数的影响

Ю. Ф. 貝奇科夫, А. Ф. 克里莫夫,

А. Н. 罗贊諾夫, Л. М. 斯科罗夫 226

75,
732
1:1

純金屬冶金学 及金屬学

第一輯

苏联科学院通訊院士, B. C. 叶麦利揚諾夫
教授, 技术科学博士
技术科学博士 A. И. 叶甫斯丘欣

主編

张 中 譯

张楠、薛峰 校

24601/12

冶金工业出版社

本書是根据苏联高等教育部莫斯科工程物理学院1959年出版的“Металлургия и металловедение чистых металлов”一書譯出的。

本書是有关純金屬冶金学及金屬学的論文集第一輯；書中選輯了21篇文章，全部是該院冶金与金屬学教研室在近5—7年內根据自己的实际工作經驗写成的科研論文。这些文章对如何制取各种高純金屬，如何由这些純金屬制备合金，以及对这些純金屬的性質均作了深入而全面的研究。此外，有两篇文章介紹了两种熔化和浇鑄純金屬及合金用的高真空爐的结构和操作經驗。

本書对广大讀者，包括冶金和机械工厂車間和試驗室的工作人員及各科学研究和設計机构的工作人員，各高等院校有关专业的师生具有很大參考价值。

В.С. Емельянов, А.И. Евстихин
МЕТАЛЛУРГИЯ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ
ВЫПУСК 1
МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (Москва 1959)

純金屬冶金学及金屬学 第一輯 張 中 譯

1960年6月第一版 1960年6月北京第一次印刷 8,515 册

开本350×1168·1/32·字数160,000·印张 $7\frac{14}{32}$ ·定价0.94元

統一書号15062·2167 冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

冶金工业出版社出版 地址：北京市灯市口甲45号

北京市书刊出版业营业許可証出字第093号

目 录

序言	5
电解法制取钽过程的研究	
A.И. 叶甫斯丘欣, B.C. 叶麦利扬诺夫, Г. А. 列昂捷夫	7
带有自压阴极的钽熔盐电解槽结构	
A. И. 叶甫斯丘欣, Г. А. 列昂捷夫	35
制取碘化法铬的完善方法及铬的性质	
B.C. 叶麦利扬诺夫, A.И. 叶甫斯丘欣, Д.Д. 阿巴宁, B.И. 斯达青科	43
利用碘化法制取塑性钨	
B.C. 叶麦利扬诺夫, П.Д. 贝斯特罗夫, A.И. 叶甫斯丘欣	62
利用五氯化钨热离解法制取塑性钨过程的研究	
Г. А. 列昂捷夫	69
以碳化钨为原料的碘化法生产钨的研究	
A.И. 叶甫斯丘欣, И.П. 巴利诺夫, Д.Д. 阿巴宁	77
碘化法精炼过程中钨和碘的再生方法	
A.И. 叶甫斯丘欣, A.A. 巴卡基娜	82
镁热还原 BeF_2 过程的研究	
A.И. 叶甫斯丘欣	90
在实验室条件下难熔金属与合金的电弧熔炼	
A.И. 叶甫斯丘欣, Г.А. 列昂捷夫, B.B. 尼基沙诺夫	105
在真空中熔化和浇铸纯金属和合金用的有石墨加热器的	

