بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده شیمی
گروه شیمی تجزیه

پایان نامه

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی تجزیه

عنوان فارسی

مطالعه رفتار الکتروشیمیایی واندازه گیری مورین بر سطح الکترود سل-ژل اصلاح شده با نانولوله های کربنی

استاد راهنما

آقای دکتر میر رضا مجیدی

استاد مشاور

آقای دکتر کریم اسد پور زینالی

پژوهشگر

سیما مهدی پور

بهمن ۱۳۹۲

و این پایان نامه را به پدر و مادر عزیزم

و

همسرم

تقدیم می کنم.

تقدیر و تشکر

حمد خدایی را که اول همه آثار هستی اوست و قبل از او اولی نبوده و آخر است.

بی آنکه پس از او آخری باشد

خدایی که دیده بینندگان از دیدنش قاصر است و اندیشه و فهم وصف کنندگان از وصفش

عاجز است.

به دست قدرتش آفریدگان را ایجاد کرد وآنان را براساس اراده خود صورت بخشید آنگاه همه را

در راه اراده خود راهی نمود ودر مسیر محبت و عشق خود برانگیخت.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر میر رضا مجیدی که همواره از راهنمایی های ارشمندشان بهره مند

شده ام نهایت تشکر را دارم.

از جناب آقای دکتر کریم اسدپور که مسئولیت مشاوره این پایان نامه را به عهده گرفتند و همواره

یاری ام نمودند سپاسگذارم.

از جناب آقای دکتر اسماعیل علیپور که داوری این پایان نامه را متقبل شدند و در طول این دو سال

پشتیبانم بودند متشکرم.

واز مدیر گروه محترم شیمی تجزیه و استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر محمد امجدی تشکر می کنم

و نیز از اساتید دیگر که همواره از محضر علمی شان برخوردارربوده ام نهایت تشکر را دارم.

سپاس و تشکر از پدر و مادر عزیزم که تمام لحظه های زندگیم حاصل ایثار و فداکاری آنهاست

و خواهر مهربانم که همواره مشوقم بوده و نهایتا از خانواده همسرم متشکرم

و از همسرم برای تمام کمک های مادی و معنوی نهایت تشکر را دارم.

از هم آزمایشگاهی های عزیزم:

آقای خردپرور، آقای تاری،خانم کرمی، خانم خواجه الدینی، آقای یاری، خانم قادری،

خصوصا آقای فداکار که همواره با صبر و حوصله زحمات بنده را متحمل شدند تشکر می کنم.

از هم دوره ای های عزیزم تشکر می کنم که همیشه کنارم بوده اند.

نهایتا از اعضای آزمایشگاه اسپکتروسکوپی که کمک زیادی کردند متشکرم.

نام خانوادگی: مهدی پور نام: سیما

عنوان پایان نامه: مطالعه رفتار الکتروشیمیایی واندازه گیری مورین بر سطح الکترود سل-ژل اصلاح شده با نانو لوله های کربنی

استاد راهنما: دکتر میر رضا مجیدی استاد مشاور: دکتر کریم اسدپور زینالی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: شیمی گرایش شیمی تجزیه

دانشگاه: تبریز دانشکده: شیمی تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۱۳۹۲ تعداد صفحات: ۶۳

کلید واژه ها: مورین، الکترود سل-ژل اصلاح شده، نانولوله های کربنی، ولتامتری چرخه ای، ولتامتری پالس تفاضلی، ولتامتری با برهنه سازی آندی

چکیده:

فلاونوئیدها، گروهی از ترکیبات فنولی هستند که بخش با اهمیت رژیم غذایی انسان را تشکیل می دهند. مورین یکی از فلاونوئیدهای خیلی معمول موجود در طبیعت است که معمولا در گیاهان و غذاهای مشتق شده از گیاهان یافت می شود.

در کار پژوهشی حاضر، یک سنسور الکتروشیمیایی براساس الکترود سل-ژل اصلاح شده با نانولوله های کربنی برای بررسی رفتار الکتروشیمیایی مورین طراحی شده است. رفتار الکتروشیمیایی مورین به وسیله تکنیک های ولتامتری چرخه ای، ولتامتری پالس تفاضلی و ولتامتری با برهنه سازی آندی بررسی شده است. مشاهده شد که اصلاح سطح الکترود باعث افزایش جریان دماغه آندی می شود. همچنین نتایج به دست آمده نشان می دهد که با استفاده از تکنیک ولتامتری پالس تفاضلی جریان دماغه آندی با افزایش غلظت در محدوده های ۳×۱۰^{-۶}-$۰/۷\times۱۰^{-۶}$ مولار به صورت خطی افزایش می یابد و حد تشخیص این روش برابر با $۰/۲۷\times۱۰^{-۶}$ مولار به دست آمد. همچنین با استفاده از تکنیک ولتامتری با برهنه سازی آندی محدوده خطی از $۰/۶\times۱۰^{-۶}$ تا ۴×۱۰^{-۶} مولار با حد تشخیص برابر با $۰/۳\times۱۰^{-۶}$ مولار به دست آمد.

