

砂 矿 精 选

下 册

Б.Б. 涅夫斯基 著

冶金工业出版社

74.918

643

2

砂 矿 精 选

下 册

Б. Б. 涅夫斯基 著

24586/23

冶金 1952.7.21 版 社



В. В. Невский

ОБОГАЩЕНИЕ РОССИЙСКОЙ

Металлургия. 1947

砂 矿 精 选 (下 册)

編輯: 陈深 設計: 韓晶石 魯芝芳 校對: 吳研瑛、王坤一

1959年3月第一版 1959年3月北京第一次印刷 3500 册

850×1163·1/32·150,000字·印张 $5\frac{18}{32}$ ·定价 0.70 元

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店发行 书号 1256

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许可証出字第093号

目 录

下 册

第六章 矿物在跳汰机上的精选作业	1
33 一般原理	1
34 跳汰机	13
第七章 矿物精选的其他方法和设备	33
35 离心选矿机	33
36 其他设备	36
第八章 重砂精选	43
37 精选流程	43
38 重砂的富集	46
39 重砂的混汞作业	47
40 金属的精选	50
41 伴生物的采收	51
第九章 矿砂的冬季洗选	54
42 一般原理	54
43 冬季洗矿的实践	57
第十章 矿砂的干法选矿	67
44 一般原理	67
45 干法选矿的实践	69
第十一章 采砂船的选矿设备	73
46 采砂船的类型	73
47 采砂船的选矿设备	79
第十二章 洗矿设备	85
48 设备类型	85

49 固定式洗矿设备.....	86
50 移动式洗矿设备.....	105
第十三章 其他有用矿物砂矿精选的实践.....	128
51 铂.....	128
52 锡.....	130
53 钨.....	140
54 稀有金属.....	144
55 金刚石.....	148
56 其他非金属矿物.....	152
第十四章 砂矿精选过程的检查.....	157
57 一般原理.....	157
58 检查方法.....	159
文献.....	170

第六章 矿物在跳汰机上的精选作业

33. 一般原理

跳汰作业是一种最古老的重力选矿过程。它是基于矿粒在松散介质中受水(或空气)的脉动作用而进行分选的。在砂矿中(残积砂矿除外)通常没有大于跳汰机筛孔的矿粒(即大于1—2公厘)。所以在选砂矿时,照例跳汰作业只获得筛下精矿。跳汰作业主要用来自砂矿中回收重砂矿物(锡石,黑钨矿等),因为在简单的溜槽设备上回收重砂矿物的效果很坏,近来跳汰法还推广于选含金矿砂。跳汰作业的基本任务在于获得并且继续维持床层的三种不同层面:上部的或运输的层面,粗选的层面(它分开尾矿并截住要进入分选层的低品位精矿)和分选的层面(它具有有效密度,适应于矿粒必要的最终分选)。

上部的运输层有两种作用:进料的矿流这样分配,使一切矿粒落入粗选层,并尽可能迅速地把物料自给料口输送到尾矿堰。所以这一层应该是流动的而密度不大。

粗选层具有比运输层较大的密度,用于分离较脉石比重略大些的一切矿物。假若一颗矿粒当尾矿堰旁的水流上升之前还不能落到这层底部,则这颗矿粒就不能进入分选层,即不会在本室中回收。粗选层的密度应该保证既可分离出穿透进来的并破坏分选层表面的粗粒岩石,也可以将分选层已分离出的重中矿浮起到尾矿堰。此外,本层应具有充分的密度,以避免被矿流冲蚀,并在分选层偶然遭到溃毁时对局部强烈的上升水流发生阻力。

分选层(分离层)吸收和让精矿颗粒穿过,并且分离出重中矿。确定分选层的特性和操作的因素有以下几项:组成本层的颗粒的比重,粒度和形状;本层的深度和均匀性;以及对本层起作用的水流脉冲的特征等。

为了增加床层颗粒对上升水流松散作用的阻力,需要增大床

层的密度，这样也增加了其对颗粒通过的阻力。比重大，粒度粗，粒级范围广和形状扁平，这一切都是增加床层对上升水流的阻力的因素。

促使床层颗粒间相互运动阻力增大的这一特性，会增大床层的塑性阻力。增大床层塑性阻力的一些主要因素是：粒径大，颗粒有稜角以及表面不平整和粗糙等。

随着床层厚度的增加，床层对筛下水透过的阻力亦随之增之。

分选层的组成，无论在厚度方面，或在颗粒按粒度分布方面的均匀性，对其操作良好与否都是非常重要的。任何不均匀性都会导致在床层不同地点有不同的阻力。因而在阻力变小的地点上升水流急剧增大，使得床层过大的松散（「沸騰」）。这就大大的降低了床层在这些地点的有效阻力。结果，较所需比重小很多的物料都穿过了它们。

