

A.F. 塔加尔特 主編

选矿手册

第三卷 第二分册

冶金工业出版社

選 礦 手 冊

第三卷 第二分冊

(第十二篇 浮 選)

A.F. 塔加尔特 主編

李 成 村 等譯



А.Ф. ТАТГАРТА: СПРАВОЧНИК ПО ОБОГАЩЕНИЮ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОВАЕМЫХ (ТОМ III) МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва-1952)

选矿手册 第三卷第二分册 李成村 等译

編輯: 徐敏时 設計: 赵香荅、魯芝芳 責任校对: 任珺

1957年10月第一版 1957年10月北京第一次印刷 1,647册

850×1168 • 1/32 • 286,000字 • 印張 $8\frac{20}{32}$ • 定价 (10) 1.50 元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

統一書号: 15062·674

冶金工業出版社出版 (地址: 北京灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093号

选矿手册第三卷系苏联冶金出版社組織波立金等根据塔加尔特 (A. F. Taggart) 主編的英文选矿手册的「选矿过程与脱水」部分編訂出版的。俄譯本的譯者为: К. И. 維利戈 (Вериго)、Е. И. 叶利金科 (Елитенко)、Г. О. 叶尔奇科夫斯基、Н. П. 茹科夫斯基 (Жуковский)、И. Н. 庫林科夫、(Куренков)、И. Э. 馬尔戈林 (Марголин)、С. И. 米特罗范諾夫、В. В. 涅夫斯基 (Невский)、А. Я. 索奇涅夫 (Сочнев)、В. И. 特魯什列維奇 (Трушлевич)。主要編者为: Е. И. 叶利金科、С. И. 米特罗范諾夫、И. И. 普拉克辛、С. И. 波立金、С. М. 雅修克維奇。学术編輯为苏联科学院通訊院士 Н. И. 普拉克辛和博士 С. М. 雅修克維奇教授。主編为 С. И. 波立金。

中譯本系根据苏联冶金出版社 1952 年出版的「选矿手册」第三卷譯出的。

本手册第三卷包括由第十篇到第十七篇。其中叙述了下列作業的过程及所采用的設備: 矿石的碎解、洗矿、重力选矿、風选、浮选和其他选矿作業。此外还闡述了脱水和干燥过程及其設備。

本手册的主要讀者对象为: 从事选矿工作的工程技术人员, 此外对于在各工業部門、科学研究院及設計部門、高等及中等工業学校中从事地質、采矿、矿物、冶金、建筑、机械、化学等工作的人员亦可作为参考。

本手册第三卷拟为三分冊出版。第一分冊由第十篇到第十一篇; 第二分冊为第十二篇; 第三分冊由第十三篇到第十七篇。

本手册第三卷第二分冊譯者为东北工学院选矿教研室王逢尹、李成村、李德春、陈丙辰、唐典。

目 录

第十二篇 浮 选

第 一 章 緒論	6
第 二 章 浮选發展史	8

浮 选 原 理

第 三 章 捕收剂的作用原理	11
----------------	----

捕 收 剂

第 四 章 陰离子捕收剂	19
黃原酸鹽	20
二硫代磷酸鹽	24
有机硫化物	28
羧基捕收剂	29
氧硫基捕收剂	32
第 五 章 陽离子捕收剂	33
第 六 章 油类捕收剂	39

矿漿的准备 (調节)

第 七 章 活化作用	44
第 八 章 抑制作用	51
第 九 章 保护作用	53
第 十 章 改变矿漿中浮选条件的藥剂 (調节剂)	53

浮 昇 作 用

第 十 一 章 气泡的粘附	77
第 十 二 章 起泡作用	83
起泡的理論	84
第 十 三 章 起泡剂	87
第 十 三 章 A 浮选理論的現狀	96

浮选机和浮选过程

第 十 四 章 多油浮选	114
第 十 五 章 加油粒化	115

465962

第十六章	具有選擇油化的磁力選別法	116
第十七章	表面塗油選別法	116
第十八章	薄膜浮選	117
第十九章	泡沫浮選的機構	120
第二十章	多孔底式浮選機	125
第二十一章	氣昇式浮選機	130
	原始氣昇式浮選機的改造	134
第二十二章	高落式浮選機	137
第二十三章	壓氣—機械攪拌式浮選機	141
	氣泵沒入礦漿中的浮選機	142
	空氣吹入（自吹風機）型浮選機	153
	在礦漿中發生氣體的浮選機	161
第二十四章	煮沸法	162
第二十五章	化學析出氣體法	162

