فرآوری ایلمنیت ناحیه کهنوج به منظور پرعیار سازی آن و تهیه روتیل مصنوعی

دکتر غلامحسین نفیسی

گروه شیمی - دانشکده علوم - دانشگاه تربیت معلم تهران

چکیده

مقداری از کانسار ایلمنیت کهنوج که بطور طبیعی در کناره های رودخانه درگز کهنوج تغلیظ شده بود فراهم گردید و نمونه ای از آن با اشعهٔ ایکس بررسی شد. آنالیز شیمیایی نشان داد که عیار نمونه ۳/۸۴ درصد بود. مقداری از کانسار ذکر شده با سنگ شکن فکی و مخروطی تامش ۷ خرد شد و حدود ۱/۵ کیلوگرم از آن تهیه گردید.

تجزیه سرندی نشان داد که محصولات بامش (۲۰+۷۰-) و مش (۷۰+ و ۲۰۰-) برای پرعیارسازی مناسب تر بودند. عملیات جیگ، میز و مارپیچ و جدایش الکترومغناطیسی و الکترواستاتیکی سبب شدند که محصولی با ۲۳/۲ درصد TiO_2 نتیجه شود. سپس محصول پرعیارشده را با کک احیا کرده و عملیات کانی شویی با هیدروکلریک اسید و سولفوریک اسید، روی آن انجام دادیم. کانی شویی احیا شده با هیدروکلریک اسید و یکی از حلالهای متانول، اتانول یا اتیلن گلیکول کامل گردید و معلوم شد که اگر غلظت اسید برابر با ۹N و حلال نیز اتیلن گلیکول باشد، ایلمنیتی با عیار ۶۳/۵ درصد TiO_2 بدست می‌آید.

مقدمه

کانسار ایلمنیت ($FeTiO_3$) کهنوج واقع در استان کرمان را حدود ۳ درصد TiO_2 تشکیل می‌دهد که همراه با ناخالصی ها است (۱) و (۲). نظر به اهمیتی که TiO_2 در کشور ما دارد، سازمانها و مراکز تحقیقاتی زیادی در کشور کار پرعیارسازی ایلمنیت کهنوج را شروع کرده اند. اما روش این مراکز صرفا روشهای فیزیکی و مکانیکی بوده است که محصولی با عیار حدود ۴۰ تا ۴۳ درصد TiO_2 را نتیجه داده است. بعلاوه نمونه هایی در چین و چک اسلواکی نیز مورد تغلیظ قرار گرفته است. در چک اسلواکی از نمونه دارای عیار ۲/۲۳ درصد به تغلیظ شده های تا حداکثر ۴۶/۸۲ درصد رسیده اند (۳) و در چین از نمونه ۲۹ درصد به ۴۵/۲ درصد دسترسی یافته اند (۴).

مشکل اساسی ما، رسیدن به عیار بالاتر از این حد بود که با روشهای فیزیکی ممکن نبوده و باید با روشهای شیمیایی مناسب این هدف را پیگیری کرد.

کارهای عملی

بمنظور تغلیظ ایلمنیت، مقداری از نمونه پرعیار طبیعی را که در ساحل رودخانه درگز کهنوج انباشته شده بود از محل تهیه و برای عملیات مختلف به آزمایشگاه منتقل کردیم. اولین کار آزمایشگاهی برای شناسایی ترکیبات مختلف کانی، تجزیه توسط اشعه ایکس بود و با این روش معلوم کردیم که کانسار مزبور از ایلمنیت، منیتیت، پیروکسین، آمفیبول، زیرکن روتیل و هماتیت تشکیل شده است.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

مقداری از نمونه را در دستگاه پودر کننده تا حد مش (۲۰۰) خرد کردیم و پس از ذوب قلیائی و حل آن در یک بوته تفلنی، محصول را با روشهای کلاسیکی و اسپکتروفوتومتری تجزیه کردیم. مقدار ۵۰ میلی گرم از آنرا هم، با اسپکترومتر نشری عمل کردیم و از مقایسه نتای کانسار را طبق جدول زیر بدست آوریم.

