

سنتز نانو میله‌های اکسید مس با استفاده از روش

مکانیکی - شیمیایی

مریم کارگر رازی^{۱*}، بابک صادقی^۲، مرضیه تزرایی^۳

۱- هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده شیمی، تهران، ایران

۲- هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تنکابن، گروه شیمی، تنکابن، ایران

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، دانشکده شیمی، تهران، ایران

چکیده: نانوذرات اکسید مس به روش‌های متفاوتی مانند آب‌گرمایی، سل-ژل، کاهش شیمیایی، میکرومولسیون، الکتروشیمیایی، هم-رسوبی سونوشیمیایی و مکانیکی شیمیایی سنتز شده است. در این مقاله، سنتز نانو ذرات اکسید مس از میکروپودر اکسید مس حاصل از کنسانتره فلوتاسیون سنگ معدن طلا در محیط نمک سولفات مس تحت شرایط دما، pH و زمان مشخص تهیه و ریخت‌شناسی و پراکندگی آن‌ها با استفاده از نمک تارتارات سدیم به عنوان واکنشگر اصلی بررسی شد. نتایج با استناد به اندازه‌گیری‌های طیف‌سنجی فلورسانس پرتو (XRF)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس (EDX) تأیید شد. نتایج EDX و SEM نانوذرات مس سنتزی و تکلیس یا کشته سازی (کلسینه) شده (در دمای ۴۱۰-۳۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷۵-۵۰ دقیقه) در محیط تارتارات سدیم ۱٪، را نشان می‌دهد و در نهایت، نانوذرات میله‌ای مس با اندازه (۲۱۵nm × ۵۴) تشکیل می‌شود. نتایج میکروسکوپ الکترونی روبشی، نتایج حاصل از پراش پرتو ایکس را تأیید می‌کند. در نهایت، می‌توان بیان داشت که تغییر در روند فرعی لیچینگ، سبب تغییرات اساسی در ریخت‌شناسی و ماهیت نانو اکسید مس با درجه خلوصی در گستره ۹۷-۹۵ درصد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: نانومیله‌های اکسید مس؛ تارتارات سدیم؛ روش مکانیکی- شیمیایی؛ میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)؛ پراش پرتو ایکس (XRD).

*m_kargarrazi@iaui-tnb.ac.ir

یکی از موارد کاربرد نانومس به‌عنوان کاتالیست، استفاده در سنتز ۳،۲،۱ تری آزول‌ها است که این مواد کاربردهای زیادی در داروسازی دارند [۱۳]. نانوذرات مس می‌توانند فعالیت کاتالیستی اکسید روی در واکنش هیدروژناسیون CO₂ برای سنتز متانول را بهبود بخشند [۱۰]. این واکنش بدون حضور کاتالیست کمکی نانومس، بیشترین مقدار CO₂ تبدیل را ۳۰ درصد، در دمای ۴۵۰°C نشان می‌دهد، افزایش نانومس باعث بهبود این درصد تبدیل تا بالاتر از ۷۵ درصد در همین دما می‌شود. اثرات

۱- مقدمه

نانوذرات اکسید مس می‌توانند در واکنش‌های شیمیایی به‌عنوان کاتالیست به‌کار روند [۸-۱]، همچنین، به‌علت هدایت الکتریکی بالا در صنایع الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. این ذرات در مهندسی مواد به‌عنوان آلیاژ فلزی و پوشش‌های ضد خوردگی و سایش حائز اهمیت هستند و در ساخت گریس و روغن‌های جامد نیز کاربرد دارند [۹-۱۲].

کاتالیستی نانومس در واکنش کوپل شدن فنیل دیدید در حضور نانوذرات مس (سایز ۲۰nm)، بازده ۸۹ درصد دارد در حالی که با ذرات مس معمولی بازده ۳۵ درصد است [۱]. افزون بر موارد بالا نانوذرات مس به عنوان کاتالیست در واکنش‌های زیر به کار رفته‌اند:

اکسایش فنول‌ها به وسیله اکسیژن مولکولی، اکسایش الکان تیول‌ها - واکنش کوپل شدن اپوکسی آلکیل هالیدها و همچنین، بررسی شده که این نانوذرات می‌توانند فعالیت کاتالیستی روی اکسید در واکنش هیدراسیون و دهیدراسیون را بهبود بخشند [۹۴و۹]. از نانوپودر خالص مس حاصل از فرایند الکترولیز همراه با تنگستن کاربرد و نیتريد آلومینیم تحت شرایط سینترینگ و فشار بالا می‌توان آلیاژی با سختی بیش از حد متعارف دست یافت [۱۵]. اکسید مس (II) به علت فعالیت و گزینش پذیری بالایی که در واکنش‌های اکسایش و کاهش از خود نشان می‌دهد به طور گسترده‌ای در این گونه واکنش‌ها به عنوان کاتالیست به کار گرفته می‌شود [۳]. از جمله کاربردهای دیگر نانوذرات اکسید مس، در جذب‌ها، حسگرهای گازی و زیست حسگرها [۱۱و۱۸]، ویژگی مغناطیسی و نوری [۱۸-۱۷]، ویژگی حرارتی [۲۰-۱۹]، آشکارسازهای نوری [۱۳]، کاربرد در الکترونیک [۲۱]، از بین برنده آلودگی‌های معدنی و فتوکاتالیستی [۲۳-۲۲]، انتقال فاز [۲۴] و تهیه آسان، غیرسمی بودن، بازده زیاد، هزینه کم و دوستدار محیط زیست بودن از جمله موارد و مزیت‌های این نانوذره است [۲۵و۱۸و۶].