改變壓力的方法

第二十六章	真空法	164
第二十七章	攪拌泡沫式浮選機	165
第二十八章	聯合作用式浮選機	169
第二十九章	浮選機的設計	171
第三十章	台浮法（浮游重選法）	179
第三十章A	蘇聯在浮游重選方面的研究	182

浮選機的操作

第三十一章	礦石	187
第三十二章	選礦廠的用水	189
第三十三章	藥劑	191
第三十四章	給藥	195
第三十五章	給礦的粒度組成	202
第三十六章	時間因素	211
第三十七章	礦漿的濃度	213
第三十八章	溫度	215
第三十九章	設備	216
第四十章	浮選的固定條件	217

第四十一章	精選作業	218
第四十二章	絮凝（凝聚）	219
第四十三章	浮選過程的看管	220
第四十四章	浮選費用	220

浮 選 流 程 圖

第四十五章	浮選流程圖的型式	222
第四十六章	單一硫化礦物的浮選	231
第四十七章	優先浮選	237
第四十八章	混合浮選與直接優先浮選的比較	245
	非硫化礦物的浮選	246
	重金屬的氧化礦物	246
第四十九章	自然金屬礦物	247
第五十章	氧化礦物	250
第五十一章	重金屬氧化物鹽類礦物	254
第五十二章	鹼金屬和鹼土金屬的非矽酸鹽礦物	257
	可溶性鹽類	261
第五十三章	矽酸鹽礦物	263
第五十四章	憎性礦物	269
第五十四章 A	關於煤炭浮選研究工作的現狀	272

選 礦 手 冊

第三卷 第二分冊

(第十二篇 浮 選)

A.F. 塔加尔特 主編

李 成 村 等譯



选矿手册第三卷系苏联冶金出版社組織波立金等根据塔加尔特 (A. F. Taggart) 主編的英文选矿手册的「选矿过程与脱水」部分編訂出版的。俄譯本的譯者为: К. И. 維利戈 (Вериго)、Е. И. 叶利金科 (Елитенко)、Г. О. 叶尔奇科夫斯基、Н. П. 茹科夫斯基 (Жуковский)、И. Н. 庫林科夫、(Куренков)、И. Э. 馬尔戈林 (Марголин)、С. И. 米特罗范諾夫、В. В. 涅夫斯基 (Невский)、А. Я. 索奇涅夫 (Сочнев)、В. И. 特魯什列維奇 (Трушлевич)。主要編者为: Е. И. 叶利金科、С. И. 米特罗范諾夫、И. И. 普拉克辛、С. И. 波立金、С. М. 雅修克維奇。学术編輯为苏联科学院通訊院士 И. И. 普拉克辛和博士 С. М. 雅修克維奇教授。主編为 С. И. 波立金。

中譯本系根据苏联冶金出版社 1952 年出版的「选矿手册」第三卷譯出的。

本手册第三卷包括由第十篇到第十七篇。其中叙述了下列作業的过程及所采用的設備: 矿石的碎解、洗矿、重力选矿、風选、浮选和其他选矿作業。此外还闡述了脫水和干燥过程及其設備。

本手册的主要讀者对象为: 从事选矿工作的工程技术人员, 此外对于在各工業部門、科学研究院及設計部門、高等及中等工業学校中从事地質、采矿、矿物、冶金、建筑、机械、化学等工作的人员亦可作为参考。

本手册第三卷拟为三分冊出版。第一分冊由第十篇到第十一篇; 第二分冊为第十二篇; 第三分冊由第十三篇到第十七篇。

本手册第三卷第二分冊譯者为东北工学院选矿教研室王逢尹、李成村、李德春、陈丙辰、唐典。

目 录

第十二篇 浮 选

第 一 章 緒論	6
第 二 章 浮选發展史	8

浮 选 原 理

第 三 章 捕收剂的作用原理	11
----------------	----

捕 收 剂

第 四 章 陰离子捕收剂	19
黃原酸鹽	20
二硫代磷酸鹽	24
有机硫化物	28
羧基捕收剂	29
氧硫基捕收剂	32
第 五 章 陽离子捕收剂	33
第 六 章 油类捕收剂	39

