



Sojitz Beralt Tin & Wolfram (Portugal) S.A

Minas da Panasqueira

Lavaria

Fluxograma

Resumo

Barroca Grande, Setembro de 2015



Fluxograma

Introdução

Dado que a preparação de minério tem como objectivo fundamental produzir um concentrado a partir de um fragmento inicial do jazigo, que textualmente possui todos os minerais da sua paragénesese, é desde já perfeitamente obvio que a primeira operação a processar é uma fragmentação que terá que ser levada tão longe quanto o necessário para que o fragmento inicial seja dividido em grãos suficientemente pequenos para que a cada um corresponda uma única espécie mineral. Esta individualização das espécies minerais uteis em grãos diferentes é uma imposição tanto mais exigente quanto maior for a incidência dos processos de tratamento que usem as propriedades físicas dos minerais para promover o enriquecimento.

Uma vez conseguido este primeiro passo, a libertação das espécies minerais, podem ser iniciadas as operações de separação, onde vamos agrupar os grãos individualizados em classes. A essas classes se dão as designações de concentrado e estéril, respectivamente às que agrupam as espécies uteis e as gangas. Em caso de libertação insuficiente pode forma-se mais uma outra classe, designada por misto, que agrupa os valores intermédios da propriedade.

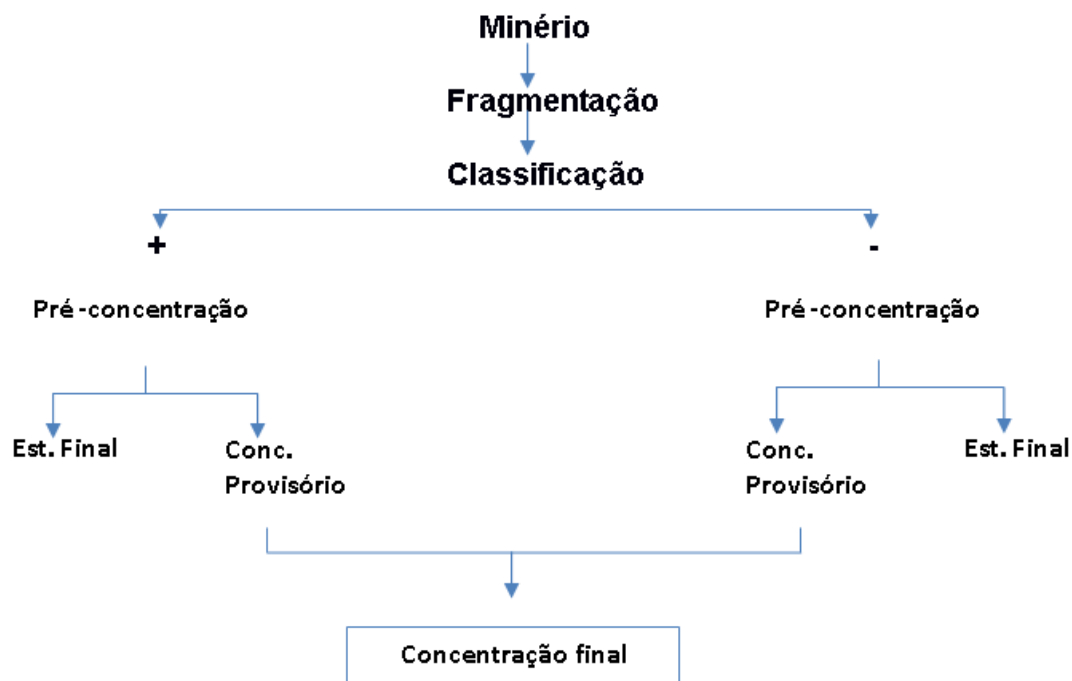
Existe uma outra propriedade que é comum a todas as partículas com que os processos de tratamento vão lidar: o tamanho do grão, ou mais genericamente o calibre. De acordo com os valores do calibre assim os equipamentos que realizam as fragmentações e as separações vão ter eficiências e adaptabilidade diferentes. Por isto mesmo, intercaladas no meio das operações anteriormente referidas, terá que se efectuar um tipo de operações específicas que se destina a classificar as partículas a tratar segundo gamas de calibre, a fim de otimizar ou mesmo viabilizar a operação de beneficiação.