فهرست مطالب

فصل اول: بررسی منابع

۱-۱-مقدمه..... ۱

۱-۲-الکترودهای اصلاح شده و جایگاه آنها در الکتروشیمی تجزیه..... ۲

۱-۲-۱-تعریف الکترودهای اصلاح شده..... ۲

۱-۲-۲-هدف از گسترش الکترودهای اصلاح شده..... ۳

۱-۲-۳-کاربردهای الکترودهای اصلاح شده شیمیایی..... ۳

۱-۲-٤-روش های اصلاح الکترودها..... ٤

۱-۳-سل-ژل..... ٥

۱-۳-۱-مراحل فرایند سل-ژل..... ٥

۱-٤-نانولوله های کربنی..... ۷

۱-٤-۱-تعریف..... ۷

۱-٤-۲-اساس نانولوله های کربنی..... ۷

۱-٤-۳-سنتز نانولوله های کربنی..... ۹

۱-٥-الکترودهای اصلاح شده با نانولوله های کربنی..... ۹

۱-٦-فلاونوئیدها..... ۱۰

۱-٦-۱-تعریف..... ۱۰

۱-٦-۲-ساختار شیمیایی فلاونوئیدها..... ۱۳

۱-۷-مورین..... ۱٤
۱-۷-۱-تعریف..... ۱٤
۱-۷-۲-روش های اندازه گیری و کاربرد مورین..... ۱٦
۱-۷-۲-۱-روش های کروماتوگرافی..... ۱٦
۱-۷-۲-۲-روش های اسپکتروسکوپی..... ۱۷
۱-۷-۲-۳-روش های الکتروشیمیایی..... ۱۸
۱-۸- اهداف پژوهش حاضر..... ۲۰

فصل دوم: مواد و روش ها

۲-۱-مواد شیمیایی..... ۲۱
۲-۲-دستگاه ها و لوازم مورد نیاز..... ۲۱
۲-۲-۱-وسایل و لوازم مورد نیاز برای تهیه الکترود سل-ژل..... ۲۱
۲-۲-۲-دستگاه ها و لوازم مورد نیاز برای تکنیک های ولتامتری..... ۲۲
۲-۳-تهیه الکترود کربن سرامیکی به روش سل-ژل..... ۲۲
۲-٤-پیش تیمار نانولوله کربنی..... ۲۳
۲-۵-تهیه محلول یکنواخت و همگن نانولوله کربنی..... ۲۳
۲-٦-اصلاح سطح الکترود..... ۲۳
۲-۷-تهیه محلول ها..... ۲٤
۲-۷-۱-تهیه محلول بافر..... ۲٤
۲-۷-۲-تهیه محلول مادر مورین..... ۲٤

۲-۸-روش های به کار گرفته شده..... ۲٤
۲-۸-۱-روش ولتامتری چرخه ای..... ۲٤
۲-۸-۲-روش ولتامتری پالس تفاضلی..... ۲٤
۲-۸-۳-روش ولتامتری با برهنه سازی آندی..... ۲۵

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱-رفتار الکتروشیمیایی مورین در سطح الکترود سل-ژل..... ۲٦
۳-۲-خصوصیات ریخت شناسی سطح الکترود سل-ژل اصلاح شده با نانولوله های کربنی..... ۲۷
۳-۳-بهینه سازی پارامترهای مختلف موثر در اندازه گیری مورین در سطح الکترود اصلاح شده با نانولوله های کربنی..... ۲۸
۳-۳-۱-بررسی غلظت بافر..... ۲۸
۳-۳-۲-بهینه سازی مقدار اصلاحگر..... ۲۹
۳-۳-۳-بررسی اثر pH محیط..... ۳۰
۳-۳-٤-بررسی اثر سرعت روبش پتانسیل بر جریان و پتانسیل دماغه اکسایش مورین..... ۳۳
۳-۳-٤-۱-اثر سرعت روبش پتانسیل بر جریان دماغه اکسیداسیون مورین و تشخیص ماهیت جریان الکترودی... ۳٤
۳-۳-٤-۲-تخمین تعداد الکترون های شرکت کننده در مرحله تعیین کننده سرعت در الکترواکسایش مورین..... ۳٦
۳-٤-بررسی ولتامتری پالس تفاضلی مورین بر روی الکترود سل-ژل اصلاح شده با نانولوله های کربنی..... ۳۷
۳-٤-۱-بهینه زمان هم زدن محلول حاوی الکترولیت حامل و مورین با قرار دادن الکترود در داخل محلول..... ۳۹
۳-٤-۲-بهینه سرعت هم زدن محلول حاوی الکترولیت حامل و مورین با قرار دادن الکترود در داخل محلول..... ٤۰