جدول ۱ - نتایج حاصل از آنالیز نمونه اولیه

ترکیب اندازه گیری شده	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	FeO	Fe_2O_3	CaO
درصد	۳۶/۷	۱۲/۱۲	۳/۸۲	۱۲/۷۹	۱۲/۳۲	۷/۲۵
ترکیب اندازه گیری شده	Na_2O	K_2O	MnO	P_2O_5	L.O.I	MgO
درصد	۰/۳۵	۰/۲۳	۰/۶۵	۰/۰۳	۲/۰۹	۵/۵۲

L.O.I کاهش در اثر سوزانیدن

پرعیارسازی فیزیکی را با خرد کردن نمونه تامش (۷-) شروع کردیم و با تجزیه سرندی، دانه های با ابعاد مختلف را طبقه بندی کرده و مورد بررسی و آنالیز قرار دادیم. معلوم گردید که دو دانه بندی بامش (۲۰+۷-) و مش (۷۰+۲۰-) برای پرعیارسازی مناسب تر هستند. زیرا دانه بندی اول ۶۷/۲۳ درصد کانسار را تشکیل می‌داد که دارای ۵۹/۲۶ درصد ازکل TiO_2 بود و دانه بندی دوم ۲۵/۳۲ درصد کانسار را شامل می‌شد که ۳۲/۴۱ درصد از کل TiO_2 را در خود داشت (۵).

این دو نوع دانه بندی برای عملیات پرعیارسازی به روش جیگ، میز و مارپیچ استفاده شد. و سپس محصول پرعیار را برای جداکردن الکترومغناطیسی و الکترواستاتیکی بکار بردیم.

عملیات مغناطیسی روی نمونه با دانه بندی مش ۲۰-) نتوانست جدایش مناسبی را برای ایلمنیت از سب موجود در آن فراهم آورد. اما جدایش الکترواستا محصول پرعیار خوب و باطله را نتیجه داد. این م پرعیار مورد عمل جدایش مغناطیسی خشک در شدت آمپر قرار گرفت و محصولی با عیار ۳۸/۰۲ درصد بدست آمد.

ساختار این محصول در جدول زیر داده شده است.

جدول ۲ - ساختار پرعیار نهایی

ترکیب	TiO_2	FeO	Fe_2O_3	SiO_2	CaO
درصد	۳۸/۰۲	۳۲/۲۲	۱۹/۰۹	۲/۷۲	۲/۳۵

فرمول کانی های این محصول و درصد تقریبی، هر کانی را می‌توان بصورت زیر نوشت:

کانی	ایلمنیت	منیتیت	ایلمومنیتیت	سیلیکاتها
درصد	۷۰	۵	۲۲	۳

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

تا این مرحله ۴۲ درصد جدا شده و بقیه بصورت باطله دور ریخته شد. از جدایش الکترومغناطیسی این ترکیب پرعیار، محصولی بدست آمد که ساختار آن چنین بود:

جدول ۳ - نتایج آنالیز کامل ایلمنیت پرعیار شده به روشهای فیزیکی و مکانیکی

ترکیب	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	FeO	Fe_2O_3
درصد	۱/۰۲	۰/۲۵	۴۳/۲	۲۱	۳۳/۸
ترکیب	MgO	Na_2O	K_2O	L.O.I	CaO
درصد	۰/۳	ناچیز	ناچیز	کم	۰/۱

اصولاً با روشهای فیزیکی و مکانیکی و بدون صرف وقت زیاد، نمی‌توان نمونه پرعیارتری را از ایلمنیت تهیه کرد و برای این منظور باید از روشهای پرعیارسازی شیمیایی استفاده نمود ($FeO.TiO_2$ دارای ماکسیموم ۵۲/۷ درصد TiO_2 است) لذا، عملیات کانی شویی با هیدروکلریک اسید، سولفوریک اسید و مخلوطی از HCl و الکلها را (۶) انجام دادیم تا بتوانیم آهن و دیگر ناخالصی های موجود در ایلمنیت را حل کرده و از آن جدا کنیم. نتیجه اسید شویی روی دانه بندی های مختلف نشان داد که اگر دانه بندی ایلمنیت بین مش (۱۵۰+ ۱۰۰-) باشد، عمل جداسازی آهن بهتر انجام می‌شود.

در تمام این عملیات کانی شویی به روش شیمیایی هدف های زیر مورد نظر بوده است.