通常分选层（在任何情况下其底部）是由大约等于待选矿物比重的颗粒组成的固定人工床层。

影响床层状态亦即决定选矿过程效果的因素，都与进料的特性，机器的结构以及选矿过程的操作制度，也就是说这些因素部分地能由操作人员予以改变。跳汰过程的操作制度决定于以下各项：1)冲程；2)每分钟的冲次；3)筛孔大小；4)人工床层的厚度；5)床层的粒度和比重；6)堰板的高度；7)进料的稀释度；8)筛下水量；和9)机器的负荷。

冲程与冲次之乘积决定着作用于床层的水流脉冲能量，即床层的松散度。在一定范围内这两个因素可能同时成反比例的变化，即冲程降低而速度加快，和冲程加大而速度减低（对过程没有显著影响）。在速度快和冲程小时床层的显著松散是很少见的。相反的，在某种范围内，于速度慢和冲程大时造成床层的显著松散而大大地降低它的有效密度。另一方面，在冲程小时，如速度过大，则不能造成床层有足够的松散度而使那些接近床层颗粒大小的重粒穿过它。

对于高品位的重物料，例如在跳汰精选时，要采用短冲程的

快速脉动，原的床层，細小的篩子和供給大量的篩下水。相反的，在跳汰粗选时，要采用长冲程的緩慢脉动，薄薄的床层，粗大的篩子和供給少量的篩下水等。

已分級的进料比較未分級的进料（即較粗的）所需冲程較小。以相当快的速度和小冲程一般能取得最高的生产能力。

較厚的床层和較高的堰板则需要較大的冲程。篩下水供給愈少，冲程应该愈小。假使手能插入床层，則說明适当的床层松散度（即正确的机器操作条件）已达到了。在水压入时，床层应处于悬浮状态；在回程时触到格篩上的手指，应该感觉有一股吸入力量通过格篩。

在选重砂矿物时，粗选机通常在每分鐘140—160冲次下以約10公厘的冲程工作；对精选机——每分鐘冲次160—180，冲程約5公厘。

床层愈厚，則精矿能自由地穿过它的就愈少，但同时穿过它的却都是些品位較高的；在床层較薄时，产生相反的现象。床层过厚会增加在尾矿中的損失。所以在进料品位較高时，采用較薄的床层，而在进料品位較低时，則采用較厚的床层。

在采收重砂时，粗选机于堰高100公厘时采用65—75公厘厚的床层。（給料粒度—10,—13公厘）。精选机則以床厚和堰高75公厘工作。

在采收重砂时用作床层的最适当的物料是碾碎了的赤鉄矿，粗选机所需粒度为10—15公厘，精选机——6—8公厘。在采收金子时，常用4—6公厘大小的生鉄碎粒作状层。假若砂矿中有待选的粗粒矿物，則它們积集于床层中，然后經不断的磨損而变成了篩下精矿。

赤鉄矿在一个每分鐘轉25次的圓筒中（直径为1200公厘）碾压2小时。一平方公尺床层約需150公斤赤鉄矿。跳汰机的篩孔为1.5—3.5公厘。由于冲孔篩的使用年限較长，人們常常采用3×12公厘的长形孔（橫着篩子）的冲孔篩。精选跳汰机的孔常用較小（1.5—2公厘）。

用于粗粒物料的比用于細粒物料的机器需要較高的压头和大量的篩下水。增大篩下水量使吸入作用变弱，保証获得高品位的精矿。一平方公尺机器篩面所耗篩下水一般为 1—2 公升/秒；压头 4—6 公尺。如水量过多会增加机器中矿浆深度和流速，即增大运输层流速而增大損失。在选重砂矿物时，床层上方正常的矿流深度不应超过 75 公厘，而流速为 0.5—0.6 公尺/秒；在采收金子时，矿流深度则达 100 公厘和流速为 0.7—0.8 公尺/秒（堰板上方矿流深度約小 $\frac{1}{2}$ ，而流速則相应的增大）。