نانوذرات اکسید مس به روش‌های متفاوتی مانند آب‌گرمایی، سل - ژل، کاهش شیمیایی، میکرومولسیون، الکتروشیمیایی، هم-رسوبی سونوشیمیایی و مکانیکی شیمیایی سنتز شده است در این پژوهش، نانوذرات از میکروپودر، به روش مکانیکی - شیمیایی سنتز شده‌اند.

۲- بخش تجربی

۱-۲ مواد اولیه

کنسانتره حاصل از فلوتاسیون خاک پر مس کم عیار سولفیدی معدن طلا (معدن سنجده در استان اصفهان)، مس سولفید به همراه طلا به نسبت ۳ : ۱ از مس به طلا برحسب ppm ۲۵۰۰، اتانول ۹۹٪ (شرکت مرک)، محلول اسید نیتریک ۲۰٪، محلول

آمونیاک ۲۵٪ (شرکت مرک)، محلول اتیلن گلیکول ۱۰٪ از شرکت مرک، محلول تارتارات سدیم ۱٪ از تارتارات سدیم ۹۹/۵٪، محلول سولفات مس راز نمک سولفات مس ۵آبه (شرکت مرک)، محلول اسید سولفوریک ۱ مولار، نمک هیدرازینیم سولفات (شرکت مرک).

۲-۲ دستگاه‌ها

- ۱- کوره الکتریکی (AZAR-1250)
 - ۲- آون (MEMERT-schutzart DIN 40050-IP20)
 - ۳- pH متر (HORIBA-F-12)
 - ۴- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) Philips-XL30
 - ۵- دستگاه فلوتورسانس پرتو ایکس XRF
 - ۶- دستگاه پراش پرتو ایکس XRD
 - ۷- دستگاه اولتراسونیک (BANDELIN-SONOREX)
 - ۸- دستگاه آنالیز غربالی (JANKE & KUKel - KS500)
- پس از آماده‌سازی کنسانتره پیش از لیچینگ مراحل پیش عمل آوری و اکسایش که در این پژوهش پیش لیچینگ است، انجام شد. با افزودن آمونیاک، اکسید آهن موجود از محلول صاف شده و جداسازی شد. محلول صاف شده حاصل حاوی مس است. با افزودن هیدرازینیم سولفات، رسوب کلوییدی مس تشکیل و پس از جداسازی با اسید سولفوریک و سپس آب داغ، شسته و خشک شد، متانول به رسوب افزوده و اختلاط داده شد. سپس، آن را صاف کرده و در کوره تکلیس یا کشته‌سازی (کلسینه) شده (در دمای ۴۱۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۵-۵۰ دقیقه) شد. پس از شستشو و آماده سازی پودر اکسید مس به دست آمد. برای دستیابی به پودر میکرونی شده اکسید مس، پودر اکسید مس به دست آمده از مراحل پیش را با اسید سولفوریک اختلاط داده، سپس، صاف کرده تکلیس یا کشته‌سازی شد. سپس، همراه با اتانول در اولتراسونیک قرار گرفت و پس از آن صاف و تا رسیدن به pH= ۷ با آب مقطر شسته شد. در مرحله آخر تکلیس یا کشته‌سازی شد. پس از اتمام این مراحل پودر میکرونی شده مس بدست آمد. کنسانتره سولفیدی مس پس از جداسازی از طلا به- عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲- مراحل تولید نانو ذرات اکسید مس

پودرمیکرونی شده اکسید مس تهیه شده در محلول سولفات مس قرار گرفت و اختلاط داده شد به مخلوط حاصل، محلول تارتارات سدیم ۱٪ در حضور اتانول افزوده و پس از اختلاط تحت اولتراسونیک قرار گرفت سپس، فیلتر شده، با آب مقطر شسته و در نهایت تکلیس یا کشته‌سازی شد.

۳-۴- واکنش اکسید مس پودری با محلول اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪

محلول اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪ به پودر میکرونی شده اکسید مس افزوده و اختلاط داده شد. مخلوط حاصل تحت اولتراسونیک قرار گرفت. پس از فیلتراسیون، با آب مقطر شستشو داده و در نهایت تکلیس یا کشته‌سازی شد. سپس، نمونه‌های به دست آمده به روش‌های XRD، SEM، EDX و TEM بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- آنالیز غربالی (دانه بندی) پودر حاوی اکسید مس:

جدول ۱: نتایج آنالیز غربالی پودر حاوی اکسید مس.

