

纯金属冶金学及 金属学

B.C. 叶麦利扬諾夫
A.И. 叶甫斯丘欣
张 中 譯

主編



第一輯

冶金工业出版社

純金屬冶金学 及金屬学

第一輯

苏联科学院通訊院士，
教授，技术科学博士

В. С. 叶麦利揚諾夫

主編

技术科学博士

А. И. 叶甫斯丘欣

张 中 譯

张楠、薛峰 校



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参考价值。

В.С. Емельянов, А.И. Евстюхин

МЕТАЛЛУРГИЯ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

ВЫПУСК I

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850×1168·1/32·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組近 5—7 年内所完成的科研論文。这些論文都是关于如何制取各种高純金属，如何由这些純金属制备合金以及对这些純金属性質方面的研究。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論文，因而这些文章也表明了教研組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純金属的各种方法，而这些純金属在目前对一系列新技术部門的发展具有非常重要的意义。在 1958 年中教研組完成的許多論文也与上述問題有关。这些文章将在本文集的第二輯中发表。

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鈾的問題。这两篇文章是过去教研組就這個問題所发表的一部分文章的繼續（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純金属的問題；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結果，已得到最純的銻、鉛、鎢和鉍。前三种金属是热离解它們的碘化物得到的，而鉍则是用热离解五氯化鉍的方法获得的。利用碘化法制取鎢性銻的过程目前已应用于生产規模中。很可能，热离解的方法对于生产另外的三种極純金属也是有前途的。

文集中的第七篇文章与上述的有关用碘化法制取銻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，有关銻和碘再生的合理方法問題。

第八篇文章概括地介绍了铀冶金的現狀，并且介绍了教研組对于用镁热法还原氟化铀的研究結果，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 МИФЭ-9-2 和 МИФЭ-9-3 两种真空爐的结构和操作經驗；这两种真空爐是教研組實驗室为了熔化和浇鑄純金属和合金而制成的。这两种爐子除了在我们的實驗室之外，在苏联的許多科学研究實驗室及工厂實驗室中都获得了相当广泛的应用。这两种爐子很适于用来进行純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豫研究的基础上，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。

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

关于锆—铌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 ессюзной 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评述。

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征问题。

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人、大学生和研究生、车间和工厂实验室的工作者以及各科学研究所和机关的工作人员来说具有极大的意义。

編 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. 叶麦利揚諾夫, 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
制取碘化法锆的完善方法及锆的性质	
B. C. 叶麦利揚諾夫, 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锆	
B. C. 叶麦利揚諾夫, П. Д. 貝斯特罗夫, A. И. 叶甫斯丘欣.....	62
利用五氯化钼热离解法制取塑性钼过程的研究	
Г. А. 列昂捷夫.....	69
以碳化锆为原料的碘化法生产锆的研究	
A. И. 叶甫斯丘欣; И. П. 巴利諾夫, Д. Д. 阿巴宁.....	77
碘化法精炼过程中锆和碘的再生方法	
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. 尼基沙諾夫.....	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	