۳-۵- بررسی های ولتامتری با برهنه سازی آندی مورین بر روی الکترود سل-ژل اصلاح شده با نانولوله های کربنی.....۴۲

۳-۵-۱-بهینه زمان ترسیب برای بررسی مورین در سطح الکترود اصلاح شده با نانولوله کربنی.....۴۳

۳-۵-۲-بهینه پتانسیل ترسیب برای بررسی مورین در سطح الکترود اصلاح شده با نانولوله کربنی.....۴۳

۳-۶-حد تشخیص تکنیک های تجزیه ای.....۴۶

۳-۶-۱-تعیین حد تشخیص روش پالس تفاضلی.....۴۷

۳-۶-۲-تعیین حد تشخیص روش پالس تفاضلی با بهینه زمان و سرعت هم زدن.....۴۸

۳-۶-۳-تعیین حد تشخیص روش ولتامتری با برهنه سازی آندی.....۴۹

۳-۷- بررسی مزاحمت ها.....۵۰

۳-۸- بررسی مورین در نمونه های حقیقی.....۵۱

نتیجه گیری.....۵۶

پیشنهادهایی برای ادامه کار پژوهشی حاضر.....۵۷

منابع.....۵۸

فهرست شکل ها

فصل اول

۱-۱-نانولوله های کربنی تک دیواره با ساختار های مختلف.....۸

۱-۲-ساختار مولکولی مورین.....۱۵

فصل سوم

۳-۱-ولتاموگرام چرخه ای الکترود سل-ژل اصلاح شده و اصلاح نشده در حضور و غیاب مورین.....۲۶

۳-۲-تصاویر SEM الکترود سل-ژل برهنه و اصلاح شده.....۲۸

۳-۳-تغییرات جریان دماغه ولتاموگرام چرخه ای الکترود سل-ژل اصلاح شده در غلظت های مختلف بافر.....۲۹

۳-٤-تغییرات جریان دماغه آندی ولتاموگرام چرخه ای برای مقادیر مختلف نانوتیوپ.....۳۰

۳-۵-ولتاموگرام های چرخه ای برای pHهای مختلف.....۳۱

۳-٦-نمودار تغییرات پتانسیل بر حسب pH.....۳۲

۳-۷-نمودار تغییرات جریان بر حسب pH.....۳۲

۳-۸-ولتاموگرام های چرخه ای برای سرعت های روبش مختلف.....۳٤

۳-۹-نمودار تغییرات جریان بر حسب سرعت روبش.....۳۵

۳-۱۰-نمودار تغییرات جریان بر حسب ریشه دوم سرعت روبش.....۳۵

۳-۱۱-نمودار تافل به دست آمده از آنالیز داده های ولتاموگرام.....۳٦

۳-۱۲-ولتاموگرام های پالس تفاضلی برای غلظت های مختلف مورین.....۳۸

۳-۱۳-نمودار تغییرات جریان دماغه ولتاموگرام پالس تفاضلی بر حسب غلظت مورین.....۳۸

۳-۱٤-نمودار جریان-زمان برای زمان های مختلف هم زدن محلول.....۳۹

۳-۱۵-نمودار جریان-سرعت هم زدن در سرعت های هم زدن مختلف.....٤۰

۳-۱٦-نمودار تغییرات جریان دماغه ولتاموگرام پالس تفاضلی بر حسب غلظت مورین.....٤۱

۳-۱۷-ولتاموگرام های پالس تفاضلی برای غلظت های مورین در محدوده خطی.....٤۱

۳-۱۸-نمودار تغییرات جریان ولتاموگرام های پالس تفاضلی برای غلظت های مربوط به محدوده خطی مورین...٤۲