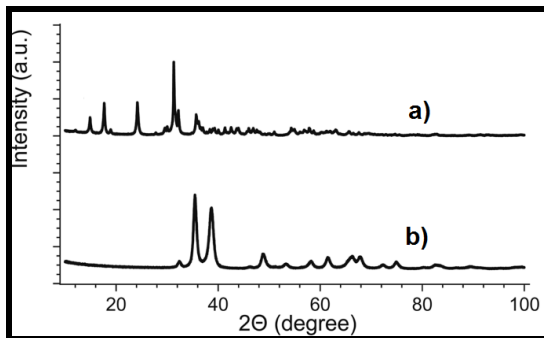
اندازه الک	در صد از کل
۰٫۵μm	۲۵٫۷٪
۰٫۲۵۰μm	۵۸٪
۰٫۱۲۵μm	۱۰٫۵۵٪
$\leq 0.125\mu\text{m}$	۵٫۲۵٪
جمع کل	۱۰۰٪

جدول ۲: شرایط دما، pH و زمان در محیط نمک سولفات مس.

Sample	Media (%)	pH	CuSO ₄	TimeCalc	TimeMix
				hr	min
S ₁	Sodium tartarate1	۷	-/۰٫۹	۲	۳۰
S ₂	Ethylene glycol10 + Sodium tartarate1	۶	-/۰٫۹	۲	۳۰
S ₃	Ethylene glycol	۵	-/۰٫۹	۲	۳۰
S ₄	Sodium tartarate2	۶٫۵	-/۰٫۹	۲	۳۰
S ₅	Sodium tartarate2	۵	-/۰٫۹	۲	۳۰

۳-۲- نتایج آنالیز XRD:

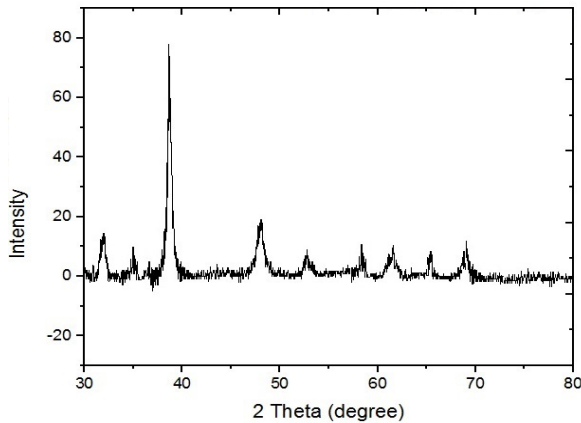
بررسی الگوهای پراش پرتو ایکس نشان داد که کنسانتره فلوتاسیون از قسمت زیادی رس و سیلیس (کوارتز) در فاز اصلی تشکیل شده است. پیک‌های کانی آلپیت در گستره ۲۸٫۳۱، ۳۶٫۳۹، ۴۲٫۴۵ و ۵۰ قابل مشاهده است (شکل ۱a).



شکل ۱: نتایج آنالیز XRD کنسانتره (a) پیش از لیچینگ، (b) پس از لیچینگ.

وجود این پیک‌ها نشان می‌دهد که نمونه دارای مشخصات خاک-های با مقدار رس بالاست. کوارتز و آلپیت از کانی‌های مشخص کننده ترکیبات رسی هستند. پیک‌های مشاهده شده کوارتز و آلپیت در هر دو نمونه کنسانتره فلوتاسیون پیش و پس از فرایند اکسایش تقریباً یکسان بودند. در الگوی پراش کنسانتره پیش از اکسایش پیک‌های کانی پیریت که بیانگر وجود ترکیبات سولفیدی آهن در نمونه است در نواحی ۳۳، ۴۱، ۵۶٫۵، ۶۲، ۶۴ و ۸۴ مشاهده شد (شکل ۱a). در حالی که این پیک‌ها در الگوی پراش کنسانتره پس از اکسایش اسید نیتریکی کامل از بین رفته و حذف شده بود. حذف پیک‌های پیریت نشان می‌دهد. طی فرایند لیچینگ به وسیله اسید نیتریک، آهن موجود در نمونه اکسید شده و بصورت یون و ترکیبات اکسیدی وارد محلول حاصل از لیچینگ شده است که در مدت فیلتراسیون از کنسانتره جدا شده است.

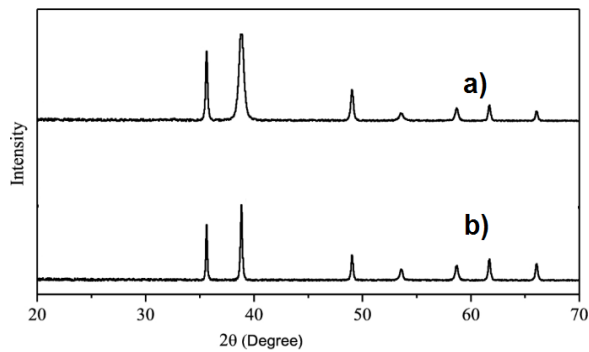
اندازه‌گیری‌های جذب اتمی از محلول زیر صافی لیچینگ موید این مطلب است. همان‌طور که ذکر شد، به محلول به دست آمده از لیچینگ اسیدی، پس از افزودن آمونیاک و حذف آهن، هیدرازینیم سولفات افزوده شد و رسوب قهوه‌ای رنگ اکسید مس به دست آمد. نتایج حاکی از آن است که فاز اصلی حاوی کوپریت است. در نتایج شکل (شکل ۱b) فاز اصلی شامل اکسیدهای مس (کوپریت) است. ناخالصی اندک کوارتز و خاک رس به دلیل منشأ



شکل ۶: نتایج آنالیز XRD نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته سازی (کلسینه) شده اکسید مس در محیط تارتارات سدیم ۱٪.