МНФИ—9—2 高温炉的构造和使用經驗

А.И. 叶甫斯丘欣, Г.А. 列昂捷夫,

Н.В. 包尔科夫 120

含鋁、鋁的二元和三元鋁合金在室溫及高溫时的力学性質

В.С. 叶麦利揚諾夫, Ю.Г. 高 金,

А.И. 叶甫斯丘欣 126

鋁及某些鋁基合金氧化过程的电子衍射研究和动力学研究

И.И. 柯罗勃科夫, Л.В. 伊格那托夫,

А.И. 叶甫斯丘欣, В.С. 叶麦利揚諾夫 142

在含錫 α 鋁合金中鋁与錫的扩散

Г.Б. 費多罗夫, Ф.И. 若莫夫 160

在含錫的 β 鋁合金中鋁和錫的扩散

Г.Б. 費多罗夫, В.Л. 古利雅金 167

鋁——鋁状态图 Ю. Ф. 貝奇科夫,

А.Н. 罗贊諾夫, Л.М. 斯科罗夫 175

在金屬間化合物形成时可观察到的体积变化的規律性

В.С. 雅申科 189

利用放射性同位素 C^{14} 对金屬和合金中碳的电迁移的研究

Ю.Ф. 巴比柯娃, П.Л. 格魯津 196

鋁的自扩散和鋁在鋁中的扩散

Е. В. 包利索夫, П. Л. 格魯津,

Л.В. 巴甫里諾夫, Г.Б. 費多罗夫 208

鋁基热强合金中的扩散... П.Л. 格魯津, Г.Б. 費多罗夫 ... 214

含15%鋁的鋁合金 β 相分解时物理性質的变化

Ю.Ф. 貝奇科夫, А.Н. 罗贊諾夫 219

加合金元素对鋁的縱向弹性模数的影响

Ю. Ф. 貝奇科夫, А. Ф. 克里莫夫,

А. Н. 罗贊諾夫, Л. М. 斯科罗夫 226

序 言

本文集(第一期)中刊载了冶金与金属学教研组近5—7年内所完成的科研论文。这些论文都是关于如何制取各种高纯金属, 如何由这些纯金属制备合金以及对这些纯金属性质方面的研究。这些文章以前均未发表过, 但其中的大部分曾在1955—1957年的莫斯科工程物理学院的教师科学会议上报告过。本文集中所刊载的文章都是实验研究论文, 因而这些文章也表明了教研组科研工作的方向之一。由文集所刊载的文章不难看出, 这个方向就是要研究制备纯金属的各种方法, 而这些纯金属在目前对一系列新技术部门的发展具有非常重要的意义。在1958年中教研组完成的许多论文也与上述问题有关。这些文章将在本文集的第二辑中发表。

本文集中共包括21篇文章。其中的头两篇是关于用电解熔盐法制取铀的问题。这两篇文章是过去教研组就这个问题所发表的一部分文章的继续(Атомная энергия, №№ 4、5、1956年)。

随后的四篇文章是研究用热离解挥发性化合物的方法制取纯金属的问题; 这种方法是冶金学中最新的, 同时也是最有前途的。使用上述方法工作的结果, 已得到最纯的锆、钎、铈和钼。前三种金属是热离解它们的碘化物得到的, 而钼则是用热离解五氯化钼的方法获得的。利用碘化法制取塑性锆的过程目前已应用于生产规模中。很可能, 热离解的方法对于生产另外的三种极纯金属也是有前途的。

文集中的第七篇文章与上述的有关用碘化法制取锆的文章有着主题上的联系, 这篇文章是研究在碘化精制过程中, 有关锆和碘再生的合理方法问题。

第八篇文章概括地介绍了铀冶金的现状, 并且介绍了教研组对于用镁热法还原氟化铀的研究结果, 这种方法是生产铀的最重要的方法之一。

随后的两篇文章叙述了МИФИ-9-2和МИФИ-9-3两种真空炉的结构和操作经验; 这两种真空炉是教研组实验室为了熔化和浇铸纯金属和合金而制成的。这两种炉子除了在我们的实验室之外, 在苏联的许多科学研究实验室及工厂实验室中都获得了相当广泛的应用。这两种炉子很适于用来进行纯金属的科学研究工作。

从第十一篇开始，以后的七篇文章都是对于碘化法锆基合金性质的分析和研究。这几篇文章在选择核反应堆用的耐腐蚀和耐高温的合金方面具有很大意义。

一篇是研究有关锆及其合金的腐蚀性能的文章，本文在动力学及电子照像研究的基础上，研究并探讨了锆及其合金氧化过程的机理，分析了合金元素对腐蚀稳定性的影响。

关于含铀和铈的二元和三元锆基合金的机械性质的研究一文是教研组就同一题目部分地发表过的几篇文章的续写（Атомная энергия, №1, 1957年；№2, 1958年）。

关于锆—铈系状态图的研究一文过去已经发表过（Атомная энергия №2, 1957年，№2, 1958年），但此处有更为详细的叙述。关于锆及锆锡合金扩散特性的研究几篇文章是1957年在苏联科学院召开的有关同位素利用问题的全苏会议上教研组所提出的一篇同一题目的论文的续写（Труды Всесоюзной конференции по применению изотопов при АН СССР, 1957г.）。