跳汰机的生产能力决定于物料在分选层中的必需停留时间。物料在精选层（原書似誤为篩子——譯者）的停留時間决定于矿浆流过机器的速度，即决定于每一公尺机器宽度的負荷，矿浆稀釋度，各室間的落差和矿粒分选的速度，后者主要决定于待捕收的矿物比重，部分地决定于其粒度。进料的稀釋度愈小和待捕收的矿粒愈重且粗，則跳汰机的允許生产能力亦愈大。矿浆稀釋度仅允許在一定范围以內降低（达 3—4，按体积計）。在較小稀釋度时，矿流的运输能力变小而矿浆粘度增大。跳汰綫长度的变动范围較小；在采收金和鉑时通常串連地安装 1—2 个室，即跳汰綫等于 1—1.5 公尺；在采收重砂矿物时安装 2—4 个室，即跳汰綫等于 2—4 公尺。跳汰机的单位生产能力用一平方公尺机器篩面上的固体負荷表示（表 54 和 55），在重砂矿物的跳汰粗选时通常等于 3—4.5 公尺³/公尺²/小时（当中等稀釋度約为 8 : 1 时），在金子的跳汰作业时則等于 6—10 公尺³/公尺²/小时；对于跳汰的精选作业采用的負荷要低 30% 左右。当稀釋度增大时生产能力降低，但不是成比例的，因为在运输层內固体物料的运动速度常慢于最上层流动的水和矿泥的速度。在較大的稀釋度时，因此一公尺机器宽度可以采用較大的矿浆負荷（按体积計）。在跳汰綫的长度較大时，也容許一公尺机器宽度的負荷較大（但也不是成比例的）。

按矿浆体积計的一公尺机器宽度的負荷等于：

$$Q_v = q (K + 1) L \text{ 公尺}^3/\text{小时}, \quad (36)$$

式中 q ——按固体計单位負荷，公尺³/公尺²/小时；

K ——矿浆稀释度（按体积計）；

L ——机长，公尺。

不同条件的最大負荷 q_v 和 q 列于表55。

普通尺寸的双室跳汰机的固体負荷（按1平方公尺計）按公式（35）計算（原書誤为（35）——譯者），即当 $L=2$ 时；对四室跳汰机的固体負荷应采用比上述少30%的負荷。

最大負荷适用于跳汰粗选低品位的粗粒矿物，最小負荷适用于第二次（精选）跳汰。

由于在很大稀释度时跳汰机的生产能力会降低許多，所以，为了在跳汰机前使矿砂碎散和分級，必須采用耗水量最小的設備，即带洗矿筒篩的擦洗机或带擦洗机的洗矿筒篩（无孔部分有环形堰）。采用普通洗矿筒篩，尤其是在溜槽上进行碎数作业时，假若构造上可能的話，則在跳汰前将碎矿石在V—形斗中部分的脱水或在分配器中抛出一部分水是合理。

矿浆稀释度愈小，物料愈粗和負荷愈大，則各室間篩子的落差應該更大。通常它們在25公厘（跳汰精选）到75公厘（跳汰—13公厘的粗粒含金矿砂）之間（对一平方公尺的室面而言）。

跳汰机在采砂船上，如同在最大型选矿厂一样获得主要应用，此外在水上淘金机上也获得主要应用。跳汰机也可用于其他大型設備（固定式矿井設備，水力設備以及其他）。

首先，跳汰机远在1907年就已試装于里察尔德森采砂船上。1914年涅伊耳曾将自己設計的跳汰机安装于加利福尼亚的伊奥澤迈特采砂船上，之后这些跳汰机曾安装在奈托馬斯公司的一些采砂船上。在某些情况下，使用跳汰机能使金子的补充采收率达10%，但一般情况下，它們沒有显示出良好的效果，因为它們的构造不良以及因为它們裝置在溜槽之后所得金子很少，不足以弥补与跳汰机有关的一切費用。1932年涅伊耳跳汰机曾装于新畿內亚的布罗罗采砂船上处理高品位的和含有很多微粒的金子，但它們获得的结果不佳，原因是选矿比过低。但安装本捷亚里跳汰机来代替它們却获得良好的结果。然后在那兒曾創制出新穎独特結

