

کانی‌شناسی و خاستگاه زمین‌شناسی ذخایر تیتانیوم و پری‌عیارسازی آنها به روش فلوتاسیون



کامران چگنی، دانشجوی کارشناسی ارشد فرآوری مواد معدنی، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران

علی بهنام‌فرد، دکترای فرآوری مواد معدنی، هیئت علمی گروه مهندسی معدن، دانشگاه بیرجند (مسئول مکاتبات)

behnarfard@birjand.ac.ir



چکیده:

تیتانیوم کاربرد فراوانی در ساخت سامانه‌های هوایی، تجهیزات نظامی و تولید مواد شیمیایی مختلف از جمله رنگدانه دارد. در این تحقیق، کانی‌شناسی و خواستگاه زمین‌شناسی ذخایر تیتانیوم بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که امروزه تولید ایلمنیت از ذخایر سنگی بیشتر از ذخایر ماسه‌ای است و تقریباً تمامی ذخایر سنگی مهم و با ارزش اقتصادی شناخته شده ایلمنیت، به همراه سنگ‌های آنورتوزیت یا گابروها یافت می‌شوند. در ادامه این تحقیق، فرآوری کانسنگ‌های تیتانیوم بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد که هرچند روش‌های مختلفی از جمله روش‌های جدایش ثقلی برای فرآوری کانسنگ‌های تیتانیوم وجود دارد ولی امروزه با کاهش ذخایر پری‌عیار تیتانیوم و همچنین کاهش درجه آزادی کانی ایلمنیت، تکنولوژی فلوتاسیون مورد توجه قرار گرفته است و با موفقیت در معادن مختلف دنیا از جمله معدن تیتانیا نروژ بکار گرفته شده است. چالش اصلی پری‌عیارسازی کانسنگ ایلمنیت دار به روش فلوتاسیون، تمایل کم کلکتور آنیونی به جذب بر سطح ایلمنیت است که باعث افت بازیابی در مدار می‌شود. راهکار اصلی برای غلبه بر این چالش، افزودن نیترات سرب به پالپ فلوتاسیون است که در این تحقیق مبانی علمی آن بررسی شده است. با توجه به عیار کم و پیچیدگی کانی‌شناسی کانسنگ‌های ایلمنیت ایران، می‌توان با بکارگیری تکنولوژی فلوتاسیون پری‌عیارسازی آنها را به طور مطلوب انجام داد.

کلید واژه‌ها: ذخایر تیتانیوم دار، ایلمنیت، خاستگاه زمین‌شناسی، فرآوری، فلوتاسیون، نیترات سرب



Mineralogy and the geological origin of the titanium deposits and their up-gradation by flotation

Kamran Chegini, MSc. Student of Mineral processing, Faculty of Mining Engineering, Amirkabir University of Technology
Ali Behnamfard, Assistant Prof. of Mining Engineering group, University of Birjand (Corresponding Author)

behnarfard@birjand.ac.ir

Abstract:

Titanium is widely used in the construction of aerial systems, military equipment and the production of various chemicals such as pigments. In this research, the mineralogy and geology of titanium deposits are investigated. The results of this study showed that today ilmenite production from rock deposits is more than sand deposits and almost all of the important and economic deposits of ilmenite are found along with anorthosite or gabbro rocks. In this study, titanium ore processing has also been reported. The results of this study showed that although there are several methods, such as gravity separation for the processing of titanium ores, but flotation technology has been considered due to the grade reduction of titanium reservoirs as well as the reduction of the degree of freedom of ilmenite. Flotation technology has been successfully applied in various mines such as Titania mine in Norway. The main challenge of the processing of ilmenite ore by flotation is the low tendency of anionic collector to absorb on the surface of the ilmenite, which results in loss of recovery in the circuit. The

main solution to overcome this challenge is to add lead nitrate to the flotation pulp and its theoretical fundamentals has been reviewed in this research. Due to the low grade and complexity of the mineralogy of Iran's ilmenite ores, it is possible to upgrade them properly using flotation technology.

