



Minerais de cuivre

Les principaux minéraux de sulfure de cuivre sont la chalcopryrite (CuFeS_2), la chalcocite (Cu_2S), la covellite (CuS), la bornite (Cu_5FeS_4), la tétraédrite ($(\text{Cu,Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$) et l'énargite (Cu_3AsS_4). La plus grande source de cuivre consiste dans les dépôts de minerai de porphyre, où l'on rencontre un ou plusieurs des minéraux susmentionnés. Un minerai de sulfure de cuivre ordinaire contient différents niveaux de sulfures de fer de types variés, qui comprennent généralement la pyrite (FeS_2) et la pyrrhotite (Fe_{1-x}S). De l'or et de l'argent sont souvent présents ; ils sont alors soit libres ou associés aux sulfures. Les particules de gangue peuvent représenter toutes sortes de minéraux de silicate, du quartz au talc et aux argiles. La gangue peut également être formée d'un minéral de carbonate.

Lorsque les minéraux de sulfure de cuivre habituels sont libérés, ils sont relativement faciles à flotter. En l'absence de problèmes métallurgiques prépondérants, la production d'un concentré de cuivre à teneur suffisamment élevée est fréquemment l'objectif visé. L'enjeu fondamental de contrôle de la teneur est souvent lié aux minéraux de sulfure de fer, car ils flottent avec le cuivre, ce qui dilue la teneur des concentrés de cuivre. En effet : 1) les niveaux de minéraux de sulfure de fer sont habituellement bien plus élevés que la concentration de cuivre ; 2) les collecteurs de flottation des sulfures peuvent aussi faire flotter les sulfures de fer efficacement ; 3) la libération peut être problématique, ce qui rend la séparation du cuivre et du fer ardue ; et 4) les particules fines sont souvent plus difficiles à séparer. Un grand défi fréquent réside dans la présence de métaux précieux (l'or et l'argent) dans les sulfures de fer, car le rejet de ces minéraux a des répercussions économiques.

Les filets de gangue (habituellement des argiles et du talc) peuvent être nuisibles en raison de leur adhérence préférentielle à la surface des bulles, qui a l'effet d'« écarter » les minerais de cuivre à collecter par l'écume. Le déplacement inapproprié des filets de gangue dans les concentrés pose en outre des problèmes de dilution considérables et requiert des temps de flottation bien plus longs pour assurer une récupération importante des minéraux de cuivre. Dans une usine où la capacité de flottation est fixe, les récupérations de cuivre sont touchées. Les dispersants comme le silicate de sodium, les polyacrylates et l'hexamétophosphate de sodium sont souvent utilisés pour minimiser l'adhésion aux bulles des filets fins de gangue et son impact sur la récupération du cuivre. Parmi les autres dépresseurs de gangue efficaces, on compte la CMC (carboxyméthylcellulose), la dextrine ou les amidons.

La dépression des minéraux de sulfure de fer est normalement contrôlée par l'ajout de chaux à des niveaux de pH aussi élevés que 11 et plus. Bien que certaines exploitations flottent à un pH naturel, au moins lors du dégrossissage, cette méthode permet de contrôler la combinaison de la sélection des réactifs et de la flottabilité relative de la pyrite. Même lorsque le dégrossissage s'opère à un pH neutre, les étapes de flottation de nettoyage se déroulent généralement à un pH plus élevé pour assurer la dépression des sulfures de fer. En présence de quantités d'or d'une valeur considérable, la chaux risque malheureusement de réduire aussi les récupérations d'or, en particulier s'il est libre ou associé à des minéraux de sulfure de fer.

Le cyanure peut également être un dépresseur efficace des sulfures de fer, lorsque son emploi est autorisé, mais le cyanure peut solubiliser les ions métalliques, qui peuvent activer un large éventail de minéraux de sulfure et, par conséquent, nuire à la sélectivité de la flottation. Dans certains cas, le carbonate de sodium ou le soude caustique peut être utilisé pour contrôler la sélectivité de la flottation. Une autre option qui s'est avérée bénéfique consiste dans l'aération préalable de la pulpe, qui peut causer l'oxydation d'une plus grande surface des sulfures réactifs, ce qui réduit leur flottabilité ; bien sûr, l'efficacité de cette technique dépend de la minéralisation et des caractéristiques du circuit.

Les réactifs collecteurs standards pour la flottation des sulfures de cuivre sont ceux de la catégorie des thiols à base de soufre, qui peuvent être groupés dans les familles principales des xanthates, des dithiophosphates, des thionocarbamates et des thiocarbamates. D'autres compositions chimiques peuvent également être efficaces et remplir des

catégories séparées, mais en général, leur caractéristique commune est de posséder des atomes de soufre doublement liés dans leur structure, grâce à laquelle une liaison chimique est établie avec la surface des minéraux de cuivre. La sélection efficace des réactifs collecteurs de flottation dépend des minéraux de sulfure présents, de leurs associations minérales dans le minerai et des caractéristiques du circuit. Puisqu'un minerai a ordinairement plus d'un type de minéral de sulfure de cuivre, une combinaison de collecteurs de flottation des sulfures est souvent utilisée pour optimiser le rendement métallurgique. Pour améliorer la flottation, ceux-ci sont ajoutés séparément ou, ce qui devient une pratique courante, livrés sous forme de produits mélangés.

Les moussants sont importants à considérer parmi les réactifs de flottation. Les compositions chimiques des moussants sont très variées et comprennent généralement des alcools de structures et de masses moléculaires diverses, des aldéhydes/esters et des glycols ; ils sont utilisés seuls ou sous forme de mélanges. Ceux-ci modifient la tension superficielle des bulles, qui influence la formation de la taille des bulles, l'hydrodynamique de la surface des bulles et la capacité de transport des minerais sur la surface de la cellule, ces facteurs ayant tous un impact sur la flottation des sulfures de cuivre et l'optimisation. Souvent, la combinaison de collecteur et de moussant doit être considérée et évaluée pour optimiser le rendement du collecteur de flottation.

Les minerais oxydés (« ternis ») posent des problèmes de récupération par flottation, qui sont souvent considérables. Là où les minerais oxydés présentent visiblement un défi, les options de traitement comptent les changements de collecteur de flottation et la sulfuration avec soit du métabisulfure ou du SO_2 . Dans le cas des minerais de cuivre oxydé (tels que la malachite et l'azurite), la flottation des sulfures n'est pas possible avec des collecteurs de flottation des minerais de type sulphydrique, et il faut soit envisager des collecteurs de type oxyde ou d'autres moyens d'enrichissement du minerai.

Les collecteurs Danafloat^{at}™ suivants, utilisés seuls ou en combinaison avec d'autres, sont à envisager lors de l'examen préalable à la flottation du cuivre.

Danafloat^{at}™ 067
Danafloat^{at}™ 068
Danafloat^{at}™ 070
Danafloat^{at}™ 233
Danafloat^{at}™ 245
Danafloat^{at}™ 262E
Danafloat^{at}™ 345
Danafloat^{at}™ 507E
Danafloat^{at}™ 871

Envisagez les produits suivants pour les minerais contenant des minéraux de cuivre oxydé.

Danafloat^{at}™ 271
Danafloat^{at}™ 571