Em suma, a classificação juntamente com a fragmentação e a concentração, constituem as chamadas operações principais da preparação de minério. Queremos ter um primeiro estágio de concentração, com o objectivo de rejeitar a ganga já liberta, sem



Fluxograma

procurar com isso obter grandes elevações de teor para os concentrados – operação designada de desengrossamento (HMS). Para tal acontecer é necessário quebrar o minério e libertar as espécies minerais. Vamos fragmentar o minério até ao calibre prático de libertação (CWS). Este calibre prático de libertação corresponde ao calibre para o qual o estado de libertação conduz à obtenção de um concentrado suficientemente enriquecido e de um estéril pobre. Atingindo o calibre de libertação colocamos em prática os processos de concentração.



Esquema nº1 – Operações de enriquecimento

Ser económico (baixo custo), eficiente (recuperações elevadas) e adaptável ao tratamento de grandes capacidades é as características gerais exigidas a este processo, a fim de que se torne economicamente possível o aproveitamento do minério.



Fluxograma

1.Circuito do tal-qual (*Run-Of-Mine* - ROM)

O circuito do tal-qual inicia-se no interior da mina, sendo o primeiro circuito da lavaria da mina e tem como objectivo principal fazer uma primeira fragmentação e transportar o material até à superfície. O minério é depositado num alimentador (Symons K Bar Grizzly Feeder 100 mm) (1), onde é feita uma separação à cabeça dos materiais de dimensão inferior a 100 mm. O material retido segue para um britador de maxilas (Metso C100) (2), que o reduz a uma granulometria inferior a 100 mm. Esse material cai para um tapete de transporte (3) e vai-se juntar ao material que passa no alimentador. As águas resultantes deste processo vão ter ao classificador de rapetas (desenlameador tipo Dorr) (7) para retirar as partículas em suspensão e que são ricas em minério (designadas de finos). A água resultante dessa lavagem, impregnada de finos (transbordo), é bombeada até à superfície e depositada no espessador de 80' (circuito CWS). O material grosseiro lavado (espessado), é transportado para a superfície, através de uma tela transportadora (4) e fica armazenado em um de três silos existentes: silo nº1 (1500 t (9)), silo nº2 (400 t (10)) ou silo nº3 (1700 t (11)), caso seja estéril fica no silo nº4 (3500 t (12)). O material estéril, designado de cascalho, é transportado por camiões articulados (*dumpers*) e depositado na escombreira. A água suja (14), resultante de todos os processos anteriores, segue para o espessador de 80' (circuito CWS) e o espessado segue para um silo de 50 t (15), que juntamente com o material existente nos silos alimentam o circuito do CWS.



Fluxograma

2.Circuito *crushing, washing and screening* (CWS)

O material vindo do ROM entra num circuito fechado composto por dois crivos vibratórios (17) com abertura de 20 mm (Allis-Chalmers 20 mm), e dois moinhos cónicos de 18 mm (Bergeaud, Symons) (20 e 21). O material superior a 20 mm segue para os moinhos e regressa novamente aos crivos. O material caído destes crivos segue para um par de crivos secundários com abertura de 0,8 mm (Allis-Chalmers 0,8 mm (22)). O material superior a 0,8 mm segue para uma torva de 500 t, designada de torva do campo (38), que alimenta o circuito do meio denso (HMS). O material inferior a 0,8 mm é bombeado para o ciclone V106 (25), onde são separados os materiais mais densos dos menos densos. Os menos densos seguem para o espessador de 80' (34) que por sua vez, executa nova separação por densidades. Desta separação, o material menos denso segue para o espessador de 50' (92) e o mais denso juntam-se aos mais densos saídos do ciclone V106, e seguem para o crivo das lamaz (26 e 27). Este conjunto de crivos é composto por três unidades: um crivo curvo (26) com abertura de 2 mm, e um crivo plano (27) com redes de 3 e 6 mm (Alis-Chalmers). O crivo curvo está à cabeça do crivo plano e tem como função retirar alguma água e finos, para que a crivagem seja mais eficaz. O material superior a 2 mm alimenta o crivo plano, passando primeiramente por uma malha de 6 mm e depois por uma de 3 mm. O superior a 6 mm segue para um moinho de rolos (28), onde é reduzido a partículas inferiores a 3 mm, e segue para o meio-denso, passando antes por um classificador de rapetas (35) para remover o excesso de água. O material entre 3 e 6 mm vai a um moinho de rolos (29) onde é reduzido a partículas menores que 2 mm voltando para o ciclone V106. Por fim, o material passado no 3 mm junta-se às partículas menores que 2 mm do crivo curvo, sendo bombeado para o ciclone Mozley 10"(31). Neste ciclone, o *overflow* alimenta o circuito das lamaz, e o *underflow* segue para um classificador de rapetas duplo (32). Neste classificador o espessado alimenta o circuito das areias, e o transbordo alimenta o circuito de lamaz.



