

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

همه امتیازات این پایان نامه به دانشگاه لرستان تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب در مجلات، سمینارها یا سخنرانی‌ها، باید نام دانشگاه لرستان (استاد یا استید راهنمای پایان نامه) و نام دانشجو با ذکر نام خود و ضمن کسب مجوز از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.



دانشگاه لرستان

دانشکده علوم پایه

گروه شیمی

عنوان پایان نامه

سنتر نانو کامپوزیت کرافن اکساید پلی عاملدار شده با ترکیبات متروئیکل

و استفاده از آن در واکنش جفت شدن

مکاشش

زحرا کشوری

استاد راهنما

دکتر ابراهیم مهدی پور

دکتر محسن عادلی

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته شیمی آلی

شهریور ۱۳۹۲

الهی

در وادی آگاهی، دست نیرومند تو هدایت کرد شد، هم آمدنم را، هم ماندنم را، هم رفتنم را، تو در لحظه لحظه ما را می جای گرفته که
نه، من در لحظه لحظه هدایت جای دارم. گامم را صلابت بخشیدی و چه خوب می دانم هر کجا نتیجه ای امید بخش به بار نشسته،
رد پای مهر تو بر جاست و من دنباله رویی بیش نیستم و مگر می شود بی مدد تو. سپاسم را چگونه در آغوشت رها کنم که ذره بودنم در
برابر دریا بودنست، هویدا نشود. مگر نه اینکه رسالتم جز این بوده که ذره ذره ما را جستجو کنم تا بنمایم ذره ای، هستم در برابر تو، از تو مدد
می گیرم و تو را سپاس می گویم.

تقدیم بہ

مقدس ترین واژه ہاد لغت نامہ دلم

پدر، مہربانی مشفق، بردبار و حامی

مادر مہربانم کہ زندگیم را دیدیون مهر و عطفوت آن می دانم

برادر و خواہرم بہر امان ہمیشگی و پشتوانہ های زندگیم

بوسہ بردستان پر مہرتان

تقدیر و شکر

پاس و ستایش خدای را بل و جلالت که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تلمان است و انوار حکمت او در دل شب تار، در فشان. آفریدگاری که خویش را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت یازماید.

اکنون که به لطف و کمک او موفق به گذراندن این دوره از تحصیلاتم شده‌ام، بر رسم ادب و سنت حسنه پاس از زحمات بی‌دین پدر و مادر عزیزم شکر می‌کنم و خدای را بسپارم که از روی کرم، پدر و مادری خداکار نصیب ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیایم و از ریشه آنها شاخ و برگ بگیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. نه می‌توانم مویشتان را که در راه عزت من سفید شد، یاه کنم و نه برای دستهای پینه بسته‌تان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرسی دارم. امروز هستی ام به امید شایسته و فراد اکلید باغ بهشت رضای شما. را آوردی کران سنگ تر از این ارزان نداشتم تا به خاک پستان نثار کنم، باشد که حاصل تلاشم نیم کوزه غبار حقیقتان را بزداید. امیدوارم بتوانم اندک پاسخی ز به عنوان جبران که فقط به نادقدر شناسی، بعنوان آگاهی به زحمت و مارت شما، به گوشه‌ای از گذشتان بدم.

از جناب آقایان دکتر ابوالعزیز مهدی پور و دکتر محسن عادل اساتید با کمال و شایسته که در کمال سعادت و با حسن خلق و فروتنی، از بیچ گلی در این عرصه بر من دین نمودند و زحمت را بهمانی این رساله را بر عهده گرفتند و بهواره مجاهدانه را مورد لطف و عنایت قرار داده اند کمال شکر را دارم.

از جناب آقای دکتر فرحمن حکیم پور و جناب آقای دکتر عباس داوودخواه تهرانی که زحمت مطالعه و داوری پایان نامه را قبول نمودند، سپاسگزارم.