矿漿的准备 (調节)

第 七 章 活化作用	44
第 八 章 抑制作用	51
第 九 章 保护作用	53
第 十 章 改变矿漿中浮选条件的藥剂 (調节剂)	53

浮 昇 作 用

第 十 一 章 气泡的粘附	77
第 十 二 章 起泡作用	83
起泡的理論	84
第 十 三 章 起泡剂	87
第 十 三 章 A 浮选理論的現狀	96

浮选机和浮选过程

第 十 四 章 多油浮选	114
第 十 五 章 加油粒化	115

1465962

第十六章	具有选择油化的磁力选别法	116
第十七章	表面塗油选别法	116
第十八章	薄膜浮选	117
第十九章	泡沫浮选的机构	120
第二十章	多孔底式浮选机	125
第二十一章	气昇式浮选机	130
	原始气昇式浮选机的改造	134
第二十二章	高落式浮选机	137
第二十三章	压气—机械搅拌式浮选机	141
	气泵没入矿浆中的浮选机	142
	空气吹入(自吹风机)型浮选机	153
	在矿浆中发生气体的浮选机	161
第二十四章	煮沸法	162
第二十五章	化学析出气体法	162

改变压力的方法

第二十六章	真空法	164
第二十七章	搅拌泡沫式浮选机	165
第二十八章	联合作用式浮选机	169
第二十九章	浮选机的设计	171
第三十章	台浮法(浮游重选法)	179
第三十章A	苏联在浮游重选方面的研究	182

浮选机的操作

第三十一章	矿石	187
第三十二章	选矿厂的用水	189
第三十三章	药剂	191
第三十四章	给药	195
第三十五章	给矿的粒度组成	202
第三十六章	时间因素	211
第三十七章	矿浆的浓度	213
第三十八章	温度	215
第三十九章	设备	216
第四十章	浮选的固定条件	217

第四十一章	精选作業	218
第四十二章	絮凝（凝聚）	219
第四十三章	浮选过程的看管	220
第四十四章	浮选費用	220

浮 选 流 程 圖

第四十五章	浮选流程圖的型式	222
第四十六章	單一硫化矿物的浮选	231
第四十七章	优先浮选	237
第四十八章	混合浮选与直接优先浮选的比較	245
	非硫化矿物的浮选	246
	重金屬的氧化矿物	246
第四十九章	自然金屬矿物	247
第五十章	氧化矿物	250
第五十一章	重金屬氧化物鹽类矿物	254
第五十二章	鹼金屬和鹼土金屬的非矽酸鹽矿物	257
	可溶性鹽类	261
第五十三章	矽酸鹽矿物	263
第五十四章	惰性矿物	269
第五十四章 A	關於煤炭浮选研究工作的現狀	272

第十二篇 浮 选

第一章 緒 論

根据矿物表面物理化学性质的不同，对磨碎的固体矿物粒子进行湿式选别的方法称为浮选。浮选时，从矿石中採收出来的矿物的比重减少了，这是由于这些粒子多多少少牢固地粘附于气泡上，並和气泡一起在水中浮起；同时，其他一些矿物将沉下。重量的这样减少有时虽不足以使这些粒子漂浮到水面，但能使矿物粒子和气泡一起在重力选矿机械如：淘汰盤或水力分級机中，沿一定的軌跡运动（即是用於浮游重选法。編者）。

矿物粒子与气泡以泡沫状态分离出来的泡沫浮选过程是最普遍的浮选法。若当矿物粒子同空气泡粘附时，其重量的减少尚不足以使这些粒子上昇到泡沫中，則作为选别基础的这种粘附过程或称为粒浮，或称为台浮，或最后称为浮游重选（以后我們採用最后这个名称）。

泡沫浮选过程中的阶段 通常的泡沫浮选是由下列几个阶段組成的：

1) 矿石在水中磨碎，且所得到的粒子不大於 35—48 網目；2) 矿漿稀釋到含固体粒子量为 15—35%；3) 往矿漿中加入一种或几种少量的无机藥剂，这些藥剂可使浮选条件往不同的方向改变（參閱本篇第七、第八和第九章）；4) 加入捕收剂（本篇第三章），其作用是使欲浮选的矿物复上一层疏水薄膜；5) 加入起泡剂（本篇第十三章），它增加向矿漿表面漂浮的气泡的稳定性；6) 用强烈的攪拌方法，或經過多孔底或經過鉄管（本篇第十一章）的吹气法进行矿漿的充气，由此使被薄膜复盖着的矿物粒子多多少少牢固地粘附于气泡上；7) 矿化泡沫与含有未复有捕收剂膜的脈石的矿漿相分离。

