

选矿文集

选矿工艺

1

冶金工业出版社

选矿文集

选矿工艺



冶金工业出版社

选矿文集

选矿工艺

1

冶金工业出版社

选矿文集1(选矿工艺)

編輯：肖平 設計：周广、董照菴 校对：李惠英

冶金工业出版社出版

(北京市灯市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

国家統計局印刷厂印

新华書店發行

1959年5月第一版

1959年5月北京第一次印刷

印數5,800册

開本850×1168·1/32·88,000字·印張3 $\frac{14}{32}$ ·插頁2

統一書号：15082·1537 定价：0.44元

編 者 的 話

选矿是冶金工業中不可缺少的一环，几年来，随着国民經济的不断發展，我国选矿工業也已取得很大成就。过去几年来从其他国家、特别是从苏联介紹过来的选矿先进經驗，在提高我国选矿技术水平和丰富我国广大选矿工作者的知識等方面起了很大作用。

但是、直到目前为止，我国还没有一本全国性的选矿技术刊物，过去有关选矿方面的技术經驗，大都散見于一般綜合性的刊物上，讀者参考起来很不方便。

因此，为了更好地报道国内外先进选矿科学技术成就，在一定程度上弥补上述缺点以滿足讀者需要，我們准备將国内外有关选矿方面較好的技术资料，按內容分类彙集成冊，以“文集”的形式陸續出版。

本書（第一輯）內容包括銅鉛鋅矿石的浮选实践和鎢錫矿石的重力精选，而在錫石和浮选方面也有所論述，对于我国广大选矿工作者很有参考价值。

“选矿文集”的編輯出版工作对于我們來說是一个新的嘗試，尚缺乏經驗。因此，一定会有很多缺点，希望讀者能在选题、內容等方面提出改进意見，並在供稿方面給予支持，从而使“选矿文集”能成为我国广大选矿工作者所喜愛的讀物，並發揮它更大的作用。

目 录

鉄矿选矿法	德国 W. K. 菲恩	1
从錫精矿中回收鎢	德国 W. 爱梭脱	12
用跳汰法选收粗粒篩下精矿	苏联 H. П. 桑尼科娃	20
关于鎢矿的細泥处理問題	王豫新	27
低温矿漿油酸浮选	苏联 B. И. 克拉辛等	37
銅鉛混合精矿的分离	錢天任等	42
鉍—鉛产品分离的實踐	苏联 B. A. 斯科罗夫	48
氧化銅—鉛矿石的浸出—浮选法	苏联 Ю. И. 叶罗普金	55
銅鉛鋅綜合矿石的浮选	英国 F. W. 小麦克奎斯頓	62
錫石—硫化矿床的选矿	赵 援	71
錫矿的浮选	日本 瀨戶英太郎	81
用脫泥浮选法再回收廢棄尾矿中的金屬		
.....	苏联 H. П. 塔巴科普洛等	85
原生鈾矿浮选	英国 B. C. 瑪利亞舍尔	93
次生鈾矿浮选	英国 J. N. 布特列尔	97
	R. J. 莫理斯	
采用肥皂粒浮白鎢的經驗介紹	黎 明	104

鈦矿选矿法^①

德国 W. K. 菲恩

近 15 年来，人們对金屬鈦、鈦合金和鈦白日益感到兴趣，这就促进了鈦的原料基地及其选矿工作的發展。为了选別鈦矿石，制定有許多方法。本文即对这些方法加以綜合評述。

鈦矿床和鈦矿物

在許多鈦的矿物中，分布最广的是鈦鉄矿和金紅石，其他矿物則具有次要的意义。不久以前，在苏联發現了一个鈦矿床。

上面提到的两种矿物，到目前为止，实际上只利用了金紅石，其原因是金紅石的含鈦品位（达 60%）高並且比較容易开采。比較常見的鈦鉄矿，其純 FeTiO_3 中只含 31~32%Ti。鈦鉄矿的缺点是它与其他矿物致密共生，因而給鈦鉄矿的分选工作帶來很大困难。只要談到鈦鉄矿与磁鉄矿和赤鉄矿共生的問題就足够了。目前，大部分鈦是由鈦鉄矿中提取。在花崗岩、石英岩和偉晶岩等碱性岩中常發現有金紅石，而鈦鉄矿含于基性岩中。金紅石和鈦鉄矿的抗風化性很强。因此，它們在岩石破坏过程中仍然保留了下来。金紅石和鈦鉄矿常發現在冲积層中，並积留在海灘砂及河床上。