۱- اثر غلظت محلول HCl روی فرآیند کانی شویی

۲- اثر محلول H_2SO_4 و غلظت آن روی فرایند کانی شویی و مقایسه با اثر محلول HCl

۳- اثر احیای نمونه روی فرآیند کانی شویی با اسید

۴- اثر مخلوط آبی متانول + HCl روی فرایند

۵- اثر مخلوط آبی اتانل + HCl روی فرآیند

۶- اثر مخلوط آبی اتیلن گلیکول + HCl روی فرآیند کانی شویی

در هر آزمایش، حدود ۲/۵ گرم ایلمنیت پرعیار شده (عیار ۴۳/۲ درصد) را در یک بالن ۳۰۰ میلی لیتری (شکل ۱) ریخته و به آن ۱۲۵ میلی لیتر حلال کانی شویی اضافه می‌کردیم. تا دمای $110^{\circ}C$ گرم کرده و در فواصل زمانی معین، مقدار یک میلی لیتر از محلول را خارج می‌کردیم و مقدار آهن آنرا با دستگاه جذب اتمی اندازه می‌گرفتیم. عملیات کانی شویی با هیدروکلریک اسید را یکبار مستقیما روی نمونه پرعیار شده و بار دیگر روی نمونه احیاء شده با ذغال کک (کک مورد استفاده از حوزه آبیک تهیه شده و ۶۳ درصد کربن داشته است)، انجام دادیم. در مورد شستشوی با سولفوریک اسید، از نمونهٔ احیاء شده استفاده کردیم. نتایج بدست آمده در جدول ۴ و ۵ و ۶ و شکلهای ۲ و ۳ و ۴ داده شده است.

این نتایج راهنمای ما در انتخاب اسید و غلظت آن شد.

برای بررسی اثر الکل ها، مخلوط های آبی اسید و آنها را بشرح زیر تهیه کرده و به عنوان حلال کانی شویی مورد استفاده قرار دادیم. به محلول غلیظ هیدروکلریک اسید آنقدر الکل افزودیم که غلظت اسید به ۹ و ۶ و ۴/۵ و ۳ و ۱ نرمال تقلیل

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

یابد. علت انتخاب HCl توانایی زیاد آن در حذف آهن در غلظت های بالا نسبت به H_2SO_4 و کمی مشکل فاضلاب اسیدی و امکان بازیابی مجدد آن می‌باشد.

نتایج بدست آمده برای مخلوط اسید و الکل در
و ۸ و ۹ و شکل های ۵ و ٦ و ۷ نشان داده شده ا
شکل ۸ اثر محلول هیدروکلریک اسید ۳/۵ مولار همرا
های مختلف مقایسه شده است.

جدول ٤ – تاثیر غلظت هیدروکلریک اسید روی حذف آهن موجود در ایلمنیت

مولاریته اسی / زم	درصد آهن حذف شده توسط محلول هیدروکلریک اسید					
	۱	۳	۳/۵	٦	۹	۱۲
۰	۰/۱۳	۰/۲۰	۰/۸۰	۲/۵۰	۴/۱۰	۸/۵
۰	۰/۲۰	۰/۱۵	۲/۵۰	۱۰/۵۰	۷/۰۰	۲۱/۵۰
۰	۰/۷۰	۲/۰۰	۴/۰۰	۱۷/۰۰	۲٦/۵۰	۳۱/۰۰
۰	۰/۸۳	۲/٦۰	٦/۰۰	۲۳/۰۰	۳۱/۰۰	۳٦/۰۰
۰	۱/۰۰	۳/۷۰	۷/۵۰	۲٦/۵۰	۳۲/۰۰	۳۷/۱۰
۰	۱/۲۰	۴/۵	۸/۷۰	۲۸/۰۰	۳۳/۵۰	۳۸/۰۰