这些阶段常常是依照上述顺序进行的，但是，影响浮选条件的藥剂有时就連捕收剂也可以加在磨矿机中；矿漿一般在分級机中加以稀釋；起泡剂可加在充气后的浮选机中，或加在分級机中，甚至可加在磨矿机中。

应用 利用浮选可以分离这样的两种矿物，即它們的區別在於，其中的

一种矿物含有大量的一定金属或酸的阴离子，而另一种矿物则不含有。利用这种差别可以作为所有分离相似矿物的方法的基础，这些方法现今已被采用，并且仍在研究中①。

现在可以将任何一种硫化矿物与脉石矿物分离；用优先浮选法可以成功地分离硫化矿物；重金属的氧化矿物，以及非金属矿物与非硫酸盐矿物彼此之间，和与硫酸盐矿物之间都可以使之分离；煤、石墨和硫黄几乎能完全与脉石分离；石英和某些硫酸盐矿物在有金属的氧化物和碱土金属盐类存在时也能浮选；可溶于水的氯化物能与粘土分离，且氯化物彼此之间也能互相分离。

选别有用矿物时，浮选系作为一种分离方法而被利用，但在工艺上并不那样经常利用；通常可从金属加工的微细废物中收回贵金属，有时根据对商业产品技术条件的要求进行精选②。

采用的磨矿度 浮选时所采用的矿物粒子的粒度，从3.0或4.5毫米到胶体粒子的大小（ 10^{-4} 毫米）。泡沫浮选时粗于65网目的粒子可能从浮起的气泡上脱落③。恰巧和最细级的粒子一样，在废石（「尾矿」）中的损失也将迅速地增加。浮选时粒度在10网目以下的煤粒子和比重小的其他矿物，以及如石墨、云母和滑石这种鳞片状矿物都易于进入泡沫中。台浮时，被处理的粒子粒度较上述粒度的上限要大些，但是这种方法对较细级的粒子是不合适的④。

① 在这种情况下，塔加尔特是根据对浮选简单理解的「化学」概念出发的，他完全没有注意到被分离物质表面性质的作用。从他的定义观点出发，黄铁矿和磁黄铁矿以及很多的其他同类矿物的浮选分离是不能理解的，这些矿物性质的不同不是决定于其阴离子或阳离子的组织，而是决定于对矿物表面性质和对药剂互相作用的动力学都有影响的结晶构造。——编者

② 在苏联的文献中发表了很多关于不同工艺领域内浮选的新式应用范例（关于这个问题参阅：B.A. 格林博茨基和 A.B. 特罗伊茨基在「矿业杂志」1947年 №. 3 上的论文；H.H. 普拉克辛和 Л.М. 尤赫塔诺夫，湿法冶金学，苏联冶金出版社，1949年版及其他）。——编者

③ 能浮选的粒子最大尺寸决定于其形状。例如，板状的金粒子，当其大小为35网目甚至再粗一些时，也能浮选。但当其为球状时，若其粒度粗于65网目，则将为非泡沫产物（关于这个问题，参阅 H.H. 普拉克辛「合金和自然金对汞和氰化物溶液的相互作用」，苏联冶金出版社，1943年）——编者

④ 浮游重选法所采用的粒度范围要比著者此处所写的为大。这个问题特别是与苏联科学家们所研究的浮游重选与吹气相结合的方法有关（参阅第三十章 A）。——编者

第二章 浮选發展史

很早已經知道，若將某些矿物放在水-油的相間表面上，則一定的油类將自矿物表面把水排开。这种現象在很早以前已被發現。在我們的时代首先提到一定的固体能選擇地保持在油和水的相間表面上，这已是1860年的事了。相反的現象，即是在含水矿漿中加少量的油摩擦这些粒子，則某些粒子得到油化。1877年它被用於石墨的泡沫浮选，並且利用了各种油类和多种的其他有机物作为浮选藥剂。用煮沸矿漿或化学反应的方法以获得浮选时所必需的气泡。