現在將主要的鈦矿床列举如下：

鈦磁鉄矿和其他火成岩中的鈦鉄矿

- | | |
|----|---------------|
| 挪威 | 爱凱尊特——索根达尔 |
| | 施托恩甘根（索根达尔附近） |
| | 罗贊特（克里斯坦松附近） |
| 芬蘭 | 奥頓美克（奥蘆湖南部） |

① W.K. 菲恩 德国“矿冶杂志”10 (10) , 471~479 (1957)。

瑞典	塔貝格 斯瑪蘭德 魯泰瓦萊 (瑞典北部) 克拉麦塔 (瑞典中部) 伊尔沃 (波的尼亞灣地区)
苏联	烏拉尔和科拉半島地区
美国	塔哈烏斯 (紐約州北部阿基隆达克山津福尔德湖地区) 鉄山 (怀俄明州) 皮尼河和泰河地区 (弗吉尼亞州)
加拿大	阿拉尔湖地区 (魁北克省) 阿諾尔托吉特州 (安大略省) 紐芬蘭东南部
南非	布什明維尔德 (德蘭士瓦)
上埃及	阿布哈尔卡
坦噶尼喀	利甘卡和瑪甘加

櫛 石

苏联	科拉半島 (基洛夫斯克地区, 凱里波尔, 北恰斯諾 乔尔支脉)
----	------------------------------------

金 紅 石

挪威	克拉盖罗
美国	罗节蘭德 (弗吉尼亞州)
墨西哥	瓦哈卡州各山脉

含鈦的冲积層

印度	特拉凡科尔
美国	佛罗里达
巴西	古阿拉帕里地区, 波阿維斯达普拉多
埃及	罗节塔地区 (尼罗河口)

澳大利亞 拜倫灣地區

新威爾斯南部

如果說在几年以前，大量鈦礦物是由沖積層——砂礦和二次結晶礫岩中獲得的，那麼，現在已經可以從初次結晶岩石中開采鈦礦物了。

鈦礦石選礦原理

為了選別鈦礦石，幾乎試驗過所有的選礦方法。除了重選之外，也可以採用浮選、磁選和靜電選。近來，對某些鈦礦石還採用冶煉富集法。

當鈦礦物只和一種無用組分共生時，才能獲得良好的選礦結果。精選沖積砂礦以及由初次結晶礦石中選取鈦精礦時，要求破壞極為複雜的礦物礫岩，而這只有使各種方法配合得當才能辦到。對於鈦礦石的現代選礦來說，最有代表性的方法也正是這種聯合方法。鈦礦石的共生限制着鈦礦石機械選礦方法的應用。假如各種礦物致密共生在一起，則實際上是不可能用機械方法使之解離的，並且只有採用冶煉方法才能使之富集。

下面就來詳細研究一下鈦礦石的三種選礦方法：

- 1) 沖積砂礦的選礦；
- 2~3) 初次結晶礦床礦石的選礦：
 - a) 聯合機械選礦法；
 - b) 冶煉法。

沖積砂礦的選礦

河成沖積砂礦與海成沖積砂礦之間有着一定的區別。河成沖積砂礦的結晶呈矩形，而海成沖積砂礦的顆粒渾圓，其大小與砂粒相同。各種礦床礦石中的鈦礦物含量是不同的。它一般可達百分之幾，例如佛羅里達的礦石品位就如此。同時，所謂黑砂也是人所共知的，黑砂含有 75% 以下的鈦鐵礦、金紅石和其他重礦物。

冲积砂矿的成分在很大的程度上取决于原矿的矿物成分和其他稳定矿物中各种组分的含量。例如，在一定的条件下，风化产物中会含有大量磁铁矿和石榴石，因而其中的含钛量便有所降低。虽然此种砂矿的含钛品位低，但是，如果其中富集有稳定的稀土矿物和锆时，则其价值便会显著提高。河成冲积砂矿在选矿之前，通常应将其中的粗块礫石筛出。