ببخشید از بزرگان و دوستان بلند نظرم خانم نازحرا بیرانوند زینب ساکی، مرضیه محمدی، مریم لک، راضیه مرادی، فرخنده دانش نیا، طیه رشیدی، سمیرا مقدم، مریم میر، طیه خانمیری، مرضیه سعیدی خواه، بهشته خداوادی، آزاده استاد چینی کر، زینب جعفری، نرگس امین نژاد، نعلی طالبی زاده، معصومه پارسا نیش، فریبا نظری، ناهید حدیدی، فیمه رسول زاده، نرگس پور شهنی، مینا ابوعلی، مریم نوروزی نژاد، و همچنین آقایان محمد حسین باباعباسی، وحید ندری، احمد دانشفر... و دایه عزیزم سید وحید خلفوند که در حین تحصیل و اجرایی پروژه یاریم نمودند سپاسگزارم و برای ایشان آرزوی موفقیت و کاسیابی می‌نمایم.

زحرا کشوری (zkeshvari65@gmail.com)

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
مقدمه	۲
۱-۱ نانو کاتالیست	۲
۲-۱ نانوذرات فلزی	۳
۳-۱ نانو ذرات پالادیم	۳
۴-۱ واکنش های جفت شدگی عرضی	۴
۱-۴-۱ واکنش هک	۵
۱-۴-۲ واکنش سوزوکی	۷
۱-۴-۳ واکنش نگیشی	۸
۱-۴-۴ واکنش استایل	۹
۱-۴-۵ واکنش سونوگاشیرا	۹
۱-۴-۶ واکنش کومادا-کوریا	۱۰
۱-۴-۷ واکنش هیاما	۱۱
۱-۴-۸ واکنش بوخوالد-هاردویگ	۱۲
۵-۱ فولرن ها	۱۴
۶-۱ نانو لوله های کربنی	۱۴
۷-۱ گرافیت	۱۵
۸-۱ گرافن	۱۵
۹-۱ تعیین خصوصیات	۱۶
۱۰-۱ روش های تولید گرافن و نانو موادی بر پایه گرافن	۱۷
۱-۱۰-۱ رشد هم بافته با دفع حرارتی اتم های سیلیس از سطح کاربرد سیلیسیم	۱۷
۲-۱۰-۱ رسوب دهی شیمیایی بخار بر روی فلزات انتقالی	۱۷
۳-۱۰-۱ لایه لایه کردن میکرومکانیکی گرافیت	۱۸
۴-۱۰-۱ کاهش گرافن اکساید	۱۹
۵-۱۰-۱ باز کردن نانو لوله های کربنی	۲۰
۱۱-۱ خواص فیزیکی و شیمیایی گرافن و نانو مواد بر پایه گرافن	۲۲
۱۲-۱ اصلاح سطح گرافن و نانو مواد بر پایه گرافن	۲۳
۱-۱۲-۱ اتصال کووالانسی	۲۳

۲۶	۱-۱۲-۲ اتصال غیر کووالانسی
۲۹	۱-۱۳-۱ گرافیت اکساید
۳۰	۱-۱۳-۱ کاربردهای گرافیت اکساید
۳۱	۱-۱۴-۱ گرافن اکساید

فصل دوم: بخش تجربی

۳۵	۲-۱-۲ مواد و دستگاه‌ها
۳۵	۲-۱-۱-۱ مواد
۳۵	۲-۱-۱-۲ دستگاه‌ها
۳۶	۲-۲-۱ اصلاح گرافن اکساید بعنوان بستر برای نانوذرات پالادیوم
۳۶	۲-۲-۱-۱ تهیه گرافن اکساید
۳۶	۲-۲-۲ عاملدار کردن گرافن اکساید توسط تری آزین (GO-Tr)
۳۷	۲-۲-۳ سنتز گرافن اکساید-تری آزین-دی اتانول آمین (GO-Tr-DEA)
۳۷	۲-۲-۴ استفاده از نانو مواد هیبریدی (GO-Tr-DEA) جهت حمل نانوذرات پالادیوم
۳۷	۲-۳-۱ واکنش جفت شدن هک بین یدوبنزن و متیل آکریلات کاتالیز شده با استفاده از نانو کاتالیست (GO-Tr-DEA-Pd)
۳۸