跳汰机操作

采收的矿物	企 业	跳 汰 机		
		型 式	室的尺寸 公 厘	室 数
SnO_3	马来亚采砂船 (第一次跳汰作业)	哈尔茨 (特别的)	1200×1050	4
"	同上 (第二次跳汰作业)	同 上	1200×1050	4
$\text{SnO}_2 + \text{Au}$	科克斯埃尔多拉多采砂船 (第一次跳汰作业)	"	1200×900	4
"	同上 (跳汰精选)	"	1200×500	4
"	格倫埃爾貢采砂船 (第一次跳汰作业)	"	1200×1050	3
"	同上 (跳汰精选)	"	1200×1050	3
Au	奈托馬斯8采砂船 (第一次跳汰作业)	泛美①	1000×1000	1
"	同上 (精选)	"	1000×1000	1
"	捷拉馬耳水上洗矿机 (第一次跳汰作业)	"	1000×1000	2
"	同上 (精选)	格倫克耳	300×300	2
"	" (再精选)	泛美	225×225	4

① 英文为Pan. american——譯者

构的泛美式跳汰机，并把它們安装在布罗罗公司的其他采砂船上。泛美式跳汰机在世界各地許多新旧采砂船上获得推广。依据泛美公司的数据，在采砂船上安装跳汰机与安装溜槽相比，前者所得补充采收率高7—25% (这些数字应認為是估計过高的) [93]。泛美式和本捷亚里式两种机器在尤勃第19号采砂船上的比較試驗表明，后者比前者有更好的效果 [198]。泛美式跳汰机的推广大概在于制造者能在运用和掌握这些机器方面給予技术援助。在面积充足的正常操作的溜槽之后安装跳汰机是沒有意义的，因为在这种情况下，溜槽后的残余金子很少，不足以抵償与跳汰机安装有关的附加生产費用。

表 54

的实际数据

进 料 粒 度 公 厘	活 塞 冲 程		负 荷 m^3/m^2 小时	用 途	来 源
	每 分 鐘 数 目	长 度 公 厘			
-6, -13	140-160	9.5	4	尾矿展——100公厘, 各室間落 差为: 粗选机, 40—75 公厘, [231] 精选机, 25 公厘。	
-2, -3	160-180	4.8	3		
-9.5	140	6.8	6	筛网 1.6 公厘; 功率 7 馬力。	[192]
-1.6	200	3.2	4	功率 8.5 馬力	C.F. M.R 1938, VII.
—	160	—	—	第一次精矿含 5% SnO_2 , 第二	
—	180	—	—	次精矿 40—50%; 功率 3.75	
—	—	—	—	馬力。	
—	—	—	10	精矿产出率 3% (对碎矿石)	—
—	—	—	5	网上 2% (对碎矿石 0.03%)	[98]
-13	120	44	6-7	JK:T=8; 筛下水 0.3 公升/秒/公	[97]
-2	200	—	5-6	尺 ² ; 设备功率 1.25; 耗电量 0.5 馬	
-2	240	25	4	力/室; 第一室获精矿 80%。	

泛美公司对許多金子冲失率較高的采砂船尾矿的精密取样結果如下 [98] :

采砂船号数.....	1	2	3	4	5	6	7
溜槽尾矿的含金量							
毫克/公尺 ³	36	50	65	100	34	38	180

同时應該認為, 这些数字不是被故意縮小而是被过份夸大了的, 因为該公司想引起人們对安装跳汰机感觉兴趣。

本捷亚里跳汰机在叶尼塞金矿托辣斯某一采砂船上处理溜槽尾矿的操作經驗也指出, 尽管采砂船是在含高品位金子的多边形采矿场中工作及这些跳汰机几乎能采收全部金子, 但它們的工作毕竟无利可图。溜槽尾矿的含金量通常不超过 50 毫克/公尺³, 这就当这种采砂船 (諾沃澤兰德型, 140 公升) 生产能力小时所得的

按矿漿体积計的一公尺篩寬和按固体計的
一平方公尺篩面的最大負荷

操作条件	矿漿負荷 q_v			按固体計的負荷 q 公尺 ³ /公尺 ² /小时 (稀釋度为 k)					
		公尺 ³ /小时/公尺	公升/秒/公尺	6	8	10	12	15	20
重砂矿物的采 收率	最小的	60	16.6	4.3	3.35	2.8	—	—	—
	中等的	100	27.7	7.2	5.6	4.6	3.8	3.1	—
	最大的	150	41.7	10.7	8.4	6.8	5.8	4.7	3.6
金的采收率	最小的	150	41.7	10.7	8.4	6.8	5.8	—	—
	中等的	200	55.4	—	11.2	9.1	7.7	6.3	—
	最大的	250	69.5	—	—	11.4	9.6	7.8	6