贫钛冲积砂矿常用脱除轻矿物（石英、硅酸盐）的方法使其富集，并且为此而采用的方法应该具备简单和经济的特点，一般来讲，常采用按比重分离的方法。此时，应采用风力摇床、洗选台、溜槽、螺旋选矿机和离心选矿机。在美国的某些选矿厂中，使用数百台螺旋选矿机。这些选矿机（生产能力为1~1.5吨/时）安设在被开采矿床的附近，或是装在平底船上、漂浮式挖掘机旁。

将得到的重矿物精矿干燥，再用静电选矿机分选成“导电的”和“非导电的”产品。为此目的，常采用装有电量电极的圆筒电选机，其电压为40000~80000伏。为了获得良好的静电分选效果，必须将物料干燥，并使物料中不含吸附状的有害杂质，如粘土和氧化铁。因此，在静电分选之前，有时要将所得一次重矿物精矿用碱或酸洗涤。对物料进行预先分级也能提供良好的结果。粒度为0.1~2公厘的精矿应进行筛分。分级机的生产能力为1~2吨/时。

静电分选后得到的两种产品首先要进行不同强度的强磁场磁选，然后再进行不同强度的强磁场磁选。在某些情况下，采用精矿筛床处理法，可以进一步地使其中残留的轻矿物分离出去。此时，不仅可以得到金红石精矿和钛铁矿精矿，同时还能分选出象锆英石和稀土矿物这样贵重的伴生组分。

用联合法处理含钛冲积砂矿的选矿原理流程列于图1。从这个图中可以看出钛矿物及其伴生矿物在各个工序中的性态。

联合机械选矿法 钛矿石（如钛铁-磁铁矿石）与冲积砂矿不同，它必须进行磨矿，而埋藏在初次结晶岩石中的冲积砂矿在

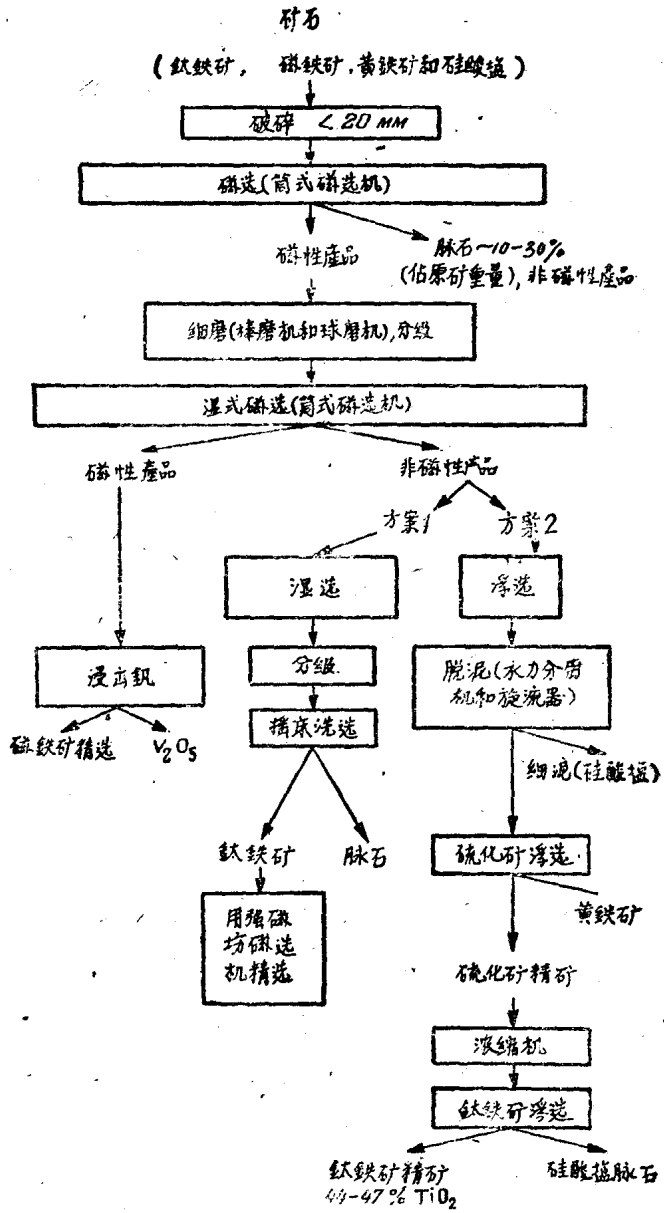


图 2 初生结晶钛铁-磁铁矿石的联合选矿法

自然界中則早已成為一種粉碎的狀態。

一般來講，常爭取在一次粗碎之後就立即將粗塊脈石篩分出去（圖2）。為此，應使粒度小於20公厘的粉礦通過筒式磁選機，在筒式磁選中，就會分出貧鐵和貧鈦的非磁性脈石（通常佔全部原礦重量的10~30%）。有時，此種磁選要在每次磨礦之後進行很多次。磁性產品中鈦和鐵的含量係與脈石分離的數量成正比。