جدول ۵ – تاثیر غلظت هیدروکلریک اسید روی حذف آهن موجود در ایلمنیت احیا شده

مولاریته اسی / زم	درصد آهن حذف شده توسط محلول هیدروکلریک اسید					
	۱	۳	۳/۵	٦	۹	۱۲
۱۰	۰/۱۵	۰/۵۰	۱/۵۰	۳/۸	۵/۵	۱۰/۵
۲۰	۰/۲۵	۱/۰۰	۳/۵۰	۲۱/۰	۲۷/۵	۳۲/۰
۳۰	۰/۸۰	۲/٦۰	۵/۸۰	۳۰/۲	۳۵/۰	۳۹/۵
۴۰	۱/۰۰	۳/۷۰	۸/۰۰	۳٦/۰	۳۹/۵	۳۵/۰
۵۰	۱/۵۰	۵/۲۳	۱۰/۳	۳٦/۵	۳۱/۵	۲۷/۵
٦۰	۱/۸۰	٦/۵۰	۱۲/۵	۳۷/۰	۲۳/۲	۲۸/۳

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ٦ - تاثیر غلظت سولفوریک اسید روی حذف آهن موجود در ایلمنیت احیا شده

مولاریته اسید / زمان به دقیقه	درصد آهن حذف شده توسط محلول سولفوریک اسید					
	۱	۳	۴/۵	٦	۹	۱۲
۱۰	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۵	۱/۵	۲/۵
۲۰	۰/۱۰	۰/۵۰	۱/۰	۲/۰	۸/۰	۱۲/۵
۳۰	۰/۳۵	۱/۰	۲/۲	۷/۰	۱۲/۵	۱۸/۵
۴۰	۰/۵	۱/۵	۳/۵	۹/۵	۱٦/۰	۲۱/۵
۵۰	۰/٦۵	۲/۰	۴/۵	۱۱/۰	۱۷/۵	۲۳/۰
٦۰	۰/۷۵	۲/۵	۵/۵	۱۲/۰	۱۸/۰	۲۲/۰

جدول ۷ - تاثیر محلول HCl - متانل روی حذف آهن از ایلمنیت احیا شده

مولاریته اسید / زمان به دقیقه	درصد آهن حذف شده توسط محلول HCl - متانل				
	۱	۳	۴/۵	٦	۹
۱۰	۰/۲	۰/۷	۲/۵	۲/۳	۷/۵
۲۰	۰/۵	۲/۳	۵/۰	۲۵/۰	۳۱/۵
۳۰	۱/۰	۳/۸	۷/۰	۳۲/۰	۴۱/۰
۴۰	۱/۵	۵/۵	۱۰/۲	۳۸/۵	۴۵/۱
۵۰	۲/۰	٦/۵	۱۲/۵	۴۰/۵	۴۸/۲
٦۰	۲/۵	۸/۷	۱۳/۵	۴۲/۰	۴۹/۰

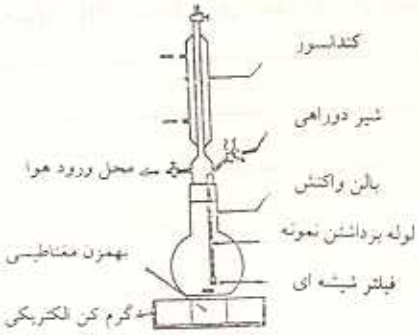
جدول ۸ - تاثیر محلول HCl - اتانل روی حذف آهن از ایلمنیت احیا شده

مولاریته اسید / زمان به دقیقه	درصد آهن حذف شده توسط محلول اتانل - HCl				
	۱	۳	۴/۵	٦	۹
۱۰	۰/۵	۱/۵	۴/۰	۵/۵	۷/۵
۲۰	۱/۰	۳/۰	۸/۰	۲٦/۱	۳۵/۳
۳۰	۱/۵	۴/۵	۱۲/۰	۳۴/۵	۴۲/۲
۴۰	۲/۲	۷/۵	۱۵/۰	۳۹/۲	۴۵/۵
۵۰	۲/۵	۸/۷	۱۷/٦	۴۲/۵	۴۸/۵
٦۰	۳/۰	۹/۵	۱۹/۵	۴۳/٦	۴۹/۵

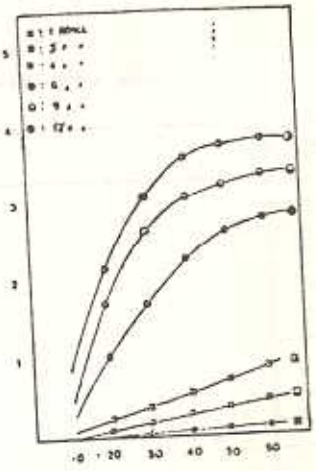
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