فصل سوم: بحث و نتیجه گیری

۴۰	۳-۱-۱ سنتز و بررسی خواص نانو هیبرید گرافن اکساید-پالادیوم
۴۰	۳-۱-۱-۱ سنتز
۴۳	۳-۱-۲ شناسایی GO، GO-Tr، GO-Tr-DEA، GO-Tr-DEA-Pd با استفاده از روش های مختلف
۴۳	۳-۱-۲-۱ بررسی برهم کنش های گرافن اکساید با تری آزین با استفاده از طیف سنجی IR
۴۵	۳-۱-۲-۲ بررسی برهم کنش های گرافن اکساید با تری آزین با استفاده از طیف سنجی UV-vis
۴۷	۳-۱-۲-۳ بررسی مورفولوژی GO-Tr-DEA-Pd با استفاده از TEM
۴۷	۳-۱-۲-۴ بررسی گرافن اکساید و گرافن اکساید عاملدار شده با آنالیز عنصری CHN
۴۸	۳-۱-۲-۵ بررسی برهم کنش های گرافن اکساید و گرافن اکساید عاملدار شده با استفاده از دیاگرام های DLS
۵۱	۳-۱-۲-۶ بررسی برهم کنش های گرافن اکساید و گرافن اکساید عاملدار شده با استفاده از جدول پتانسیل زتا
۵۱	۳-۱-۲-۷ اندازه گیری پالادیوم در ترکیب GO-Tr-DEA-Pd با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله
۵۱	۳-۱-۲-۸ بررسی رفتار حرارتی نانو کاتالیست تهیه شده

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۳	شکل (۱-۱) برخی نانوذرات اکسید فلزی بعنوان نانو کاتالیست
۶	شکل (۲-۱) شمای کلی واکنش هک
۷	شکل (۳-۱) چرخه کاتالیزوری واکنش سوزوکی
۸	شکل (۴-۱) چرخه کاتالیزوری واکنش نگیشی
۹	شکل (۵-۱) شکل کلی واکنش استایل
۱۰	شکل (۶-۱) شکل کلی واکنش سونوگاشیرا
۱۰	شکل (۷-۱) شکل کلی واکنش کومادا-کوریو
۱۱	شکل (۸-۱) شکل کلی واکنش هیاما
۱۲	شکل (۹-۱) واکنش بوخوالد-هارد ویگ
۱۳	شکل (۱۰-۱) آلوتروپ های مختلف کربن
۱۵	شکل (۱۱-۱) گرافن ساختار پایه برای مواد کربنی با ابعاد مختلف
۱۶	شکل (۱۲-۱) ساختار سه بعدی گرافن
۱۸	شکل (۱۳-۱) روش DVD برای رشد گرافن
۱۹	شکل (۱۴-۱) سنتز گرافن اکساید به روش شیمیایی
۲۱	شکل (۱۵-۱) سنتز گرافن از باز شدن نانولوله های کربنی
	شکل (۱۶-۱) برهمکنش ایزوسیانات با گروه های هیدروکسیل و کربوکسیل و تشکیل گروه های عاملی کاربامات و آمید
۲۴	
۲۵	شکل (۱۷-۱) سنتز ترکیب GO-β CD
۲۶	شکل (۱۸-۱) روش سنتز ساختار EDTA-G
۲۷	شکل (۱۹-۱) اصلاح سطح گرافن اکساید توسط سورفکتانت Pluronic 127
۲۸	شکل (۲۰-۱) بارگذاری رودامین روی سطح گرافن اکساید
۳۰	شکل (۲۱-۱) ساختار گرافیت اکساید و گرافن اکساید
۳۱	شکل (۲۲-۱) سنتز گرافن
	فصل دوم: بخش تجربی
۳۸	شکل (۱-۲) واکنش جفت شدن هک بین یدوبنزن و متیل آکریلات کاتالیز شده با نانو کاتالیست GO-Tr-DEA-Pd
	فصل سوم: بحث و نتیجه گیری
۴۲	شمای (۱-۳) فرایند تهیه (i) GO-Tr, (ii) GO-Tr-DEA, (iii) GO-Tr-DEA-Pd