文集中还有四篇文章与其它文章略有不同，但都是有关现代金属学中亟待解决的问题。其中的一篇是有关金属合金化学的问题，文章对已发表的有关在金属系统中形成化学化合物时所观察到的一些变化的资料作了概括的叙述。

其它三篇文章是有关利用放射性同位素研究铁、钴和镍基合金扩散特性的问题。

综上所述，本文集对苏联的广大读者，其中包括科学研究工作者和工程师、大学生和研究生、车间和工厂实验室的工作人员以及各科学研究所和设计机关的工作人员来说具有极大的意义。

編 者

电解法制取钍过程的研究

A. H. 叶甫斯丘欣, B. C. 叶麦利扬诺夫, Г. A. 列昂捷夫

前 言

熔盐电解是制取高纯金属钍的方法之一。这种方法使有可能进行钍的补充“精细”提纯,以便从钍中除去它在天然状态下所伴生的、用其它方法很难分离的稀土元素。在电解时,这些稀土元素的分离主要是靠钍和镧族金属间的分解电位差。采用 ThF_4 作为电解钍的原始盐(这是由于制备 ThF_4 比较简单,同时它又具有较小的吸水性)。如在其他类似的情况下一样,采用等分子的氯化钠和氯化钾的混合物作为降低电解液熔点的熔剂盐。在电解钍的初期,电解液是 NaCl-KCl-ThF_4 三种氟氯化物系统。在长时间的连续电解过程中,由于在电解液中 NaF 和 KF 的不断积存,而使系统变得比较复杂,同时电解过程的机理也有很大的改变。1955年在苏联曾发表过有关钍制取方法的简短的文章[1]。

在1956年曾部分地发表过多元的钍的电解液的状态图[2]、[3]。虽然电解钍方法应用于工业中已经有比较长的时期,但是到目前为止,对于电解钍过程的机理还很少研究,在文献中也未曾遇到过。

本文对由 NaCl-KCl-ThF_4 系电解钍过程的研究结果作一些介绍,并对该过程的机理提出一个概念。

文 献 綜 述

用电解熔盐的方法以工业规模进行生产的共有四种重要的金属:铝、镁、钙和钠。电解过程是在比所制取金属熔点稍高的熔融电解液的温度下进行的,因而这些金属是在液态阴极上析出,并在熔融状态下从电解槽中被提取出来的。

在金屬熔点高于熔融电解液温度的情况下（如遇到某些难熔稀有金屬所发生的情况一样），則金屬在阴极上呈固态晶体沉淀出来。在从电解槽中提取出来的金屬的树枝状晶体上，复盖有一层凝固的电解液。

把阴极沉淀磨碎，并将粘附在金屬晶体上的盐分开（一般用水）以后，就可以得到粉末，可以直接用它来进行粉末冶金。

根据文献資料，用这种方法曾获得了二十多种金屬的粉末：即鈦〔4〕—〔6〕，鈾〔7〕—〔10〕，鋇〔11〕—〔14〕，鈮〔15〕〔16〕，鈦〔17〕〔18〕，锆〔19〕—〔21〕，鉻〔22〕—〔24〕，鎢〔25〕—〔28〕，鉬〔29〕〔30〕，鈹〔31〕—〔37〕，銀〔38〕，銅〔39〕，鉑〔39〕，鋁〔40〕—〔44〕，鈷〔45〕，鎳〔46〕〔47〕，鉄〔48〕—〔50〕，錳〔39〕〔51〕，鈹〔52〕及其他一些金屬。其中某几种金屬如鈦、鈾、鋇和鈹，已經用这种方法进行工业規模的生产了。

固态阴极的熔盐电解較之液态阴极的电解有許多优点。在固态阴极熔盐电解时，电解液的温度比液态阴极电解时要低得多。这样就可以节约电能。在固态阴极上，金屬是在比本身熔点低得多的温度下析出的，因此，析出的金屬由于与杂质熔合而受到沾污的这种可能性，比在液态阴极电解情况下要小。

固态阴极的电解是在比液态阴极电解高得多的电流密度下进行的（这是由于在固态阴极上沉淀的晶体很发达的表面的原故）。这样就有可能采用較高的电流密度来强化电解过程。

用电解熔盐法所制取的金屬粉末具有較高的純度，并且不需要預先进行粒化和磨碎就适用于粉末冶金。这些粉末一般是粗粒的。它較之用其它方法（由水溶液中沉淀的方法，氢化法等）所获得的細粒淤散的金屬粉末具有較高的耐腐蝕性，且不易氧化。