جدول ۹ – تاثیر محلول HCl – اتیلن گلیکول روی حذف آهن از ایلمنیت احیا شده

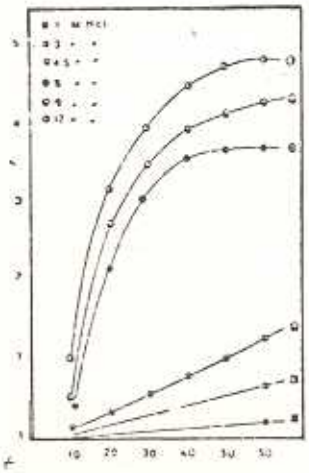
مولاریته اسید / زمان	درصد آهن حذف شده توسط محلول اتیلن گلیکول - HCl				
	۱	۳	۴/۵	۶	۹
۱۰	۰/۶	۱/۷	۵/۰	۶/۵	۹/۵
۲۰	۱/۵	۴/۰	۱۵/۶	۲۹/۵	۳۹/۱
۳۰	۲/۵	۶/۲	۲۱/۵	۳۶/۵	۴۲/۵
۴۰	۳/۵	۸/۳	۲۶/۰	۳۱/۵	۴۵/۸
۵۰	۴/۰	۹/۵	۲۹/۵	۴۵/۶	۴۸/۷
۶۰	۴/۲	۱۰/۵	۳۲/۰	۴۷/۱	۵۰/۵



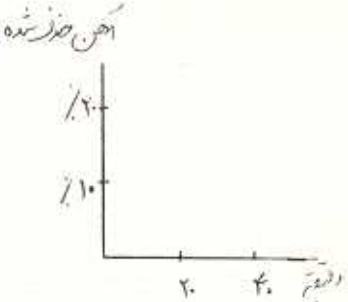
شکل ۱– شمای دستگاه کانی شوئی ایلمنیت



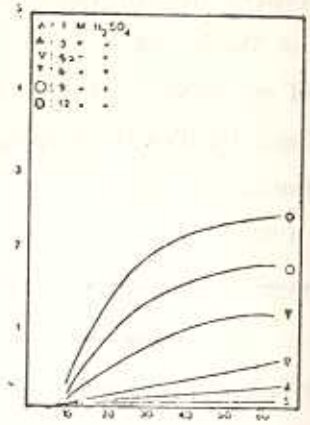
شکل ۲– تاثیر غلظت محلول HCl روی حذف آهن موجود در ایلمنیت



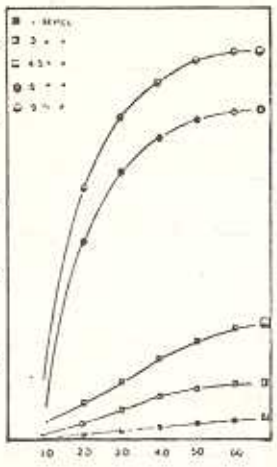
شکل ۳– تاثیر غلظت محلول HCl روی حذف آهن موجود در ایلمنیت احیا شده



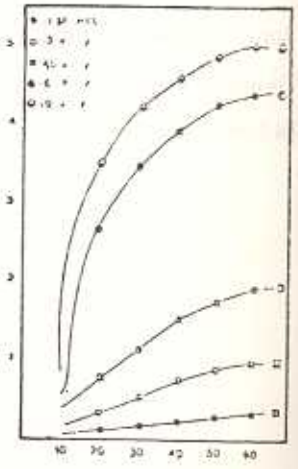
[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]



شکل ٤- تاثیر غلظت H_2SO_4 روی حذف آهن موجود در ایلمنیت احیا شده

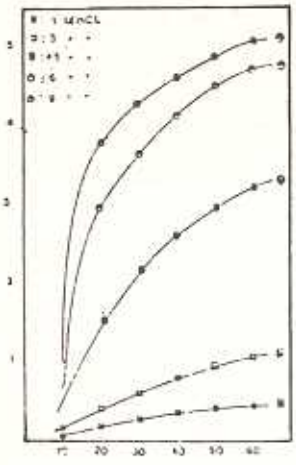


شکل ٥- تاثیر محلول HCl + متانل روی حذف آهن موجود در ایلمنیت احیا شده



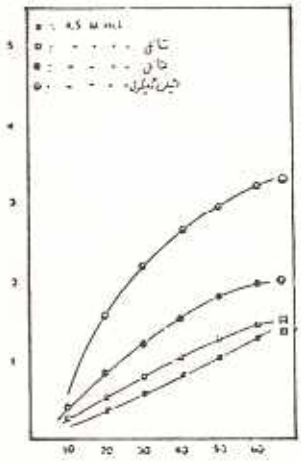
شکل ٦- تاثیر محلول HCl + اتانل روی حذف آهن