Keywords: Titanium deposits, ilmenite, Geological origin, Processing, Flotation, Lead nitrate



مقدمه :

تیتانیوم به دلیل نسبت بالای مقاومت مکانیکی به وزن و همچنین مقاومت بالا در برابر خوردگی‌ها باعث شده است تا کاربرد فراوانی در صنایع مختلف از جمله رنگ‌سازی، پلاستیک‌سازی، کاغذسازی، لمینت‌ها، فولاد، تکنولوژی فضایی و هوایی داشته باشد. عمده مصرف تیتانیوم در تولید رنگدانه است. تجارت جهانی رنگدانه اکسید تیتانیوم سالیانه ۴/۵ میلیون تن با ارزش در حدود ۷ میلیارد دلار است. دلیل این موضوع آن است که اکسید تیتانیوم با توجه به قدرت پوشش بسیار مناسب، ضریب انعکاس بالا و ویژگی‌های دیگر آن از کیفیت مطلوبی در بین رنگدانه‌های سفید برخوردار بوده و کاربردهای فراوانی دارد.

تیتانیوم یکی از فراوان‌ترین فلزات در پوسته زمین با فراوانی بیش از ۰/۶۲ درصد است. تیتانیوم بیشتر در سنگ‌های آذرین و دگرگونی یافت می‌شود. این عنصر به صورت دی اکسی تیتانیوم و نمک‌های اسیدهای تیتانیوم دیده می‌شود. تیتانیوم قادر به ایجاد ترکیبات آنیونی از جمله تیتانیت‌های ساده است. همچنین تیتانیوم را می‌توان همراه با کانی‌های حاوی نیوبیم، سیلیکات‌ها، زیرکن و سایر کانی‌ها یافت. در مجموع حدود ۷۰ کانی تیتانیوم‌دار شناخته شده است ولی تنها تعدادی از این کانی‌ها دارای ارزش اقتصادی هستند. جدول (۱) کانی‌های اصلی و مهم تیتانیوم‌دار را نشان می‌دهد. ایلمنیت و روتیل مهمترین کانی‌های اقتصادی تیتانیوم‌دار هستند (Bulatovic, 2010; Nayl and Aly, 2009).

جدول ۱. مهمترین کانی‌های با ارزش اقتصادی تیتانیوم

نام کانی	فرمول شیمیایی	TiO ₂ %	وزن مخصوص (g/cm ³)	سختی
ایلمنیت (Ilmenite)	FeTiO ₃	۵۲/۶	۴/۶ - ۵/۲	۵ - ۶
روتیل (Rutile)	TiO ₂	۱۰۰	۴/۳	۶
ایلمنوروتیل (Ilmenorutil)*	(Ti,Nb,Fe)O ₂	۵۳	۴/۶ - ۵/۱	۶
پروسکایت (Perovskite)	CaTiO ₃	۵۸/۹	۴	۵/۵ - ۶
اسفن (Sphene)	SiO ₂ .TiO ₂ .CaO	۴۰/۸	۳/۳ - ۳/۶	۵/۶
لوپاریت (Loparite)	(Na,Ce,Sr,Ca)(Nb,Ti)O ₂	۳۹/۲	۴/۷ - ۵	۵/۵ - ۶
لوکوکسن (Lucoxene)	TiO ₂ .TiO ₂ .SiO ₂	۵۰ - ۹۵	۳/۳ - ۴/۳	۵ - ۶
مگنتیت تیتانیوم‌دار (Titanomagnetite)	**FeTiO ₃ .Fe ₃ O ₄	۲ - ۳۰	۴/۵ - ۶	۵/۵ - ۶

* در صورت بالا بودن میزان عنصر نیوبیم (Nb) این کانی در گروه کانی‌های نیوبیم قرار می‌گیرد.

** یا Fe₃O₄.TiO₂