物料在粗磨之後，即進行細磨。細磨首先在管形磨礦機中進行，然後在球磨機中將95%的礦粒磨至0.2~0.1公厘。為了獲得良好的選礦效果，必須使鈦的礦物在此種磨細度下能與伴生礦物相互分離開來。由於磨得更細會提高選礦費用，所以不再進行細磨。

磨好的物料在分級之後即可進行濕式磁選，此時，只有磁鐵礦被磁化，此種產品經過第二次磁選之後，可以得到含鐵品位達63%的最終產品。含有大部分鈦鐵礦和硅酸鹽礦物的非磁性產品應送去浮選或用搖床濕選。

非磁性產品中硫化礦物，如黃鐵礦、黃銅礦或閃鋅礦的品位若比允許品位還高時，則應在專門設備上採用浮選法預先將這些硫化礦物分選出來。浮選藥劑可以使用松油、黃藥或其他藥劑。

鈦鐵礦在脂肪酸和樹脂酸溶液中进行浮選。為了脫除細泥、脂肪酸和其他有害雜質，應使礦漿通過水力旋流器和水力分離機。浮選時可以採用起陰離子作用的高級脂肪酸、樹脂酸或環烷酸，其用量為0.8~1.5公斤/噸礦石。也可以採用油酸和多次蒸餾過的塔爾油。塔爾油是一種纖維素工業的廢料，它含有油酸、亞麻酸和一定量的樹脂酸。油酸和塔爾油的起泡能力強，並能很好地吸附物料。為了避免帶入象磷灰石這類的無用礦物，必須經常調節礦漿的pH值（如使礦漿氧化時，則極易達到pH 6.8）。氧化物和硅酸鹽也可用做磷灰石的抑制劑。往礦漿中添加淀粉時，鈦鐵礦的浮游選擇性即行提高。

將選礦的最終產品——磁鐵精礦、硫化精礦（使各種浮選

硫化矿分离之后所得)和取自搖床或浮选的鈦鉄矿精矿集中到濃密机中,並用真空過濾机进行脫水。在某些情况下,还應該使完全干燥的鈦鉄矿精矿再进行一次强磁場磁选,以便脫除其中的重硅酸鹽矿物杂质。

如果磁鉄矿精矿中的含鈦品位象鈦鉄-磁鉄矿石那样高,則应送去浸出,以便回收鈦。

冶煉富集法 大自然中有許多鈦矿石的各种矿物共生得非常致密,以致实际上不可能用机械选矿方法將它們彼此分离开来。正是由于这个原因,用重选、磁选、浮选或电选等方法是不可能选别此种矿石的。在較好的情况下,也只能將脉石脫除出去,从而使含鉄和含鈦的各种共生組分的品位略加提高。

此种矿石在固溶体發生分解作用的矿床中很常見。首先,这里所談的是关于鈦鉄矿和赤鉄矿相互致密共生以及鈦鉄矿和磁鉄矿相互共生的問題(圖3)。加拿大阿拉尔湖地区、上埃及阿布哈尔卡和瑞典塔貝格的矿床都是此类矿床中最典型的矿床。从圖3, a中可以看出,虽然奥頓美克鈦鉄矿石的各种組分分布得不均匀,但是个别顆粒的尺寸还是相当大的,因而完全可以采用机械选矿方法。阿布哈尔卡矿床矿石中的鈦鉄矿含有大量赤鉄矿夾層(圖3, b),这种夾層是在固溶体分解后生成的。用磨矿的方法使两种組分相互分离很不合理。美国怀俄明州拉拉米矿床鈦矿石中所含鉄矿和磁鉄矿的致密共生状态示于圖3, b中。磁鉄矿顆粒的四周是鈦鉄矿的窄条紋。