موجود در ایلمنیت احیا شده



شکل ۷- تاثیر محلول HCl + اتیلن گلیکول روی حذف آهن

موجود در ایلمنیت احیا شده



شکل ۸- مقایسهٔ تاثیر الکلهای متانل، اتانل و اتیلن گلیکول روی حذف آهن از ایلمنیت احیا شده در غلظت ٤/٥ مولار HCl

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

نتیجه

بنابر آنچه که شرح آن گذشت با اجرای عملیات پرعیارسازی، از کانسار اولیه ای که ۴/۸۴ درصد TiO_2 داشت توسط حلال HCl ،۹N+ آب + اتیلن گلیکول در مدت ۶۰ دقیقه توانسته ایم حدود ۵۰/۵ درصد آهن موجود در کنسانتره را حذف کنیم و محصولی با عیار ۶۳/۵ درصد TiO_2 تهیه کنیم. محصول با این عیار، ماده مناسبی برای تهیه رنگینه تیتانیوم دی اکسید بطریقه سولفات و احتمالا طریقهٔ کلراید (۷) است. یادآوری می‌شود که در فرآیند سولفات (۸) از ایلمنیت پرعیار ۵۰ الی ۶۰ درصد TiO_2 و در فرایند کلراید از ماده ای که ۶۰ الی ۷۰ درصد TiO_2 دارد استفاده می‌شود.

منابع

۱- کانسارهای تیتانیوم کهنوج، س. کوثری، ف. آزرم، س. شمسا، م. علوی نائینی، ج. رضوانی، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۶۳

۲- عملیات کانه آرایی کانسار ایلمنیت کهنوج، رئیسی و امینی، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۳۶۷

g Tests on Iranian Ilmenite raw materials. By: ustria, Marsh 1988.

h of ore dressing Technical Testing of Ilmenite Iran. By: Centre of Geoligical Analysis of . Bureau of Geology and Minerals. China .J), 1988.

۵- محمود پایه قدر، پایان نامه کارشناسی ا

۱۳۶۹، دانشگاه تربیت معلم تهران

. I. Turker. L., Hydrochloric acid leaching of te. Effect of Alcohol species. bull. proc - lia. Inst. Min. Metall. 291. (51). 61 - 64. July

y J. Lefond, Titanium minerals. Industrial ls and Rock. 5th Edition. society of mining eers. 1983.

G.W., Tress. J.E. Jordan. R.R., Utilization of stic low - grade titaniferous Materials for cing Titanium Tetrachloride.. Light Metal. Dallas. 14 - 18 Feb 1982 Publ: Metallurgical society. New 1982.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]

Processing of Ilmenit from Kalnuj area inorder to concentrate and produce artificial rutile

Naficy, G. H.

Department of Chemistry, Tarbeyat Moallem University, Tehran, Iran

Abstract :

Ilmenite ore which has been concentrated naturally by the Dargaz River deposits in Kalnuj district was collected. Preliminary investigation was made by X-ray. The chemical analysis of a sample showed 4.84 percent of ilmenite content. A sample of the ore was crushed to mesh (7) and several samples (totaling about 1.5 Kg.) were prepared. The mechanical separation showed that the product of mesh (-7 + 20) and mesh (-20 + 70) were suitable for further upgrading. The Jig , table and spiral process as well as magnetically and electrically separations resulted in products containing 43.2 percent TiO_2. Then this upgrading product was reduced by coke followed by acid washing with either sulfuric or hydrochloric acids. Acid washing of the reduced product with 9M hydrochloric acid and one of the solvents (methanol, ethanol or ethylene glycol) was completed the results showed that when 9M hydrochloric acid and ethylene glycol was used as solvent an upgraded ilmenite with 63.5 percent TiO_2 was obtained.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-11-11]