نتایج XRD حاکی از آن است که در فاز اصلی ۱۰٪ (Cu_2O) و ۷۶٪ (CuO) موجود است.

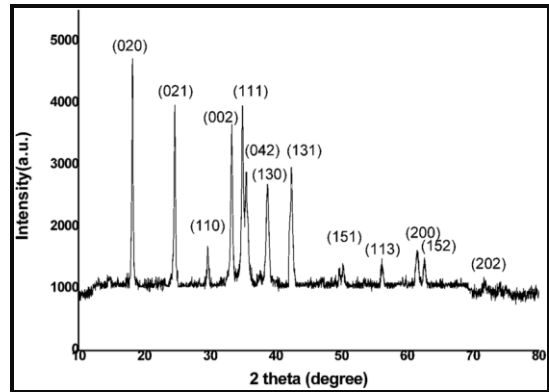
۳-۳- نتایج آنالیز XRD نانوپودرهای حاوی اکسید مس
شکل (۶) نتایج XRD حاکی از آن است که فاز اصلی حاوی ۵۱٪ (CuO) است.



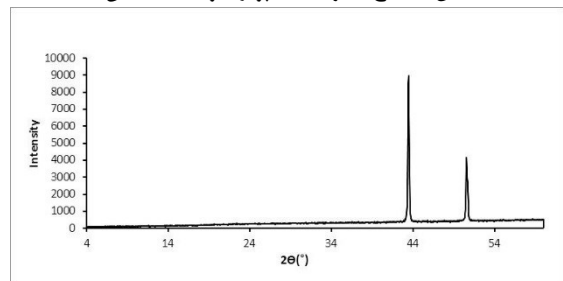
شکل ۷: نتایج آنالیز XRD نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته-سازی (کلسینه) شده اکسید مس (a) در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪ (b) در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪.

(شکل ۷a) نتایج XRD حاکی از آن است که فاز اصلی حاوی ۹۰٪ (CuO) است. (شکل ۷b) نتایج XRD حاکی از آن است که فاز اصلی حاوی ۹۰٪ (CuO) است.

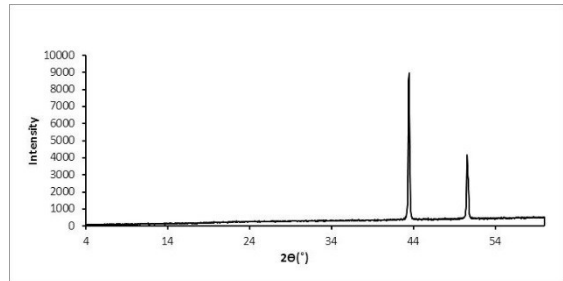
طبیعی نمونه دیده می‌شود و با انجام یک مرحله لیچینگ این ناخالصی‌ها حذف شد. این امر در نتایج شکل‌های (۲، ۳، ۴، ۵) مشاهده می‌شود.



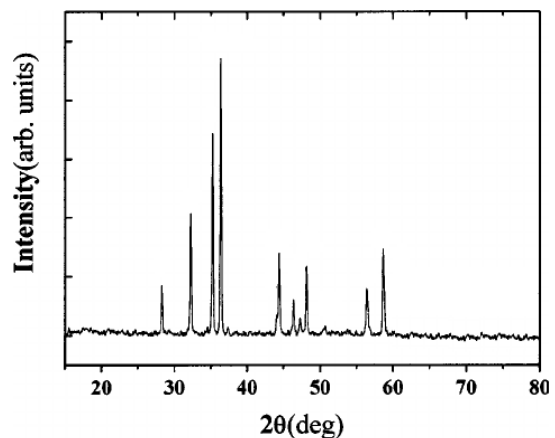
شکل ۲: نتایج آنالیز XRD پودر حاوی اکسید مس.



شکل ۳: نتایج آنالیز XRD پودر میکرونی شده حاوی اکسید مس.

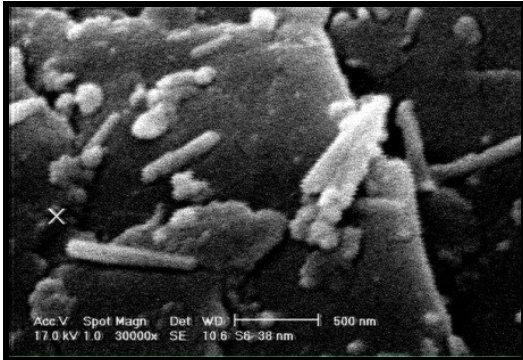


شکل ۴: نتایج آنالیز XRD پودر میکرونی شده حاوی اکسید مس پس از لیچینگ با اسید نیتریک.