效果极小，而跳汰机也就从采砂船上拆走。此外，跳汰机还不曾被工厂（第一批）所掌握好，并且有在工作中发生毛病的許多缺点。

显然，安装跳汰机处理溜槽尾矿，仅在溜槽冲失大量金子的情况下是合理的（对小型采砂船大于50毫克/公尺³，而对大型采砂船不小于20—30毫克/公尺³，即是在处理带大量微粒金的极富矿砂时或在溜槽面积不够时是合理的。泛美公司建議在补充采金率大于12毫克/公尺³时就安装这种泛美式机器，但是这样小的采收率，仅在极特别的情况下工作才可能有利。

假若在新采砂船上安装跳汰机的話，最合理的是将它们安装在溜槽之前，或甚至代替溜槽，而在后一种情况，还建議在跳汰机后保留一小溜槽，以备在它們的操作偶然被破坏的情况下之用，和检查采金率之用。在这种方案时金子几乎全部可被跳汰机捕收，而在它們后面安装的溜槽上残余的金量极微，因此，溜槽面积可以减小，而主要的是可以經過很長的时间才需要清洗它們，这就大大地节省了劳动力和减少采砂船的停工时间。正如按

照这种流程安装跳汰机的尤巴第19号和奈托馬斯第5号和第8号采砂船（在加利福尼亚）的经验指出，在这一情况下，因为95%以上的可选金粒在跳汰机中捕收到，溜槽就不需常常清洗，一般不少于1—2月。

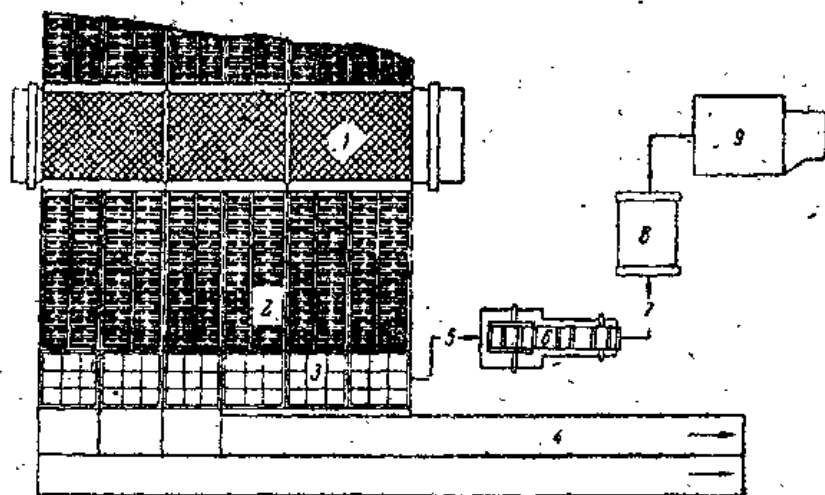


图 56 采砂船上采用跳汰机作为溜槽的
辅助设备的流程图

- 1—洗矿筒筛；2—装来复条的溜槽；3—六个1.0×1.0公尺的跳汰机；
4—尾矿溜槽；5—跳汰机精矿；6—带耙式分級机；7—脱水精矿；
8—球磨机；9—混汞溜槽

在开采含粗粒金的复杂砂矿时，若跳汰机用作粗选设备，则最好在跳汰机前安装小溜槽（除跳汰作业后之扫选溜槽外），此时一开始就适当的在选出的精矿中获得大部分金子，在精选时无需混汞就可以从这些精矿中获得含重砂的金子。

通常在采金船的粗选跳汰机上建立这样的制度，使得粗精矿的产出率不少于1%，最好不少于2—3%，或甚至达4%。粗选时，低的选矿比可保证最大的采金率。在最终精选前，这些精矿经过跳汰精选，而达到选矿比为30:1—100:1，即总的选矿比由3,000:1到10,000:1。粗选机的精矿排出是连续进行的，因而获得的精矿具有很大的稀释度。所以在跳汰精选前，精矿通常在小型带耙式分級机内脱水。