- شکل (۱-۳) تصاویر محلول آبی GO (a)، GO-Tr (b)، GO-Tr-DEA (C)، GO-Tr-DEA-Pd (d) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۴۳
- شکل (۲-۳) طیف IR مربوط به GO (a)، GO-Tr (b)، GO-Tr-DEA (c)، GO-Tr-DEA (d) ۴۵
- شکل (۳-۳) طیف UV-vis مربوط به Pd(a)، GO (b)، GO-Tr (c)، GO-Tr-DEA (d)، GO-Tr-DEA-Pd (e) در حلال آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۴۶
- شکل (۴-۳) تصاویر TEM مربوط به GO (a)، GO-Tr-DEA-Pd (b) ۴۷
- شکل (۵-۳) دیاگرام DLS برحسب شدت مربوط به GO (a)، GO-Tr (b)، GO-Tr-DEA (C)، GO-Tr-DEA-Pd (d) در حالت محلول در آب در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۴۹
- شکل (۶-۳) دیاگرام DLS برحسب تعداد محلول‌های آبی GO (a)، GO-Tr (b)، GO-Tr-DEA (C)، GO-Tr-DEA-Pd (d) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۵۰
- شکل (۷-۳) ترموگرام‌های TGA مربوط به GO (a)، GO-Tr (b)، GO-Tr-DEA (c)، GO-Tr-DEA-Pd (d) ۵۳

صفحه	عنوان
	فصل اول: مقدمه
۲۲	جدول (۱-۱) مزایا و معایب انواع روش‌های سنتز گرافن
	فصل سوم: بحث و نتیجه‌گیری
۴۸	جدول (۱-۳) بررسی گرافن اکساید و گرافن اکساید عامل‌در شده با استفاده از آنالیز عنصری CHN
۵۱	جدول (۲-۳) مقادیر بار سطحی مربوط به GO-Tr, GO-Tr-DEA, GO-Tr-DEA-Pd

Tr	2,4,6-Trichloro-1,3,5-Triazine
DEA	Diethanolamine
GO	Graphene Oxide
SEM	Scanning Electron Microscope
TEM	Transmission Electronic Microscopy
AFM	Atomic Force Microscopy
TGA	Thermal Gravimetry Analysis
DLS	Dynamic Light Scattering

نام خانوادگی: کشوری		نام: زهرا
عنوان پایان نامه: سنتز نانو کامپوزیت گرافن اکساید پلی عاملدار شده با ترکیبات هتروسیکل و استفاده از آن در واکنش جفت شدن		
استاد راهنما: ابراهیم مهدی پور ^۱ و محسن عادل ^۲		
درجه تحصیلی: دکترای تخصصی	رشته: شیمی	گرایش: شیمی آلی
درجه تحصیلی: دکترای تخصصی	رشته: شیمی	گرایش: شیمی آلی
محل تحصیل (دانشگاه): دانشگاه لرستان	دانشکده: علوم پایه	گروه آموزشی: شیمی
تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۳۹۲/۶/۳۱	تعداد صفحه: ۶۱	
چکیده:		
<p>گرافن در زمینه های مختلف مانند نانو الکترونیک، حسگرها، نانوکامپوزیت ها، باتری ها و ذخیره سازی هیدروژن دارای کاربردهای بالقوه می باشد. تلاش های زیادی برای سنتز نانوذرات فلزی-هیبریدهای نانوکامپوزیت گرافن شده است. با این حال گرافن فاقد محل های اتصال کافی برای نگه داشتن یون های فلزی یا نانوذرات فلزی می باشد. بنابراین پیدا کردن راه هایی برای قرار گرفتن مناسب نانوذرات فلزی بر روی سطح گرافن مهم است. به منظور پراکنده کردن یکنواخت نانوذرات بر روی سطح گرافن اکساید، باید از طریق عاملدار کردن اصلاح شود. تا کنون کارهای اندکی در مورد استفاده از مواد مبتنی بر گرافن، به عنوان کاتالیست ناهمگن انجام شده است. گرافن اکساید با توجه به مساحت سطحی و ثبات شیمیایی بالای خود یک بستر مناسب برای تشکیل کاتالیزور ناهمگن به منظور استفاده در واکنش های جفت شدن متقاطع می باشد. در این کار تحقیقاتی گرافن اکساید با استفاده از ترکیب هتروسیکل (۲،۴،۶) تری کلرو (۱،۳،۵) تری آزین (سیانوریک کلراید) عاملدار شده و مشخص می شود که این ترکیب قادر به اتصال روی سطح گرافن اکساید با چگالی بالا می باشد. سپس گرافن اکساید عاملدار شده به عنوان یک بستر به منظور بارگذاری نانوذرات پالادیم مورد استفاده قرار گرفت. سیستم کاتالیزوری بدست آمده برای واکنش های جفت شدن استفاده می شود.</p>		