Fluxograma

3.Meio denso (*Heavy Media Separation - HMS*)

A alimentação deste circuito é feita com material vindo do CWS, a partir de um silo (torva do campo) com capacidade de 500 t (38) que funciona como pré-stock, possibilitando alguma autonomia ao circuito no caso de avaria/manutenção dos equipamentos a montante. Do silo, o material segue para um tanque de mistura (40) onde é introduzida uma polpa de água com ferro-silício¹, entrando de seguida num ciclone inclinado (10°) (41). A fracção densa e menos densa seguem separadamente para dois conjuntos de crivos (Crivo M104 e M105 (42 e 43)), ambos compostos por um crivo curvo com malha de 1 mm e um crivo plano de 0,8 mm. Os crivos curvos possuem um sistema de lavagem que têm essencialmente como função remover o ferro-silício para nova utilização, sendo que o material saído é encaminhado para o tanque de ferro-silício, ou seja, para o tanque vermelho (52), onde poderá ser feita uma realimentação de ferro-silício e/ou água limpa, para assegurar as características ideais da polpa (densidade, viscosidade). O material do supracrivo do primeiro conjunto (fracção densa) (42) é encaminhado para a torva do pré concentrado (62), da qual seguirá novamente para o circuito CWS (concentrado do meio-denso). O supracrivo da fracção menos densa (essencialmente xisto e quartzo) é rejeitado, seguindo para um silo de rejeitos (48) para posterior remoção por correia transportadora e *dumpers* até à barragem. Ambas as fracções infracrivo entram num separador magnético de via húmida (49) de onde saem duas polpas com ferro-silício diluído que são armazenadas no tanque amarelo e no tanque castanho (50 e 51). A água do tanque amarelo (50) é bombeada para um ciclone (58), de onde o *underflow* entrará num segundo separador magnético (59) e o *overflow* regressa à crivagem densa. A água do tanque castanho (51) é bombeada para um ciclone (56) onde, o *overflow* entra num separador

1

O ferro-silício tem como função aumentar a densidade da água conferindo à polpa uma densidade de aproximadamente 2.7g/cm³, com o objectivo de tornar a separação entre o minério (mais denso) e o estéril (menos denso) mais eficiente.



Fluxograma

magnético de via húmida (57) para recuperação do ferro-silício e é enviado para o tanque vermelho (52). A água desse separador é enviada para o primeiro separador magnético deste circuito (49).

4.Circuito das areias

O material espessado da classificadora dupla (32) alimenta o circuito das areias. Esse material entra num hidroclassificador (marca MEP) (64) com seis tanques, nos quais vai sendo retido material em função da granulometria, em que os materiais superiores a 2,5 mm saem e voltam para o espessador do CWS. Os materiais retidos nos tanques são distribuídas por mesas em função das suas granulometrias (entre 0 e 2,5 mm). As três classes mais grosseiras seguem para quatro mesas Hércules (65), e as três mais finas seguem para três mesas Plat-O (66). Ambos os tipos de mesas separam o material consoante a sua densidade em três fracções: uma densa (concentrado), uma média (misto) e uma menos densa (rejeitados). Os rejeitados seguem para a barragem passando antes por um classificador de rapetas (67) que aproveita algum material mais denso que possa ter sido mal classificado nas mesas e é dirigido para o espessador de 80' (34). Os mistos são bombeados para um ciclone (tipo Krebs (71)). O overflow do ciclone é dirigido para o lote de rejeitados e a fracção mais densa retorna ao classificador de rapetas duplo instalado no circuito CWS. O concentrado segue para um classificador de espiral (desenlameador tipo Akins) (72), onde são separadas duas fracções: o transbordo, que é bombeado para o espessador de 80' e o espessado que encaminha-se para o silo da concentração final.