۳-۱۹-نمودار جریان-زمان برای زمان های مختلف ترسیب.....٤۳

۳-۲۰-نمودار جریان-پتانسیل برای پتانسیل های مختلف.....٤٤

۳-۲۱-نمودار تغییرات جریان ولتامتری با برهنه سازی آندی بر حسب غلظت های مختلف مورین.....٤٤

۳-۲۲-ولتاموگرام های ولتامتری با برهنه سازی آندی مربوط به محدوده خطی پایین مورین.....٤۵

۳-۲۳-نمودار تغییرات جریان ولتاموگرام های ولتامتری با برهنه سازی آندی برای غلظت های مربوط به محدوده خطی پایین مورین.....٤۵

۳-۲٤-بررسی مزاحمت غلظت های مختلف کوئرسیتین بر روی مورین.....۵۱

۳-۲۵-ولتاموگرام الکترود اصلاح شده با نانولوله های کربنی در حضور ۱۰۰ میکرولیتر نمونه حقیقی چای.....۵۳

۳-۲٦-پیک مربوط به نمونه چای و نمونه استاندارد با روش فلوئوریمتر.....۵٤

۳-۲۷-ولتاموگرام های افزایش استاندارد برای نمونه چای.....۵۵

فهرست جداول

فصل اول

۱-۱-انواع فلاونوئیدها ۱۲

۱-۲-ساختار شیمیایی فلاونوئیدهای اصلی.....۱۳

فصل دوم

۲-۱-مواد شیمیایی به کار رفته و کاربرد آنها.....۲۱

فصل سوم

۳-۱-داده های آماری وابسته به روش پالس تفاضلی.....٤٧

۳-۲- داده های آماری وابسته به روش پالس تفاضلی با بهینه زمان و سرعت هم زدن.....٤٨

۳-۳-داده های آماری وابسته به روش ولتامتری با برهنه سازی آندی.....٤٩

فصل اول

بررسی منابع

۱-۱-مقدمه

امروزه الکترودهای بر پایه کربن، در سطح وسیعی در زمینه تجزیه الکتروشیمیایی، مورد استفاده قرار گرفته اند. این امر به دلیل دامنه وسیع پتانسیل آنها با جریان زمینه ی کمتر، ارزان قیمت بودن ، بی اثری شیمیایی، مناسب بودن آنها برای کاربردهای حسی و تشخیصی می باشد. در مقابل، سرعت های انتقال الکترون مشاهده شده در سطوح کربنی اغلب از سرعت های مشاهده شده در الکترودهای فلزی کمتر است. فعالیت انتقال الکترونی به شدت از منشاء و تاریخچه سطح کربنی متاثر می شود. مطالعات متعددی برای فهم رابطه موجود بین ساختار و فعالیت شیمیایی الکترودهای کربن انجام گرفته است.

یکی از روشهای مورد استفاده برای افزایش کارآئی الکترودها، اصلاح سطح الکترود است. به این ترتیب که سطوح الکترود را با معرفهای مولکولی عامل دار می کنند، طوریکه الکترودهای اصلاح شده می توانند کاربردهای مفید تجزیه ای داشته باشند. از آن جمله، شتابدهی واکنشهای انتقال الکترون، تجمع ترجیحی یا تراوائی انتخابی غشا می باشد. چنین مراحلی می تواند برگزیدگی و حساسیت بالا و پایداری در ابزارهای الکتروشیمیایی را به وجود آورد [۱].

یکی از الکترودهای پایه کربنی "الکترود سل-ژل" است که به دلیل تهیه آسان و مقرون به صرفه بودن از لحاظ هزینه و ... کاربردهای زیادی در الکتروشیمی دارد. اما این الکترود نیز مانند سایر الکترود های پایه کربنی سنتیک کندی دارد، بنابراین برای رفع این مشکل از اصلاحگر های مناسب برای اصلاح سطح الکترود استفاده می کنند. از جمله این اصلاحگرها نانولوله های کربنی اند که به دلیل داشتن خواص منحصر به فرد شیمیایی و فیزیکی دارای مزایای زیادی می باشند.