بخش اول

مقدمه

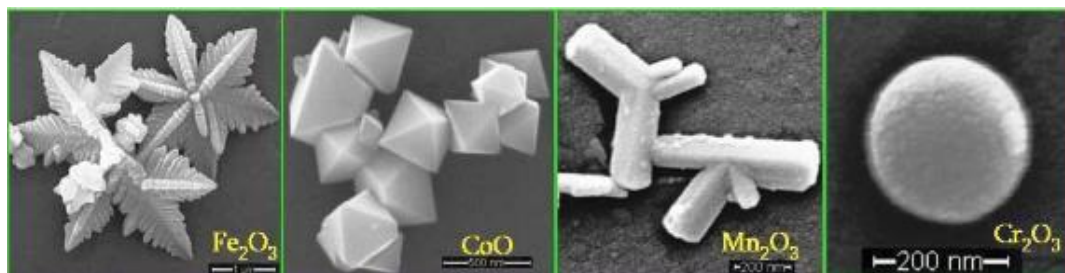
مقدمه

۱-۱ نانو کاتالیست

کاتالیست ها جایگاه مهمی را در شیمی دارند، و در سه جهت توسعه یافته اند: همگن، ناهمگن و آنزیمی. اگرچه کاتالیست های همگن و ناهمگن هر دو به دنبال هدف مشابه و کشف عملکرد کاتالیستی بهتر هستند، ولی در جامعه علمی به عنوان دو حوزه مختلف شناخته شده اند. تفاوت بین کاتالیست همگن و ناهمگن اساساً مربوط به مواد مورد استفاده به عنوان کاتالیست و همچنین شرایط واکنش کاتالیستی است. بازیافت^۱ کاتالیست ناهمگن از محصول واکنش بسیار آسان است، از طرفی کاتالیست های همگن گزینش پذیری و فعالیت بالایی دارند اما هزینه جداسازی این کاتالیست های از بسترها و محصول باقیمانده یک موضوع کلیدی برای برنامه های کاربردی می باشد [۱]. در پایان سال ۱۹۹۵ و با توسعه علم نانو، نانو کاتالیست ها به عنوان یک حوزه در حد فاصل بین کاتالیست همگن و ناهمگن پدید آمدند و راه حل های منحصر به فردی را برای بوجود آوردن شرایط لازم برای بهبود فرایند کاتالیزوری ارائه می دهند. کاتالیست تعریف شده شامل نانوذرات و نانومواد به عنوان پشتیبان می شود. نانو کاتالیست باید قادر به نشان دادن مزایای حاصل از هر دو کاتالیزور همگن و ناهمگن یعنی بازده بالا، گزینش پذیری، ثبات و بازیافت آسان باشد [۲ و ۳].