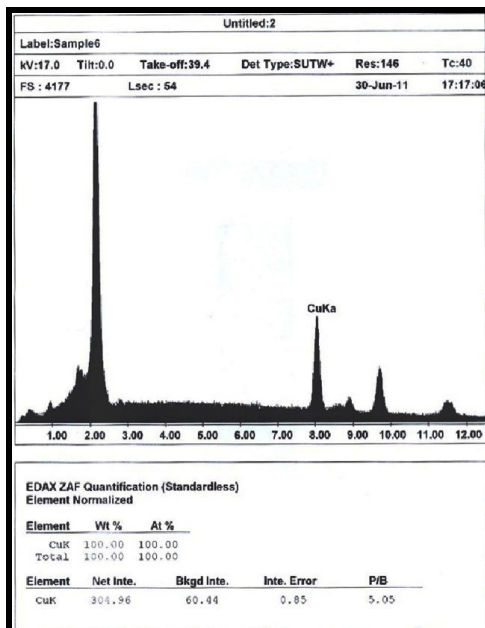


شکل ۵: نتایج آنالیز XRD پودر میکرونی شده حاوی اکسید مس پس از لیچینگ (اسید سولفوریک).

شده است. طیف EDX حضور کامل مس را در نمونه نشان می-دهد. در این شکل نانوذرات مس با اندازه (۳۸nm) نانومتر به-طور کامل مشاهده می‌شود.



شکل ۱۰: SEM پودر حاوی اکسید مس (۳۸nm) در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪.

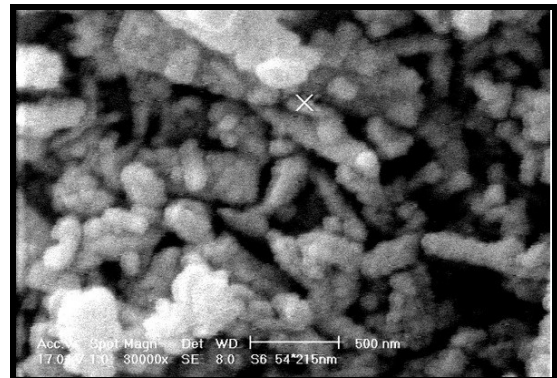


شکل ۱۱: نتایج آنالیز EDX پودر حاوی اکسید مس در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪.

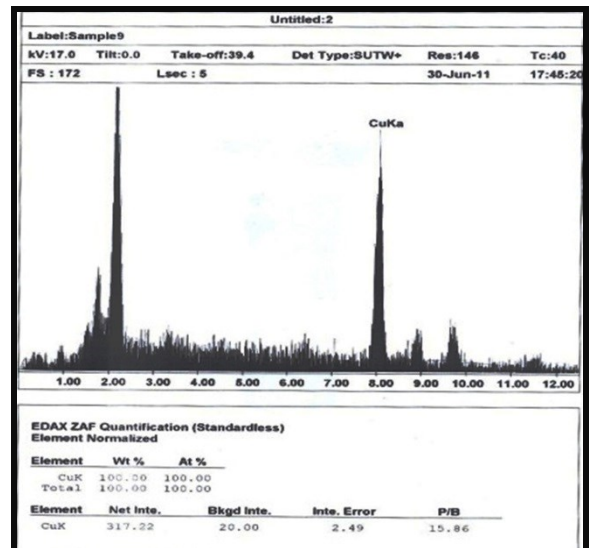
۳-۶ نتایج SEM و EDX نانوپودر اکسید مس

۳-۶-۱ نتایج SEM و EDX نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته سازی شده اکسید مس در محیط تارتارات سدیم ۱٪ نتایج EDX و SEM نانوذرات مس سنتزی و تکلیس یا کشته-سازی (کلسینه) شده در دمای 400°C در محیط تارتاریک اسید ۱٪ در شکل های (۱۲ و ۱۳) نشان داده شده است. طیف EDX حضور مس را در نمونه نشان می‌دهد. در این شکل نانوذرات مس با اندازه (۵۴nm) مشاهده می‌شود.

۳-۴ نتایج SEM و EDX نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته‌سازی شده اکسید مس در محیط تارتارات سدیم ۱٪ نتایج EDX و SEM نانوذرات مس سنتزی و تکلیس یا کشته-سازی (کلسینه) شده در دمای 400°C در محیط تارتارات سدیم ۱٪، در شکل های (۸ و ۹) نشان داده شده است. این طیف حضور کامل مس را در نمونه نشان می‌دهد. در این شکل نانوذرات میله‌ای مس با اندازه (۵۴×۲۱۵nm) به‌طور کامل مشاهده می‌شود.



شکل ۸: SEM پودر حاوی اکسید مس (۵۴× ۲۱۵nm) در محیط تارتارات سدیم ۱٪.



شکل ۹: نتایج آنالیز EDX پودر حاوی اکسید مس در محیط تارتارات سدیم ۱٪.