脉动式跳汰机（无吸入作业）最适于跳汰精选作业；在美国的实践中，为此用途几乎只采用克伦格耳水力脉动式跳汰机（泛美公司）。

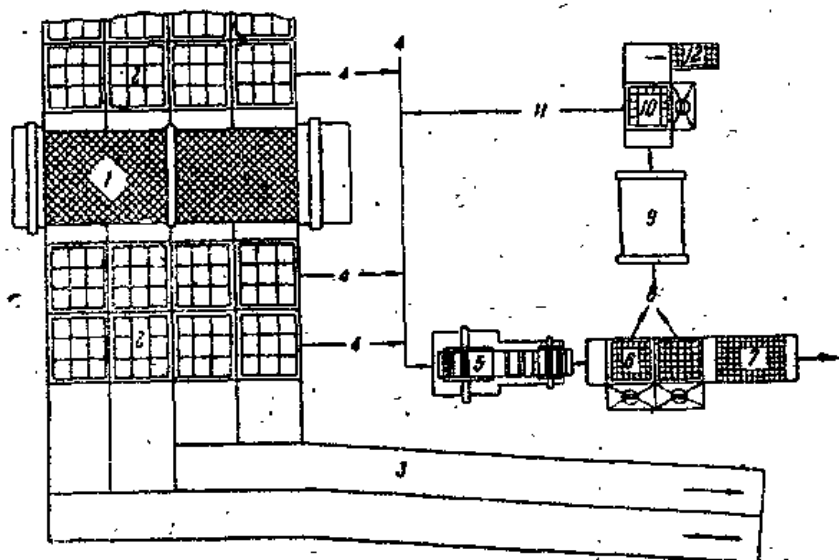


图 57 在爱达荷州的圣捷尔威耳，170 公升采砂船上采用跳汰机的流程图

1—洗矿筒筛；2—四合哈尔美式跳汰机工段；3—尾矿溜槽；4—跳汰机精矿；5—脱水带耙式分选机；6—精矿精选的跳汰机（ 0.46×0.46 公尺）；7—装来复条的尾矿溜槽；8—至混汞桶再磨的精矿；9—混汞桶；10—再精选用的 0.3×0.3 公尺脉动式跳汰机；11—返回的精矿；12—装来复条的尾矿溜槽。

精矿的进一步精选通常用連續混汞法进行，但若大部分金子被薄膜遮盖住或与矿粒呈連生体，則于混汞前，精矿須經小型磨矿机再磨。对于混汞作业常采用齐坦式旋轉混汞机，以及盖有汞齐片的或于特別盛砂袋和深窪处注有水銀的溜槽。混汞作业后的尾矿照例通过一般脉动式輔助跳汰机进行扫选。这种跳汰机捕收冲失的汞齐，和由于某种原因而未成汞齐的金子；这种跳汰机的精矿根据其中金的含量和其特性可以返回至磨矿机或至混汞机，或者也可以返回精选机。当从混汞机中冲失的金子不多时，也可以安装简单的絨面溜槽来代替扫选的跳汰机。假若未成汞齐的而

未再磨的金量不多，而其余的金子容易直接混汞，則精矿不經再磨而通过連續混汞机是合理的；但是只有从混汞后对扫选跳汰机所获的精矿才进行混汞，并且若它的量不大，則这一作业可以在简单的混汞桶中間断地进行。

假若精选跳汰机的尾矿含金不富而其量亦不大，則經小型絨面溜槽扫选后，这些尾矿常常拋棄。假若它們含金多，則可將它們返回粗选跳汰机前部（在这种情况下并不导致精矿加工循环中重矿物的特別聚集）。

近年来的实践，沒有能肯定在一切条件下于溜槽前安装跳汰机的绝对优越性，而同时却发现有关安装跳汰机的許多不良因素：即需要監視，潤滑，修理等的机械数目增多，必須保持更加不变的操作制度（即給矿量，稀釋度和物料粒度），而这些在采砂船上是很难实现的；以及必須安装复杂的分配器来保証上述的要求等等。