نانوذرات و خصوصاً نانوذرات فلزی و اکسید فلزی از اصلی ترین و پرکاربردترین کاتالیست های

نانوساختار هستند (شکل (۱-۱)) [۴].



شکل (۱-۱) برخی از نانوذرات اکسید فلزی به عنوان نانو کاتالیست.

۱-۲ نانو ذرات فلزی^۱

نانو ذرات فلزی حدود دو هزار سال پیش شناخته شده اند [۵]. نانو ذرات فلزی مانند نقره، پلاتین، طلا و پالادیم خواص فیزیکی، شیمیایی، نوری و ترمودینامیکی منحصر به فردی را در سیستم نانو از خود نشان می دهند [۶،۷]، که منجر می شود آنها را در بسیاری از برنامه های کاربردی مانند کاتالیستها [۸]، سنسورها [۹]، ضبط مغناطیسی [۱۰]، بیوتکنولوژی [۱۱] و همچنین به عنوان حامل دارو [۱۲] به کار برده شوند. استفاده از نانو ذرات فلزی به منظور کاتالیزور بعنوان یک استراتژی مفید برای بهبود بازده کاتالیزوری ناهمگن در طیف گسترده ای از انتقالات سینتیکی بسیار مورد توجه بوده است. ثابت شده که نانو ذرات فلزی به طور قابل توجهی نسبت به بخش عمده ای از همتایان خود به دلیل مساحت سطحی بزرگ کارآمدتر هستند. در سالهای اخیر روشهای متنوعی برای تولید نانوذرات ارائه شده که هر کدام از این روش ها برتری ها و کاستی های خاص خود را دارند [۱۳].

۱-۳ نانو ذرات پالادیم^۲

نانو ذرات پالادیم به عنوان مواد کاتالیزوری و همچنین کاربردهای دیگر از قبیل ذخیره سازی هیدروژن اهمیت زیادی دارد. سنتز آنها به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته و علاقه به خواص آنها در حال رشد است [۱۴]. نسبت سطح به حجم بالا باعث می شود این نانو مواد برای استفاده به عنوان کاتالیزور همگن و ناهمگن مورد استفاده قرار گیرند [۷، ۱۸-۱۵]. با توجه به اینکه پالادیم یکی از کارآمدترین فلزات موثر در میان کاتالیست هاست، مطالعه مواد مبتنی بر پالادیم بسیار مهم و ارزشمند

1. Metal Nanoparticles
2. Palladium Nanoparticles

است [۱۷ و ۱۶]. در نتیجه نانوذرات پالادیم در طیف گسترده ای از برنامه های کاربردی کاتالیزوری شامل هیدروژناسیون [۱۸ و ۱۹]، اکسیداسیون [۲۰ و ۲۱]، تشکیل پیوند کربن-کربن [۲۲ و ۲۳] و واکنش های الکتروشیمیایی در سلولهای سوختی [۲۴] مورد مطالعه قرار گرفته است. پالادیم در حال حاضر به عنوان رایج ترین فلز برای اتصال کاتالیزوری در زمینه پیوند کربن-کربن می باشد. از جمله موارد چالش برانگیز در سنتز نانوذرات پالادیم کنترل اندازه و جلوگیری از تراکم در طول سنتز و همچنین ذخیره سازی می باشد [۲۵-۲۸].

۴-۱ واکنش های جفت شدگی عرضی^۱

ساخت و ساز پیوند کربن-کربن پایه شیمی آلی است و کاتالیست فلزات حالت گذار نماینده ای از مفیدترین ابزار برای حصول واکنش های جفت شدگی عرضی در شرایط ملایم و بازده بالا می باشد [۲۹ و ۳۰]. در این راستا در سال ۲۰۱۰ جایزه نوبل شیمی به طور مشترک به ریچارد-هک^۲، نگیشی^۳ و آکیرا سوزوکی^۴ برای واکنش های جفت شدگی عرضی کاتالیست شده با پالادیم در سنتز آلی اهدا شد [۳۱].