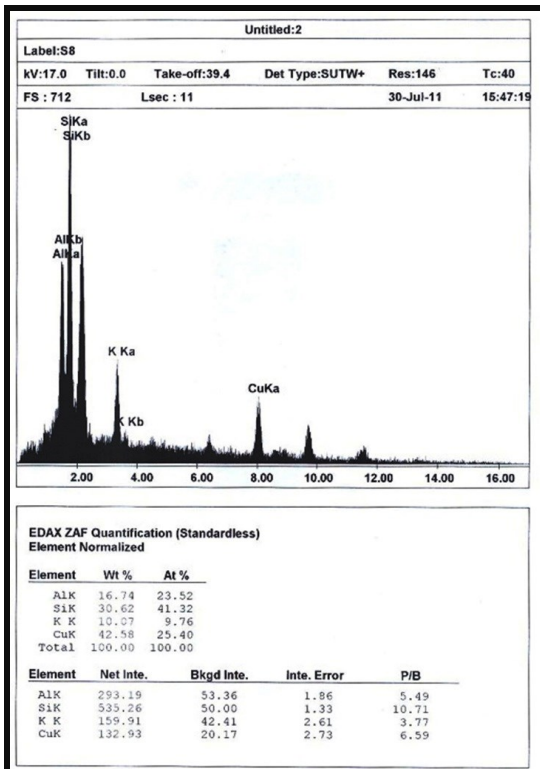
۳-۵ نتایج SEM و EDX نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته سازی شده اکسید مس در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪ نتایج SEM و EDX نانوذرات مس سنتزی و تکلیس یا کشته-سازی (کلسینه) شده در دمای 400°C در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪ در شکل های (۱۰ و ۱۱) نشان داده



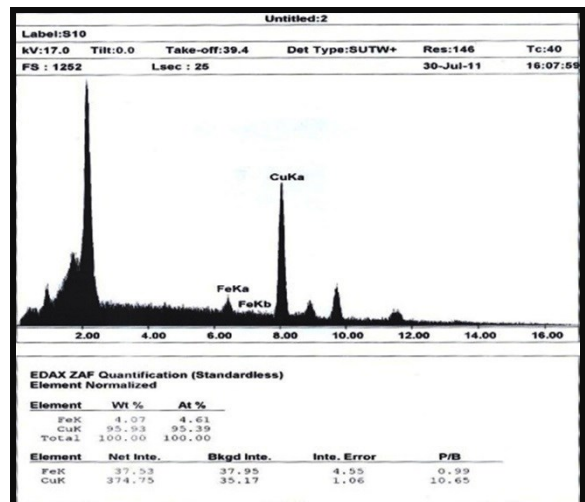
شکل ۱۴: تصویر SEM پودر حاوی اکسید مس (۴۸×۲۶۶nm) در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪/تارتارات سدیم ۱٪.



شکل ۱۲: SEM پودر حاوی اکسید مس (۵۴ nm) در محیط تارتارات سدیم ۱٪.



شکل ۱۵: نتایج آنالیز EDX پودر حاوی اکسید مس در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪.



شکل ۱۳: نتایج آنالیز EDX پودر حاوی اکسید مس در محیط تارتارات سدیم ۱٪.

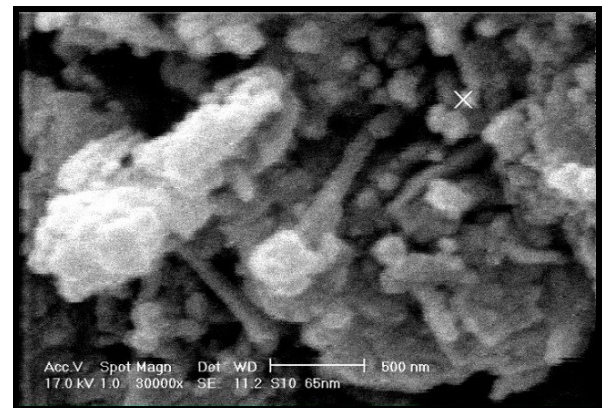
۲-۳-۶-۳ نتایج SEM و EDX نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته‌سازی شده اکسید مس در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪

تصویر EDX و SEM نانوذرات مس سنتزی و تکلیس یا کشته سازی (کلسینه) شده در دمای 400°C شده در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪ در شکل‌های (۱۴ و ۱۵) نشان داده شده‌است. همچنین، طیف EDX حضور مس را در نمونه نشان می‌دهد. در این شکل نانوذرات مس با اندازه (۴۸ × ۲۶۶ nm) مشاهده می‌شود.

۳-۳-۶-۳ نتایج SEM و EDX نانوذرات سنتزی و تکلیس یا کشته‌سازی شده اکسید مس در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪

تصویر EDX و SEM نانوذرات مس سنتزی و تکلیس یا کشته‌سازی (کلسینه) شده در دمای 400°C در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ نشان داده شده است، طیف EDX حضور مس را در نمونه نشان می‌دهد. در شکل‌های (۱۶ و ۱۷) نانوذرات مس با اندازه (۶۵ nm) مشاهده می‌شوند.