Fluxograma

5.Circuito das lamas

Este circuito inicia-se com uma concentração gravítica em meio fluente seguida de flutuação em espuma de onde resulta um concentrado fino de volframite de teor mais baixo. Este circuito começa na bateria de ciclones (Mozley 5" (74)) que separa o material menos denso, que segue para o espessador de 50', do material mais denso. O material mais denso alimenta um conjunto de células de flutuação (157) que têm como objectivo retirar á cabeça uma grande parte de sulfuretos que vão entrar directamente no circuito do cobre. O restante material segue para 4 mesas Bartles-Mozley (75) onde é separado por densidades, o material menos denso é bombeado para o espessador de 50' e o material mais denso é distribuído por 4 mesas Plat-O (81) sendo separado em três lotes de densidades diferentes. O material menos denso (estéril) é bombeado para o espessador de 50', o material mais denso (concentrado) é bombeado para células de flutuação (84) e o material de densidade média (misto) anda em circuito fechado nestas mesas. Nas células de flutuação é adicionado ácido sulfúrico², um colector e gasóleo³, de modo a retirar os sulfuretos, que são enviados para o espessador de 50'. O material afundado é bombeado para 2 ciclones Mozley 2" (86), a fracção mais densa segue para uma mesa de concentração Duplex (87) e fracção mais densa desta concentração vai para 2 células de flutuação (88) para se fazer um ultimo apuramento. Nestas células de flutuação são igualmente adicionado ácido sulfúrico, gasóleo e um colector. Aqui o flutuado é bombeado para o espessador de 50' e o afundado segue para um classificador de rapetas (89). Neste classificador o transbordo é bombeado para o espessador de 50' e o espessado é o produto final deste circuito: concentrado de tungsténio de baixo teor (60% WO₃). Todos os estéreis deste circuito

2

A adição de ácido sulfúrico serve para baixar o pH da polpa.

3

O gasóleo serve como complemento ao colector, aumentando a hidrofobicidade das partículas a um custo menor.



Fluxograma

vão para o espessador de 50' (92). O material mais denso é bombeado para a barragem de lamas e o material menos denso passa por transbordo para o espessador de 35' (93). O espessado do tickner 35' retorna ao espessador 50' e a água limpa alimenta toda a lavaria.

6. Concentração final

O material que alimenta este circuito está armazenado num silo com capacidade de 50 t (97) que vai para um crivo (101) com dois *decks*: um com abertura de 2,25 mm e outro com abertura de 1,25 mm. O material que fica retido nestes dois *decks* segue para um classificador de rapetas (102) e os finos seguem para um outro classificador de rapetas (103). Os espessados de ambos os classificadores são encaminhados para dois condicionadores (104 e 105), local onde é adicionado ácido sulfúrico e gasóleo. O transbordo é bombeado para um ciclone Mozley 5" (119), a parte densa volta para o crivo de dois decks do início do circuito e a fracção menos densa é bombeada para um conjunto de três ciclones Mozley 5" (121). Daí os menos densos seguem para um tanque de água (122) que alimenta o circuito, e os mais densos seguem para o espessador de 80'. A mistura de cada um dos condicionadores é enviada separadamente para dois conjuntos de quatro mesas James (106 e 107). Essas mesas separam o material de entrada em três fracções: concentrado, mistos e estéril. O estéril de todas as mesas é bombeado para um classificador de rapetas (117) onde o *underflow* servirá para alimentar o circuito do cobre e *overflow* será bombeado para os três ciclones já referidos anteriormente (121). Os mistos retornam ao início deste circuito. O concentrado das 4 mesas alimentadas pela fracção fina da crivagem segue para um classificador de espiral (111), o *overflow* é bombeado para os três ciclones (121) e o *underflow* segue para uma mesa James (113). O mesmo acontece com o concentrado das 4 mesas alimentadas pela fracção grosseira da crivagem, ou seja, segue para um classificador de espiral (110), onde o *overflow* é bombeado para um