在此种矿石中的鉄和鈦,只有使原子間的鍵合發生破坏,比如用熔煉的方法,才能使它們彼此分离开来。为此目的,新澤西的鉍業公司提出了一个特种工艺过程。按照这个工艺过程,用电爐可以提煉出鈦含量高的爐渣。熔煉系在一氧化碳气氛中进行,熔煉温度为 1640° 並采用灰分少的煤。由于热鈦渣在高温下的腐蝕性很强,故为保証連續操作,必須精確地进行配料,並將配料送入爐內的一定地点。除了含 $70\sim 72\% \text{TiO}_2$ 的鈦爐渣之外,还能得到含 90% 以上Fe的生鉄,此种生鉄已經脫除了鈦和鈦。为了貫

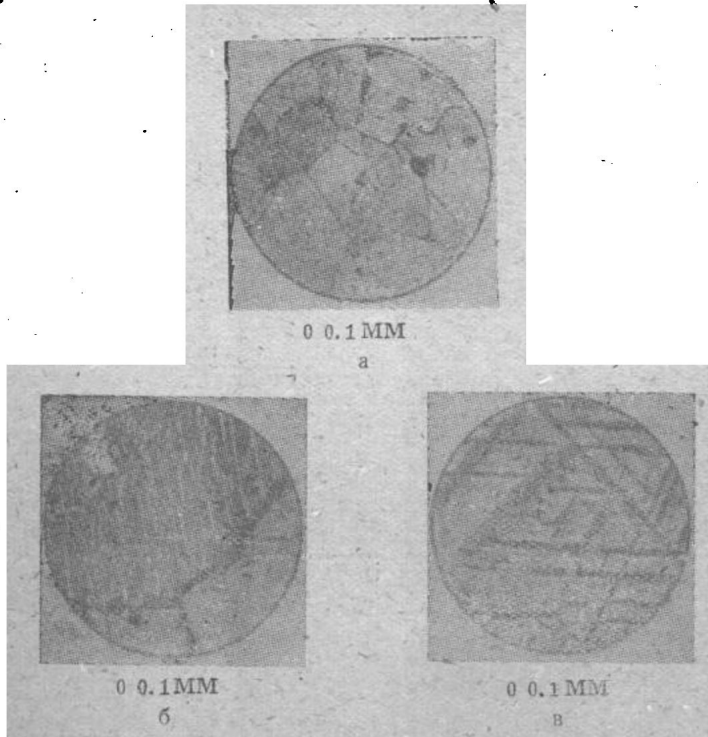


圖 3 鈦礦石

- a—芬蘭奧頓美克的鈦鐵-磁鐵礦，在直交偏光鏡下拍攝的。灰色晶体——鈦鐵礦。白色晶体——磁鐵礦。黑色晶体——硅酸鹽；
- б—上埃及阿布卡和哈尔卡的鈦鐵礦，帶有細粒嵌布的赤鐵礦。在鈦鐵礦顆粒之間，磁鐵礦帶有假象赤鐵礦。暗色晶体——鈦鐵礦。淡色晶体——赤鐵礦。白色晶体——磁黃鐵礦；
- B—拉拉米(美国怀俄明州)磁鐵礦中所含鈦鐵礦的定向浸染，用直交偏光鏡在油浸液体中拍攝的。淡色晶体——磁鐵礦。暗色晶体——鈦鐵礦

徹新澤西法，必須使原礦含鐵和含鈦的品位相當高，並使原礦含有很少的脈石。

加拿大索列爾公司正在採用新澤西法，以便處理阿拉爾湖地區礦床中致密共生的鈦鐵—磁鐵礦石[1]。在那里，礦石用露天方法開采，並沿鐵路運往聖皮埃爾島，去磨至—50公厘。選礦廠的生產能力為250噸/時。索列爾冶煉廠的冶煉富集流程示於圖4。

原矿和熔炼产品的典型分析结果载于表1。当每晝夜添加 1500吨 鈦鉄矿石和消耗 215 吨煤（灰分少的無烟煤）时，可以得到 660 吨含鈦爐渣和 480 吨精煉鉄。当熔煉鉄时，每吨鉄应附加 60 公斤 CaO 、12 公斤煤、8 公斤石英砂和 2 公斤斜長岩。此种富集方法的特点是温度很高，由于含鈦爐渣有腐蝕性，而使实际操作变得