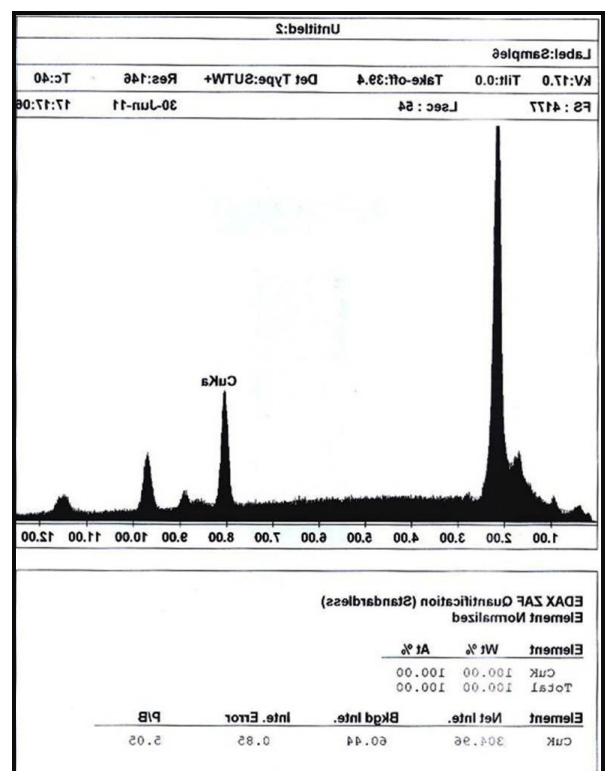
در ترکیب درصد، ریخت شناسی و نوع فاز وجود دارد. شواهد بالا حاکی از تأثیر شرایط لیچینگ بر تشکیل نانوپودر و نانوذرات است که این اثر به ماهیت نانوپودر مس برمی گردد که پیش ماده اصلی تهیه آن کانی معدنی بوده و به عبارتی، کنسانتره حاصل از فلوتاسیون است، از طرفی، اثر نمک های آلی در محیط سولفات مس نیز در شرایط تهیه نمونه و سایز ذرات مؤثر است. در نهایت، نانوپودر اکسید مس با درجه خلوصی در گستره ۹۷-۹۵ درصد به دست آمد.



شکل ۱۶: پودر حاوی اکسید مس (۶۵nm) در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪.

۵- مراجع

- [1] A. P. Aldo, J. K. Kenneth, "Chemical and catalytic activity of copper nanoparticles prepared via metal vapor synthesis," *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 225, 1-6, 2005.
- [2] A. Radhakrishnan, P. Rejani, B. Beena, "CuO nano structures as an ecofriendly nano photo catalyst and antimicrobial agent for environmental remediation," *Int. J. Nano Dimens.* 9, 145-157, 2018.
- [3] J. L. Li, T. Inui, "Enhancement in methanol synthesis activity of a copper/zinc/aluminum oxide catalyst by ultrasonic treatment during the course of the preparation procedure," *Appl. Catal. A.* 139, 87-96, 1996.
- [4] S. R. Rajeev, B. W. Arden, M. A. Vannice, "Influence of crystallite size on acetone hydrogenation over copper catalysts," *J. Phys. Chem.* 109, 2086-2092, 2005.
- [5] Y. Zhang, B. Deng, T. R. Zhang, D. M. Gao, A. W. Xu, "Shape effects of Cu₂O polyhedral microcrystals on photocatalytic activity," *J. Phys. Chem. C.* 114, 5073-5079, 2010.
- [6] R. Srivastava, M. U. Anu Prathap, R. Kore, "Morphologically controlled synthesis of copper oxides and their catalytic applications in the synthesis of propargylamine and oxidative degradation of methylene blue," *Colloids Surf. Physicochem. Eng. Aspects.* 392, 271-282, 2011.
- [7] M. Miyauchi, A. Nakajima, T. Watanabe, K. Hashimoto, "Photocatalysis and photoinduced hydrophilicity of various metal oxide thin films," *Chem Mater.* 14, 2812-2816, 2002.
- [8] S. Zaman, A. Zainelabdin, G. Amin, O. Nur, M. Willander, "The efficient catalytic effect of CuO nanostructures on the degradation of organic dyes," *J. Phys. Chem. Solids.* 73, 1320-1325, 2012.



شکل ۱۷: نتایج آنالیز EDX پودر حاوی اکسید مس در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪.

۴- نتیجه گیری

طبق نتایج به دست آمده از طیف SEM و EDX مربوط به نمونه اکسید مس پودری در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ و تارتارات سدیم ۱٪ اندازه کوچک تر حدود (۴۸×۲۶۶۶ nm) و در محیط اتیلن گلیکول ۱۰٪ باندازه بزرگتر حدود (۶۵ nm) سنتز شدند که مربوط به برهم کنش ها در ایجاد ریخت شناسی ذرات مس است. این بررسی نشان داد که تغییر در روند فرعی لیچینگ سبب تغییرات اساسی در ریخت شناسی و ماهیت نانوپودر و نانو اکسید مس می شود. بنابر نتایج SEM، EDX و XRD تغییرات پایه

polypyrrole,” *Main Group Met. Chem.* 38, 133–143, 2015.