1886年磺化脂肪油和無机酸的使用，以及利用强烈攪拌以在矿漿中生成气泡；这是現代浮选实践發展中的后一阶段，此时重金屬的硫化矿物和氧化矿物都可以上昇到泡沫中。

以后，在1904—1906年，記載有用电解法或真空法以生成浮选时所需的气泡；1905年利用浸在含油矿漿中的鉄管的小孔吹入空气；1906年提出使矿漿受非常强烈攪拌的方法（此时使用極少量的脂肪油）；1915年發現有机衍生硫氢化物作为重金屬矿物的捕收剂，但这个發現在犹塔-卡彼尔公司的档案庫中埋藏了10年。1919年發現了經過多孔底自下面吹入空气的浮选机；1921年普遍地採用了易溶而不形成泡沫的有机藥剂。其目的是選擇地改变应选到泡沫中的矿物性質；1922年發現了在有方鉛矿时能抑制閃鋅矿的氰化物的特殊作用，並間接地指明了理解浮选的活动性剂和抑制剂作用的途徑；1923年，浮选不仅用於分离重金屬的矿物和脈石，並且也用於分离其他非矽酸鹽矿物和矽酸鹽矿物；1925年，选矿厂中已使用鉄管向矿漿中吸入空气，並記載有浮选矽酸鹽矿物时使用陽离子捕收剂①。

① 塔加尔特非常不完全而且是片面地闡述了浮选發展的历史。在浮选和浮选理論基础發展的領域中，最大的功劳应屬於我国的学者和工程師們。

浮选的研究在我国很成功地發展着，浮选的物理化学理論的發展应归功于苏联学者們有成效的研究工作。这种突出的特点應該和美国以及其他資本主义国家的理論与实践間的重大脱离有显著的区别。

远在俄国革命以前，偉大的俄国研究家的个别的著作已达到作为浮选的物理化学說基础的較高的水平。嘉桑大学教授 II·C· 格罗麦科便是有名的毛細管理論的發明人，这个理論奠定了对分子力的明确概念。他初次提出了潤湿的基本法则的公式和湿滯的概念。

Л. Г· 格魯維奇初次以定性的形式提供了有关疏水性和亲水性的概念，以及参与表面層有关的过程和在悬浮液中發生的表面能的概念。

浮选实践早在革命前的冶金企業的基础上即已出現，但是它的發展是和受外国資本束縛的沙俄落后的經濟密切相關联的。

非硫化矿物的矿石是工业规模利用浮选的第一个对象。例如，浮选斯塔罗克雷姆矿床的石墨矿的第一个选矿厂是1904年在马里乌波列开工的。

开始在吉尔吉斯草原上的企业中，其后在高加索的企业中，采用浮选法来选别有色金属矿石。在乌拉尔的卡拉塔（现在改为基洛沃格勒）冶炼厂实验室于1914—1916年间，进行了乌拉尔铜矿浮选的工作。

选矿这一技术科学部门的广泛发展只有在苏维埃年代里才成为可能。

在浮选技术发展的苏维埃年代里，证明了采用浮选法以开拓我国丰富的天然资源得到了非常巨大的成功。磷灰石—霞石矿的选别问题和一系列其他应用浮选技术的新方向，初次地被有用矿物机械处理科学研究设计院和现场工作者解决了。在选矿机械的制造上也有着巨大的成就。除了破碎磨矿机械外，苏联的革新者创造了活塞式高频跳汰机，以及改良的浮选机和有用矿物机械处理科学研究设计院设计的新型浮选机。

在苏维埃年代里，浮选理论上的巨大成就也是一个特点。形成了很多的科学学派和研究院。科学与社会主义的建设密切地结合在一起。浮选理论猛烈地发展着，苏联的科学已大大超过了美国和其他国家。