۱-۲-الکترودهای اصلاح شده و جایگاه آنها در الکتروشیمی تجزیه

در چند دهه اخیر، الکترودهای اصلاح شده به طور وسیعی برای کنترل واکنشهای الکترودی استفاده شده اند. در واقع، الکترودهای اصلاح شده شیمیایی نگرش جدیدی به سیستمهای الکترودی اند. این الکترودها به قرار دادن یک معرف بر روی سطح، با هدف استفاده از رفتار آن معرف در سطح اصلاح شده، مربوط می شوند. بنابراین، این چنین تعویض عمدی سطوح الکترودی می تواند بسیاری از مشکلات الکتروشیمی تجزیه ای را از بین ببرد و پایه ای را برای کاربردهای جدید تجزیه ای و وسایل حسی مختلف فراهم سازد. این کار کاربردهای دیگری نیز دارد که شامل تبدیل انرژی، سنتزهای الکتروشیمیایی و ابزارهای میکروالکترونیک می باشد [۱].

۱-۲-۱-تعریف الکترودهای اصلاح شده

از سال ۱۹۷۹ یکی از جالبترین زمینه های تحقیقاتی در الکتروشیمی، توسعه الکترودهای اصلاح شده است. الکترود اصلاح شده، یک هادی الکتریکی (ماده ای که توانایی انتقال الکتریسیته را دارد) است که سطح آن با مواد الکتروشیمیایی مختلف اصلاح می شود. الکترودهای اصلاح شده با استفاده از روشهای پیشرفته برای سیستم های الکترودی با اضافه کردن فیلم نازک یا لایه شیمیایی، برای تغییر هدایتگری (با توجه به عملکرد مورد نظر) اصلاح می شوند [۲]. این الکترودها برای آنالیز مولکولهای آلی (مثل آسپیرین، کافئین، فنول، کاتکول، رزورسینول، هیدروکینون، دوپامین، ال-دوپا، اپی نفرین، نورپی نفرین، متیل پاراتون، اتیل پاراتون، ونلافاکسین، دسونلافاکسین، ای می پرامین، تری می پرامین، دسی پرامین،...) و همچنین یونهای فلزی (مثل بیسموت و آنتیموان) به کار رفته اند [۳-۱۱].

در الکترود اصلاح شده فرایند الکتروکاتالیست اکسایش و کاهش ماده با انتقال الکترون از الکترود به ماده واکنش دهنده انجام می شود [۱۲].

از دیدگاهی دیگر می توان گفت، در رابطه با الکترودهای اصلاح شده: الکترودهای اصلاح شده با انواع الکترودهای دیگر متفاوتند که دارای یک تک لایه مولکولی یا لایه های نازک میکرومتری تهیه شده از فیلم (بسته به عملکرد الکترود) هستند. فیلم نازک روی سطح الکترود پوشش داده می شود. پس یک الکترود اصلاح شده با خواص شیمیایی جدید در شرایط فیزیکی، شیمیایی، الکتروشیمیایی، نوری، الکتریکی، انتقالی و ...، خواص مفید حاصل خواهد کرد [۱۳]. در الکترود های اصلاح شده که به طور عمومی وابسته به انتقال الکترون هستند، یک شرط عمومی برای فرایندهای الکتروشیمیایی، انتقال بار به واسطه فیلم های شیمیایی با الکترود است.

۱-۲-۲-هدف از گسترش الکترودهای اصلاح شده

پیشرفت ها در زمینه الکتروشیمی ادامه دارد به طوریکه، بیشتر مطالعات دانشمندان در زمینه بالا بردن کارآیی سطوح برهنه است. در این مطالعات الکترودهای مختلف استفاده می شود. برای این که در عمل مشکلی پیش نیاید، دانشمندان اصلاحگرهای شیمیایی مختلف حاوی مواد مناسب را مورد استفاده قرار می دهند. اتم ها، مولکولها، ذرات نانویی به سطح الکترود می چسبند تا به واسطه تغییر عملکرد، خواص الکترونیکی و ساختاری آنها را تغییر دهند [۲].

۱-۲-۳-کاربردهای الکترودهای اصلاح شده شیمیایی

در ابتدا برای بررسی الکتروشیمیایی، سطوح لوله مانند تهیه می شدند. بعدها راههای دیگری برای به کار گیری این الکترودها فراهم شد. با توجه به فرایندهای الکتروتجزیه ای شیمیایی، اصلاح الکترودها به موارد زیر کمک می کند:

- ✓ گزینش پذیری الکترودها،

- ✓ تغلیظ گونه ها،
- ✓ بهتر شدن خواص الکتروکاتالیتیکی،
- ✓ محدود کردن تداخل در نمونه های پیچیده،

۱-۲-٤-روشهای اصلاح الکترودها

چهار روش برای اصلاح سطح الکترودها وجود دارد:

۱. جذب سطحی(جذب سطحی شیمیایی)

در این روش، گونه های مشابه شیمیایی در تشکیل ترکیبات شیمیایی درگیر می شوند، به عبارت دیگر، بر روی سطح الکترود به صورت یک فیلم جذب سطحی (جذب سطحی شیمیایی) می شوند که یک پوشش تک لایه ای حاصل می شود. در این روش، ذرات به صورت خود به خودی روی سطح الکترود جذب سطحی شیمیایی شده وساختار میکروسکوپی از لایه های تشکیل شده روی الکترود حاصل می شوند [۱۳].