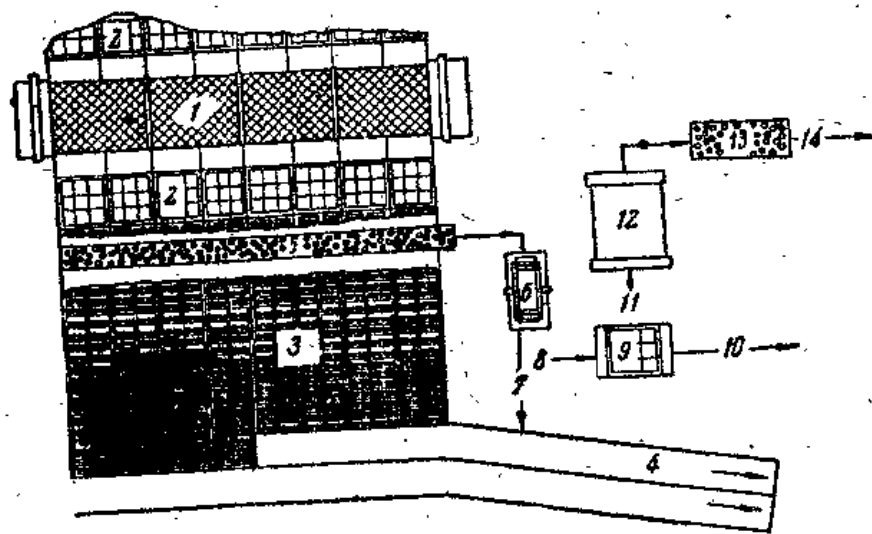


图 58 奈托馬斯第8号采砂船上选矿砂的流程

1—洗矿筒筛；2—8台 1.0×1.0 公尺的哈尔夫式跳汰机；3—装束复条的溜槽；4—尾矿装置；5—注入水銀的装束复条的溜槽；6—带脱水筛式分級机；7—流入尾矿的分級机溢流；8—脱水精矿；9— 1.0×1.0 公尺的哈尔夫型精选跳汰机；10—尾矿装置；11—精矿；12—球磨机；13—同5；14—同10

因此，在采砂船和淘金机上的一些新的装备上仍然配置較简单的溜槽設備，而不用跳汰机。

虽然跳汰机比溜槽能获得較多的金屬采收率，但因为它們是較复杂的設備，所以安装它們来代替溜槽仅在补充采收的金屬量能抵償有关其安装費用时才是合理的。安装跳汰机来代替溜槽在下列条件下是有利的：在金的品位高的多边形矿场内（ $>300-400$ 毫克/公尺³）；在大型装备上（ $2,000-30,000$ 公尺³/昼夜）当金子呈极微粒时和开采复杂砂金矿时（即除金外，还含錫，鎢或其他有用成分）。

采用跳汰作业选含金矿砂的标准流程示于图56—59。

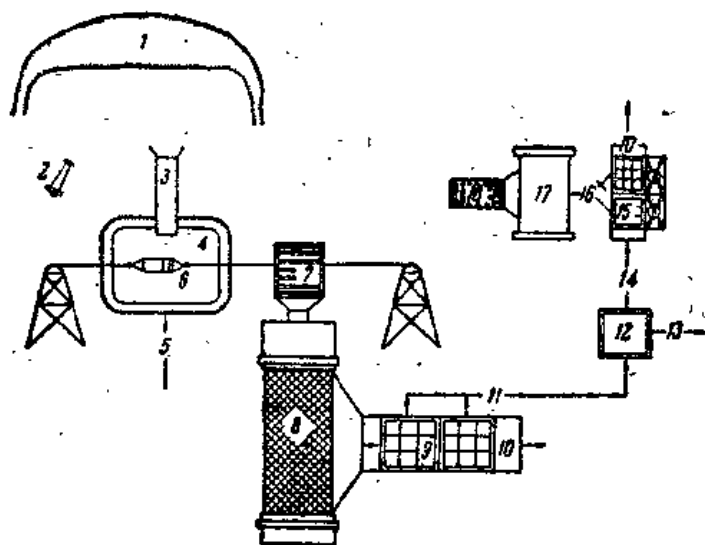


图 59 加利福尼亚州克勒蒙特河貴金屬矿山用水力法

开采砂矿时应用跳汰机的流程

1—工作面； 2—射水机； 3—溜槽； 4—儲砂池； 5—儲砂池的溜槽；
6—薩耶馬納式鋼繩电耙； 7—格条篩； 8—洗矿筒篩； 9— 1.0×1.0 公尺的哈尔茨式双室跳汰机； 10—尾矿壅壩； 11—精矿； 12—脱水池； 13—溢流； 14—脱水精矿； 15— 0.3×0.3 公尺的双室精选脉动式跳汰机； 16—精矿； 17—泥泵桶； 18—装来复条的溜槽