МИФИ-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時的力學性質

В.С. 叶麥利揚諾夫, Ю.Г. 高 金,
А.И. 叶甫斯丘欣 126

鋁及某些鋁基合金氧化過程的電子衍射研究和動力學研究

И.И. 柯羅勃科夫, Д.В. 伊格那托夫,
А.И. 叶甫斯丘欣, В.С. 叶麥利揚諾夫 142

在含錫 α 鋁合金中鋁與錫的擴散

Г.Б. 費多羅夫, Ф.И. 若莫夫 160

在含錫的 β 鋁合金中鋁和錫的擴散

Г.Б. 費多羅夫, В.Д. 古利雅金 167

鋁——鋁狀態圖.....Ю.Ф. 貝奇科夫,

А.Н. 羅贊諾夫, Д.М. 斯科羅夫 175

在金屬間化合物形成時可觀察到的體積變化的規律性

В.С. 雅申科 189

利用放射性同位素 C^{14} 對金屬和合金中碳的電遷移的研究

Ю.Ф. 巴比柯娃, П.Л. 格魯津 196

鋁的自擴散和鋁在鋁中的擴散

Е.В. 包利索夫, П.Л. 格魯津,
Л.В. 巴甫里諾夫, Г.Б. 費多羅夫 208

鋁基熱強合金中的擴散..... П.Л. 格魯津, Г.Б. 費多羅夫 ... 214

含15%鋁的鋁合金 β 相分解時物理性質的變化

Ю.Ф. 貝奇科夫, А.Н. 羅贊諾夫 219

加合金元素對鋁的縱向彈性模數的影響

Ю.Ф. 貝奇科夫, А.Ф. 克里莫夫,
А.Н. 羅贊諾夫, Д.М. 斯科羅夫 226

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 主編
教授, 技术科学博士
技术科学博士 A. И. 叶甫斯丘欣

张 中 譯

张楠、薛峰 校

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；書中选輯了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. Евстюхин

МЕТАЛЛУРГИЯ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ЧИСТЫХ МЕТАЛЛОВ
ВЫПУСК I

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850×1168·1/32·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. 叶麦利揚諾夫, 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
制取碘化法锆的完善方法及锆的性质	
B. C. 叶麦利揚諾夫, A. И. 叶甫斯丘欣, Д. Д. 阿巴宁, В. И. 斯达青科	43
利用碘化法制取塑性锆	
B. C. 叶麦利揚諾夫, П. Д. 貝斯特罗夫, A. И. 叶甫斯丘欣	62
利用五氯化钼热离解法制取塑性钼过程的研究	
Г. А. 列昂捷夫	69
以碳化锆为原料的碘化法生产锆的研究	
A. И. 叶甫斯丘欣, И. П. 巴利諾夫, Д. Д. 阿巴宁	77
碘化法精炼过程中锆和碘的再生方法	
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. 尼基沙諾夫	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	

МИФИ-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

金、鉍的二元和三元鎳合金在室温及高温时的力学性質

В.С. 叶麦利揚諾夫, Ю.Г. 高 金,

А.И. 叶甫斯丘欣 126

鎳及某些鎳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, Д.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 鎳合金中鎳与錫的扩散

Г.Б. 費多罗夫, Ф.И. 若莫夫 160

在含錫的 β 鎳合金中鎳和錫的扩散

Г.Б. 費多罗夫, В.Д. 古利雅金 167

鎳——鉍状态图 Ю.Ф. 貝奇科夫,

А.Н. 罗贊諾夫, Д.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

鎳的自扩散和鎳在鉍中的扩散

Е.В. 包利索夫, Н.Л. 格魯津,

Л.В. 巴甫里諾夫, Г.Б. 費多罗夫 208

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

含15%鉍的鎳合金 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

加合金元素对鎳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, Д.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組近5—7年内所完成的科研論文。这些論文都是关于如何制取各种高純金属，如何由这些純金属制备合金以及对这些純金属性質方面的研究。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論文，因而这些文章也表明了教研組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純金属的各种方法，而这些純金属在目前对一系列新技术部門的发展具有非常重要的意义。在1953年中教研組完成的許多論文也与上述問題有关。这些文章将在本文集的第二輯中发表。

本文集中共包括24篇文章。其中的头两篇是关于用电解熔盐法制取鈾的問題。这两篇文章是过去教研組就這個問題所发表的一部分文章的繼續（Атомная энергия, №№ 4、5、1956年）。

随后的四篇文章是研究用热离解揮发性化合物的方法制取純金属的問題；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，已得到最純的銻、鉛、鎢和鉬。前三种金属是热离解它們的碘化物得到的，而鉬则是用热离解五氯化鉬的方法获得的。利用碘化法制取塑性銻的过程目前已应用于生产規模中。很可能，热离解的方法对于生产另外的三种极純金属也是有前途的。

文集集中的第七篇文章与上述的有关用碘化法制取銻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，有关銻和碘再生的合理方法問題。

第八篇文章概括地介紹了鈹冶金的現狀，并且介紹了教研組对于用鎂热法还原氟化鈹的研究結果，这种方法是生产鈹的最重要的方法之一。

随后的两篇文章叙述了МФФИ-9—2和МИФИ-9—3两种真空爐的结构和操作經驗；这两种真空爐是教研組實驗室为了熔化和浇鑄純金属和合金而制成的。这两种爐子除了在我们的實驗室之外，在苏联的許多科学研究實驗室及工厂實驗室中都获得了相当广泛的应用。这两种爐子很适于用来进行純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鉛基合金性質的分析和研究。这几篇文章在选择核反应堆用的耐腐蝕和耐高溫的合金方面具有很大意义。