۲. پیوند کوالانسی

در این روش، معرف های شیمیایی (مانند اورگانوسیلان و سیانوریک اسید) برای ایجاد یک پیوند کوالانسی بین یک یا چند لایه تک مولکولی شیمیایی اصلاح کننده و سطح الکترود استفاده می شود [١٤, ۱۳].

۳. پوشش فیلم پلیمر

در این روش، با توجه به محل هدایت الکترونی و فیلم های پلیمر غیر هادی روی سطح الکترود، یکی از موارد زیر استفاده می شود:

- ✓ جذب سطحی شیمیایی و قابلیت حل شدن در محل اتصال با محلول
- ✓ اتصال فیزیکی در منافذ الکترود

فیلم های پلیمری می توانند آلی، آلی فلزی یا معدنی باشند و نیز می توانند شامل اصلاح کننده های شیمیایی یا افزودنی های شیمیایی در فرایند اصلاح کردن پلیمر باشند [۱٤, ۱۳].

٤. استفاده از کامپوزیت ها

روشی که در آن اصلاح کننده های شیمیایی با مواد ماتریکس الکترود مخلوط می شوند. مثالی برای این روش، شامل واسطه انتقال الکترون (اصلاح کننده شیمیایی) مخلوط شده با ذرات کربنی در یک الکترود خمیر کربن (ماتریکس الکترود) است.

۱-۳-سل-ژل

در علم مواد، فرایند سل-ژل روشی برای تولید مواد جامد از ذرات کوچک است. این روش برای تولید اکسیدهای فلزی به ویژه اکسیدهای سیلیکون و تیتانیم استفاده می شود. فرایند سل-ژل شامل تغییر و تبدیل مونومرها در محلول کلوئیدی (سل) است که به عنوان پیشرو (ماده متشکله جسم جدید) برای شبکه ای (ژل) از ذرات مجزا یا شبکه های پلیمری، فعالیت می کند.

۱-۳-۱-مراحل فرایند سل-ژل

در این روش شیمیایی "سل" (یا محلول) به صورت یک سیستم ژلی دو فازی شامل فاز جامد و مایع، تهیه می شود. در واقع، در این فرایند ذرات مجزا به سمت تشکیل شبکه های پلیمری کشیده می شود. در کلوئید، ذرات متراکم می شکنند که این مرحله ممکن است خیلی آهسته اتفاق بیفتد. همچنین ممکن است لازم باشد که مقداری از مایع (حلال) حذف شود تا حالت ژل مانند ایجاد شود. حذف فاز مایع نیازمند فرایند خشک کردن است که با

انقباض و متراکم سازی همراه است. سرعت حذف حلال با توزیع منافذ در ژل تعیین می شود. یکی از مزیت های برتر این روش نسبت به تکنیک های سنتی این است که فرایند متراکم سازی در دمای خیلی پایین انجام می شود.

سل پیشرو می تواند به دو صورت روی بستر ته نشین شود:

- ✓ به صورت فیلم

به عنوان مثال، با پوشش چرخشی یا غوطه ور شدن در یک ظرف مناسب (به عنوان قالب) با شکل خواسته شده قرار داده می شود.

- ✓ استفاده به صورت پودرهای سنتز شده

برای مثال، میکرو و نانوذرات

فرایند سل-ژل یک تکنیک ارزان و با دمای پایین است که کنترل محصولات ترکیبات شیمیایی را ممکن می سازدو در ساخت سرامیک ها به عنوان مواد ریخته گری و یا به عنوان موادی برای تولید فیلم های خیلی نازک از اکسیدهای فلزی برای اهداف مختلف استفاده می شود.

مواد مشتق شده از سل-ژل در فیزیک نور، الکترونیک ها، انرژی، (بیو) سنسورها، دارورسازی (کنترل رهایی داروها)، تکنولوژی جداسازی (مثل کروماتوگرافی) و ...، کاربرد دارند [۱۷-۱۵]. همچنین در الکتروشیمی تجزیه نیز استفاده شده اند [۱۹, ۱۸].