所有上述列举的使用低温电解槽及制取固态金屬的各种优点，都由于沉淀在阴极上的金屬晶体与电解液盐类的混合而大大降低了。在处理这些阴极沉淀时，把这些电解液盐类与金屬晶体分开是有些困难的。虽然用在浓集台上富集阴极沉淀的方法順利地克

服了这些困难，但这种方法仍未能得到广泛的推行。

尽管这种方法的存在差不多已有25年的时间，但这种方法只用于较大量制取铈、钍、钽和铀的生产中。与此同时，液态阴极的电解法对于生产铝、镁、钠和其他碱金属及碱土金属却有着非常重要的工业意义。

这两种方法在其重要性和应用范围方面之所以存在差别，是由于在液态阴极电解时，不需要把固态粉末与电解液盐类分开。在用液态阴极电解熔盐时，金属产率是95—98%，但是在用固态阴极电解时，金属的直接产率仅达此值的一半左右。

以几种金属（特别是钍）为实例，经过长期试验工作的结果，作者们曾查明了，在用固态阴极电解时，金属的产率直接与阴极上金属的结晶形状有关。

如果在阴极上沉淀出来的是细粒弥散的金屬，因为细小的粉末在电解槽中和用水冲洗时，易被阳极气体（氢和氧）较剧烈的氧化，则金属的产率将很低。

如果金属在阴极上呈粗大晶体沉淀出来，则金属粉末被阳极气体氧化的便较少，电解液也较易用水冲洗，因而金属的产率也就高得多。

对于用固态阴极电解熔盐过程的机理以及获得金属粗大晶体的条件研究得还十分不够。

特别是一个非常重要的问题尚未得到阐明：即为什么在固态阴极电解熔盐时，阴极上的金属不是像电解水溶液时一样呈密致状态沉淀出来，而是作为彼此之间不结合的树枝状晶体沉淀出来（在把电解液盐类冲洗掉之后，这种晶体就形成粉末金属）。

初看起来，似乎电解槽的高温应该促进晶体的结合及阴极上密致沉淀的形成。但是很多研究者〔53〕—〔55〕，其中也包括文献〔56〕—〔57〕的作者在内，试图在固体阴极电解熔盐时把金属密致沉淀分离出来，然而都没获得成功。

这时，在所有试验条件下，阴极上沉淀出来的都是不结合的

树枝状晶体，其粒度取决于电解条件及电解液的成分。

研究制取钽粗晶粒粉末的电解条件，这是本工作的任务之一。

試驗部分

研究方法

由 NaCl-KCl-ThF_4 氟氯化物系統电解钽的試驗是用有自压阴极的设备进行的，这种设备在本文集第35頁上将加以介紹。起初是把阴极浸入电解液中，使其达到固定的深度，其后則將阴极換成上升阴极，这样就有可能在一次試驗中获得更多的金属。

随着沉淀的增长，阴极逐渐地从电解槽中抽出来。由电解液中提取出来的金属钽的晶体上复盖有一层凝固了的电解液，这层电解液能防止晶体氧化。在进行試驗时，曾集中研究了在电解过程中电解液成分的变化，基本工艺条件对电流效率和金属产率以及制取金属质量的影响。

为了比較所得的結果，曾采用了以下的方法进行电解及处理阴极沉淀。就每个試驗都作了物料平衡。为此，在試驗前后，对所有放入电解槽内的材料及所得的产品都进行了称重和分析。用同样的方法也曾将坩埚称重，以便确定在每次試驗之后渗入坩埚内的电解液的数量。

根据放入材料与所得产品的重量差，可以确定阳极气体的重量及其大致成分。

为了确定阴极沉淀中活性金属的数量，将其中很少的一部分干燥、磨碎并进行分析。将阴极沉淀的其余部分用水浸湿，并在潮湿状态下磨碎。与此同时要冲洗掉粉末上的电解液盐，并按粗粒、中粒和細粒將粉末分級。用水、酒精和乙醚洗滌，并干燥过的金属粉末，要經過篩分分析，并检查活性金属的含量。三种粒級的金属粉末的活性，根据將一定試量的金属粉末溶于盐酸时，所析出的氢气的量来确定。为此要利用图1簡略表示的仪器。