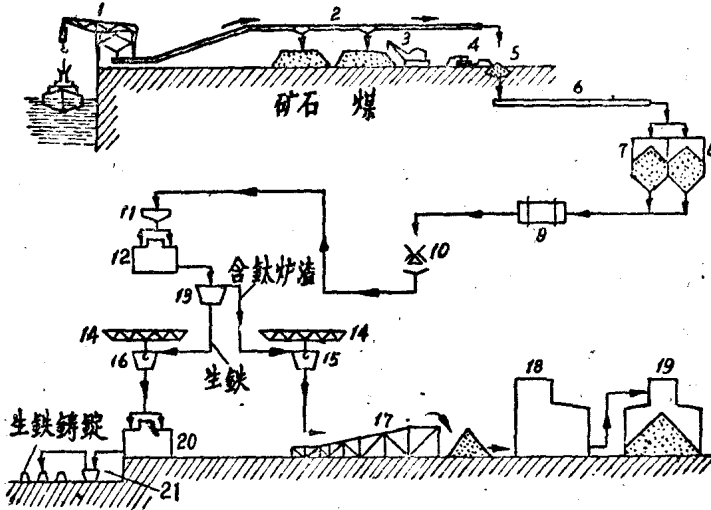


圖 4 加拿大索列尔冶煉厂鈦矿石冶煉富集法

1—生产能力为 1000 吨/时的卸載裝置；2—皮帶運輸机；3—起重機；4—推土机；5—原矿和煤的裝載裝置(生产能力为1000吨/时)，其矿車可以自动卸料；6—皮帶運輸机；7—湿矿倉(4个)和干矿倉(2个)；8—煤倉；9—圓筒干燥机(直徑2.35公尺、長度2公尺、生产能力400吨矿石和30吨煤/时)；10—生产能力为100吨/时的圓錐破碎机；11—裝載裝置；12—帶石墨電極的三相電爐，作还原熔煉用，生产能力为300吨矿石/晝夜，爐温为1650°，电压为224/390伏，在爐中有气体余压，气体中含有80% CO ；13—含鈦爐渣和生鉄用的沉淀池(35吨)；14—桥式起重機(25吨)，輔助起重機(25吨)；15—运渣罐；16—运鉄罐；17—澆注爐渣，100吨/时；18—磨碎爐渣，200吨/时；19—帶盖的爐渣倉(20000吨)；20—脫硫電爐(60吨)，在氮气氛中熔煉；21—生鉄罐

非常复杂。除此以外，还有一种生吹法。此种方法可以在温度较低（約 1150~1300°）的条件下处理钛矿石。往过程中添加一定的附加物，即能借此破坏钛与铁的键合。熔炼后，可获得脱钛的精炼铁和低铁的含钛炉渣。

表 1

加拿大索列尔冶炼厂原矿和熔炼产品的典型分析(%)

	原 矿	炉 渣	生 铁	精 炼 铁
Ti			痕	—
TiO ₂	34.8	71.9		
Fe	40.3		98.05	98.5
FeO		8.9		
V	0.16		—	—
V ₂ O ₅		0.52		
Mn	0.11		痕	痕
MnO		0.19		
Cr	0.08		0.05	0.08
Cr ₂ O ₃		0.25		
Cu	0.02			
Ni	0.02			
C			1.13	1.19
S	0.32	0.22		0.04
CaO	0.48			
MgO	2.9	5.2		
Al ₂ O ₃	2.8	6.2		
Si			0.08	0.015
SiO ₂	3.4	5.7		
P	—		0.03	0.03
P ₂ O ₅	0.015			

結 語

为了处理钛矿石，几乎需要利用全部选矿方法：按比重湿选或干选、磁选、浮选、静电选、甚至于熔炼。几种方法配合使用，是比较完善的一种钛矿选矿法。

論述了二次結晶矿床鈦矿石和初次結晶矿床鈦鉄-磁鉄矿石用联合机械选矿法（按比重分选、浮选、靜电选和磁选）处理的情况，同时也論述了初次結晶矿床致密共生矿石（如鈦鉄-赤鉄矿石）的冶煉富集法。

参 考 文 献

1. Knoerr A.W., Engineering Min. J., 153(2), 72—79 (1952)。

彭蘊璣轉譯自苏联“現代冶金問題”1958年第2期（38）。