一篇是研究有关鉛及其合金的腐蝕性能的文章，本文在动力学及电子照像研究的基础上，研究并探討了鉛及其合金氧化过程的机理，分析了合金元素对腐蝕稳定性的影响。

关于含鉍和銻的二元和三元鉛基合金的机械性質的研究一文是教研組就同一題目部分地发表过的几篇文章的續写 (Атомная энергия, №1, 1957年; №2, 1958年)。

关于鉛-銻系状态图的研究一文过去已經发表过 (Атомная энергия №2, 1957年, №2, 1958年)，但此处有更为詳細的叙述。关于鉛及鉛錫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問題的全苏會議上教研組所提出的一篇同一題目的論文的續写 (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，但都是有关現代金属学中急待解決的問題。其中的一篇是有关金属合金化学的問題，文章对已发表的有关在金属系統中形成化学化合物时所观察到的一些变化的資料作了概括的評述。

其它三篇文章是有关利用放射性同位素研究鉄、鈷和鎳基合金扩散特性的問題。

綜上所述，本文集对苏联的广大讀者，其中包括科学研究工作者和工程师、大学生和研究生、車間和工厂实验室的工作者以及各科学研究所和設計机关的工作人員來說具有极大的意义。

編 者

电解法制取钍过程的研究

A. И. 叶甫斯丘欣, B. C. 吐麦利揚諾夫, Г. А. 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究研,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：即鈇〔4〕—〔6〕，鈾〔7〕—〔10〕，鉍〔11〕—〔14〕，銻〔15〕〔16〕，鈦〔17〕〔18〕，鋯〔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〕，鉍〔52〕及其他一些金屬。其中某几种金屬如鈇、鈾、鉍和鈹，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，电解液的溫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溫度下析出的，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）所获得的細粒弥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、铀和钼的生产中。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属，因为细小的粉末在电解槽中和用水冲洗时，易被阳极气体（氯和氧）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

樹枝狀晶体，其粒度取決于電解條件及電解液的成分。

研究制取鈦粗晶粒粉末的電解條件，這是本工作的任務之

試驗部分

研究方法

由 NaCl-KCl-ThF_4 氯化物系統電解鈦的試驗是用有自壓陰極的設備進行的，這種設備在本文集第35頁上將加以介紹。起初是把陰極浸入電解液中，使其達到固定的深度，其后則將陰極換成上升陰極，這樣就有可能在一次試驗中獲得更多的金屬。

隨着沉淀的增長，陰極逐漸地從電解槽中抽出來。由電解液中提取出來的金屬鈦的晶体上復蓋有一層凝固了的電解液，這層電解液能防止晶体氧化。在進行試驗時，曾集中研究了在電解過程中電解液成分的变化，基本工藝條件對電流效率和金屬產率以及制取金屬質量的影响。

為了比較所得的結果，曾採用了以下的方法進行電解及處理陰極沉淀。就每個試驗都作了物料平衡。為此，在試驗前后，對所有放入電解槽內的材料及所得的產品都進行了稱重和分析。用同樣的方法也曾將坩堝稱重，以便確定在每次試驗之后滲入坩堝內的電解液的数量。

根據放入材料與所得產品的重量差，可以確定陽極氣體的重量及其大致成分。

為了確定陰極沉淀中活性金屬的数量，將其中很少的一部分干燥、磨碎並進行分析。將陰極沉淀的其余部分用水浸濕，並在潮濕狀態下磨碎。與此同時要沖洗掉粉末上的電解液鹽，并按粗粒、中粒和細粒將粉末分級。用水、酒精和乙醚洗滌，并干燥过的金屬粉末，要經過篩分分析，并檢查活性金屬的含量。三種粒級的金屬粉末的活性，根據將一定試量的金屬粉末溶于鹽酸時，所析出的氫氣的量來確定。為此要利用圖1簡略表示的儀器。