美国的浮选技术需要过多的物质消耗，这是由于单凭经验的探索而不能阐明过程的科学理论的缘故。

苏联学者，由于和生产密切结合，得出了浮选的理论基础。这表现在浮选过程的工艺很快地在正确方向得到改善。因此，苏联矿物资源的利用，无论在量上或在种类上都达到了高度的水平。乌拉尔的铜—钨矿和致密的含铜硫化铁矿的浮选法已经研究出来。根据B.И. 莫斯托维奇教授所进行的浮选研究，从根本上改变了这些矿石加工的工艺过程。实行浮选并在反射罐中将精矿炼成冰铜以代替用鼓风炉炼成冰铜。后来利用优先浮选可和铜一起同时得到钨和黄铁矿的精矿。根本改善了多金属的含铜的铅—钨矿和含铂的铜—镍矿的加工。掌握了浸染（斑状）矿石的浮选。由于苏联科学机关完成了很多研究工作的结果，非金属有用矿物的浮选也获得了很大的成功。完全掌握了石墨、磷灰石、霞石、石英—蓝晶石矿、高岭土—水铝石矿的浮选，以及从滑石的菱铁矿变种中滑石的浮选。原则上已研究出来砷黄铁矿和黄铁矿优先浮选分离的很多新方法。成功地掌握了煤的浮选以及五成分的磷石膏—无水钾镁盐矿的浮选。分离重类结晶的浮选法已制定出来，它代替了对工厂实践来说是很复杂的、重类部份结晶。在苏联促使浮选那样广泛被采用的浮选理论的成就是公认的。在苏联科学院矿业研究所、有用矿物机械处理科学研究设计院、国立矿业化学原料研究所、莫斯科加里宁有色金属与金矿学院、莫斯科矿业学院、国立有色金属科学研究所、全苏矿物原料研究所、列宁格勒矿业学院及斯维尔德洛夫斯克工业学院在润湿、药剂和矿物的相互作用的浮选理论方面进行着研究。

最近，由于工作的成就获得斯大林奖金的选矿工作者和科学机关的工作人员进行了很多出色的浮选方法的研究工作。

在设计新式浮选机方面，B.A. 伦德克维斯特，K.A. 伦德克维斯特，米舒林斯基有很大的成就。——编者

浮选原理

浮选机和其中的矿浆在連續的作用下，是处在一定程度的动力学和化学的平衡体系。矿石、水、空气和少量的不同藥剂不断地加入此体系中；从体系中不断地流出两种或两种以上的物流，它們在物理性質上显然有区别，但在化学組成上其区别不甚明显。浮选机中向上浮起的物流一般是帶有固体粒子的泡沫(泡沫产物)，这种粒子按其矿物組成來說是和其他物流中的粒子，以及原矿中的粒子不相同的。从浮选机下部排出的物流(非泡沫产物)是一种不能进入泡沫而浮在水中的固体粒子的悬浮液。若有可能确定所加藥剂在此两种物流中的分配情况，则浮选过程便成为容易了解的和能控制的了。在这方面所进行的研究工作指出，浮选时所加藥剂的作用是不同的，因此，每种藥剂給以如下所列举的名称。

捕收剂的作用是選擇地改变矿石組成中一定类型矿物的表面性質，結果，这些矿物表面將不被水所潤湿；其他矿物的表面仍不發生变化，因此它們將被水所潤湿。这种藥剂称为捕收剂或捕集剂。

用藥剂进行的准备加工——調节^①包括着改变矿物表面的性質和改变水溶液的組成。若矿物表面發生这种改变时，能促进矿物的浮选，則称为活化；若使某种矿物的浮游性惡化，則称为抑制或抑浮。如溶液性質改变並未引起固体粒子表面性質的改变，但能促进其他藥剂的作用，則称为保护作用^②。所有促进浮选順利进行的作用，如加热、脫泥和脫水等都屬於准备作業(調节)。

由於复盖在矿物粒子表面上的捕收剂膜，使粒子粘附到气泡上而能减小矿物粒子重量的作用称为漂浮。

在广义上漂浮这一名詞既用於水溶液表面上的浮选(薄膜浮选)也用於粒子粘附於比水輕但不与水混合的液滴方面。

在水溶液表面上形成气泡層即形成泡沫層称为起泡沫，自然是指有固体粒子粘附於气泡上的泡沫而言。

① 按照 В.Я. 莫斯托維奇的意見为「培育」。——編者

② 适当的藥剂，例如胶鹽，最近称为保护剂，參閱 Н.Н. 普拉克辛，Г.А. 米亞斯尼科娃的論文，苏联科学院报告，1950年 172 卷、№2；苏联科学院院报技术科学部分，1951年 №6。——編者