Fluxograma

ciclone Mozley 5" (118) e o *underflow* segue para uma mesa James (112). Estas duas mesas separam o material em concentrado e misto. O material menos denso das duas mesas James, o misto, é bombeada para o ciclone (119) e volta a entrar no circuito e o material mais denso é bombeado para o ciclone (118). Aí as partículas menos densas são bombeadas para os três ciclones (121), as mais densas seguem para um classificador de rapetas (124). No classificador de rapetas o transbordo volta para o ciclone (118) e o espessado segue para duas estufas chinesas (125) onde irá ser seco. Após a secagem o material é classificado num crivo (126) com aberturas de 20#, 40# e 60#. O material superior a 20# volta para o circuito CWS. O material inferior a 20# e superior a 40# segue para um separador magnético (127) com 2 ímanes. O primeiro íman (menos forte) retira o ferro-silício do material, o segundo íman retira a volframite que é enviada para a torva do concentrado final de granulometria grossa (130 - a) e o material não magnético alimenta o circuito do estanho.

O material inferior a 40# e superior a 60# segue para um separador magnético (128) com 3 ímanes. O primeiro íman (menos forte) retira o ferro-silício do material, o segundo íman (mais forte que o anterior) retira a siderite e o terceiro íman (o mais forte) retira a volframite que é enviada para a torva do concentrado final de granulometria média (130 - b). O material não magnético alimenta o circuito do estanho.

O material inferior a 60# segue para um separador magnético (129) com 3 ímanes. O primeiro íman (menos forte) retira o ferro-silício do material, o segundo íman (mais forte que o anterior) retira a siderite, o terceiro íman (o mais forte) retira a volframite que é enviada para a torva do concentrado final de granulometria fina (130 - c). O material não magnético alimenta o circuito do estanho.



Fluxograma

7.Circuito do cobre

Este circuito tem como finalidade a recuperação do cobre presente no material estéril em volfrâmio resultante do processo de flutuação do circuito da concentração final e que fica armazenado num silo (132).

Este circuito é alimentado pelo material referido no parágrafo anterior e pelo material resultante da flutuação á cabeça existente no circuito das lamaz. É encaminhado para uma classificadora de rapetas dupla (133) de forma a retirar o excesso de água e algum material de menor densidade. Todo o material resultante deste processo segue para um moinho de bolas (134) de forma a reduzir a sua dimensão (inferior a 75 µm). Durante a moagem é adicionada cal para elevar o pH a um valor próximo de 12. Após a passagem pelo moinho de bolas o material é bombeado para um ciclone (136) onde é separada a fracção mais densa, que voltará ao moinho de bolas, e a fracção menos densa, que seguirá para as células de flutuação (137). Estamos a trabalhar com um circuito fechado.

Nas células de flutuação é retirado o *overflow* que posteriormente irá ser bombeado para um filtro de secagem a vácuo (140) de forma a ser retirada a maior parte do teor de água. O *underflow* é bombeado para o espessador de 50'. O concentrado resultante deste circuito contém um teor médio de 28% de cobre.

8.Circuito do Estanho

Este circuito tem como finalidade a recuperação do estanho e de alguma volframite não retirada no circuito da concentração final.

O circuito inicia-se com o material proveniente do circuito da concentração final que é encaminhado para quatro classificadores de espiral (141, 143, 146 e 148), de modo a



Fluxograma

retirar o excesso de água. O primeiro classificador (141) destina-se ao material rico em siderite e os restantes destinam-se ao material não magnético (cassiterite e pirite). Posteriormente todo o material segue para mesas de flutuação distintas (142, 144, 147 e 149). Na primeira mesa de flutuação (142), respeitante ao material rico em siderite, será feita a recuperação do volfrâmio e posteriormente é inserido no circuito da concentração final. O material menos denso resultante desta mesa é considerado estéril, sendo posteriormente transportado para as escombreiras. Nas três restantes mesas, respeitantes ao material não magnético (cassiterite), o procedimento é equivalente, sendo que neste caso o material mais denso recuperado é o estanho e o material menos denso será bombeado para um ciclone, onde poderá iniciar novamente o circuito da concentração final (material mais denso) ou ser bombeado para o tanque de águas (material menos denso). O concentrado de estanho recuperado é encaminhado para uma estufa chinesa (151) e depois de seco é encaminhado para um crivo (152), para desagregar, e seguidamente para uma mesa de separação magnética (153) de modo a recuperar algum volfrâmio que possa ainda estar presente no material e apurar o estanho. É conseguido um concentrado de estanho com um teor mínimo de 72%.