- [23] X-Y. Yu, R-X. Xu, C. Gao, T. Luo, Y. Jia, J-H. Liu, “Novel 3D hierarchical cotton-candy-like CuO: Surfactant-free solvothermal synthesis and application in As(III) removal,” *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 4, 1954–1962, 2012.
- [24] K. Khojier, A. Behju, (2012), “Annealing temperature effect on nanostructure and phase transition of copper oxide thin films,” *Int. J. Nano Dimens.* 2, 185-190, 2012.
- [25] R. Asha, A. Rejani, B. Beena, “Synthesis, characterization and antimicrobial properties of CuO nanoparticles against gram-positive and gram-negative bacterial strains,” *Int. J. Nano Dimens.* 5, 519-524, 2014.
- [9] T. Chen, S. Chen, H. Chen, C. Yeh, “Reactivity of laser-prepared copper nanoparticles: Oxidation of thiols to disulfides. *J. Phys. Chem. B.* 106, 9717-9722, 2002.
- [10] S. Park, R. J. Gerte, J. M. Vohs, “Applications of heterogeneous catalysis in the direct oxidation of hydrocarbons in a solid-oxide fuel cell,” *Appl. Catal. A.* 200, 55-61, 2000.
- [11] L. Wu-Wu, Y. Guo., Z. Wei-Hong, “A porous Cu(II) metal-organic framework: synthesis, crystal structure and gas adsorption properties,” *J. Molec. Struct.* 1143, 20–22, 2017.
- [12] S. B. B. Wang, CH. H. Hsiao, S. J. J. Chang, K. T. T. Lam, K. H. H. Wen, S. C. C. Hung, “A CuO nanowire infrared photodetector,” *Sensor Actuat A.: Phys.* 171, 207–211, 2011.
- [13] J. Dennis Hlasta, H. James Ackerman, “Steric Effects on the Regioselectivity of an Azide-Alkyne Dipolar Cycloaddition Reaction: The Synthesis of Human Leukocyte Elastase Inhibitors,” *J. Org. Chem.* 59, 6184-6189, 1994.
- [14] G. Vitulli., M. Bernini, S. Bertozzi, E. Pitzalis, P. Salvadori, S. Coluccia, G. Martra, “Nanoscale copper particles derived from solvated Cu atoms in the activation of molecular oxygen,” *Chem. Mater.* 14, 1183-1186, 2002.
- [15] M. Czepelak, A. Mstazewski, A. Wrona, M. Lis, M. Osadnik, (2008), Institute of Nano Ferrous Metals, *Ul.*
- [16] H. Xu, G. Zhu, D. Zheng, C. Xi, X. Xu, X. Shen, “Porous CuO superstructure: precursor-mediated fabrication, gas sensing and photocatalytic properties,” *J. Colloid Interf. Sci.* 383, 75–81, 2012.
- [17] S. Rehman, A. Mumtaz, S. K. Hasanain, “Size effect on the magnetic and optical properties of CuO nanoparticles,” *J. Nano Part. Res.* 13, 2497-2507, 2010.
- [18] R. Al-Gaashani, S. Radman, N. Tabet, D. Razak, “Synthesis and optical properties of CuO nanostructures obtained via a novel thermal decomposition method,” *J. Alloys and Comp.* 509, 8761-869, 2011.
- [19] L. P. Zhou, B. X. Wang, X. F. Peng, X. Z. Du, Y. P. Yang, “On the specific heat capacity of CuO nanofluid,” *Adv. Mech. Eng.* 2010, 1–4, 2010.
- [20] H. Yu, J. Yu, S. Liu, S. Mann, (2007), “Template-free hydrothermal synthesis of CuO/Cu₂O composite hollow microspheres,” *Chem Mater*, 1943, 27–34, 2007.
- [21] X. Zhang, W. Shi, J. Zhu, D. Kharistal, W. Zhao, B. Lalia, (2011), “High-power and high-energy-density flexible pseudocapacitor electrodes made from porous CuO nanobelts and single-walled carbon nanotubes,” *ACS Nano*, 5, 13–9, 2011.
- [22] R. Asha, A. Rejani, (2015), “CuO/polypyrrole nanocomposites as a marker of toxic lead ions for ecological remediation in contrast with CuO and

Synthesis of Copper Oxide nano rods by mechanical-chemical method

Maryam Kargar Razi ^{*1}, Babak Sadeghi ², Marzieh Tazraee ³

¹Department of Chemistry, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

²Department of Chemistry, Tonekabon Branch, Islamic Azad University, Tonekabon, Iran

³Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran

Abstract: In this paper, synthesis of Copper Oxide nano rod particles from Copper Oxide microparticles obtained from Gold ore flotation concentrate in Copper Sulfate salt medium under specific temperature, pH and time conditions. Morphology and dispersion using Sodium Tartarate salt as the main reactant was done. The results were confirmed by XRF, XRD, SEM, EDX measurements. The EDX and SEM results show the synthesized and calcined (300-410 °C, t=50-75 min) Copper nanorods in 1% sodium Tartrate medium, and finally formed particle rods with a size of 54 × 215 nm.

Keywords: Copper Oxide Nanorods; Sodium Tartrate; Mechanical-Chemical Method; Scanning Electron Microscopy (SEM); X-ray Fluorescence (XRF).