تمرکز امروز این است که شرایط تجربی سازگار با محیط زیست به عنوان مثال در آب و هوا، در دماهای متوسط و در حضور کاتالیزور در مقایسه بسیار ناچیز بوجود آید. کاتالیزورهای لیگاند-آزاد مانند نانو ذرات می توانند تحت شرایط شیمی سبز^۵ بکار گرفته شوند [۳۲]. این واکنش ها گروهی از واکنش های شیمیایی هستند که در سنتز مواد شیمیایی کاربرد فراوانی دارند و به همین دلیل در سالهای اخیر پیشرفت های شگرفی در زمینه این واکنش ها صورت گرفته است. این واکنش ها ارزش تحقیقاتی بالایی دارند و در زمینه های متنوع سنتزی کاربرد دارند [۳۳ و ۳۴]. مزیت روش جفت شدگی با کاتالیست پالادیم در پیوند اتم های کربن، دقت بسیار زیاد و عدم ایجاد انبوهی از ترکیبات ناخواسته است، که مشکل جدی در ترکیبات پیشین بود [۳۵].

1. Cross-Coupling Reaction
 2. Richard Heck
 3. Negishi
 5. Acira Suzuki
 6. Green Chemistry

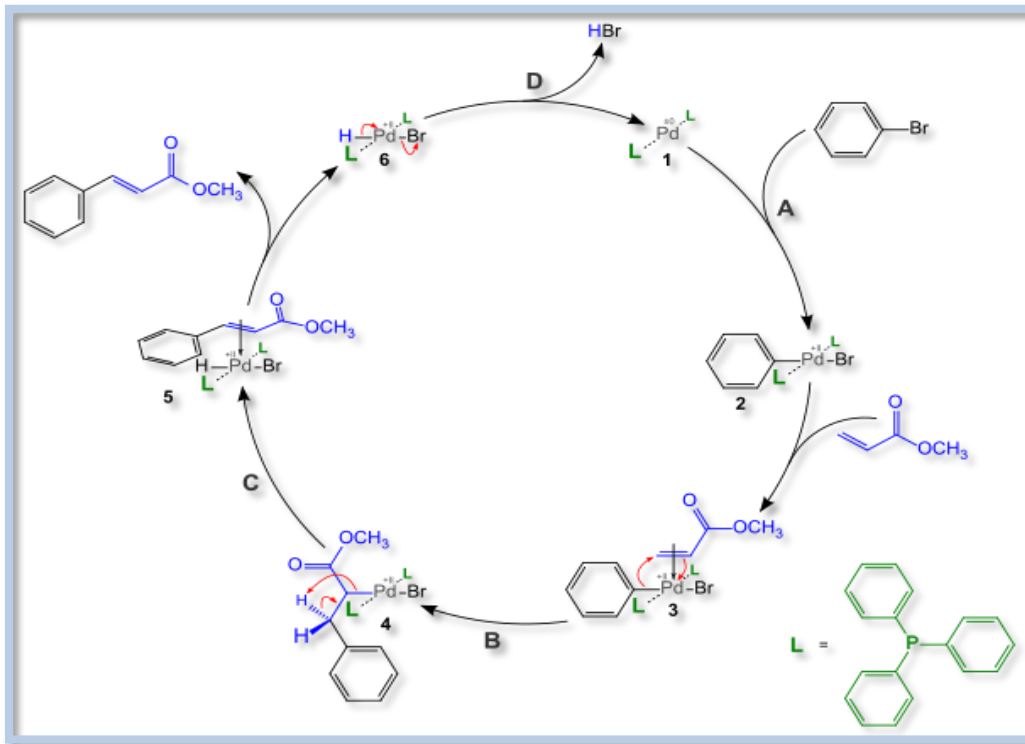
اولین واکنش جفت شدگی عرضی در سال ۱۹۰۱ توسط فریتز المن^۱ انجام شد [۳۶ و ۳۷]. به هر حال شرایط سخت واکنش مثل نیاز به دمای بالا برای انجام واکنش، استفاده از بازهای قوی، استفاده از مقادیر استوکیومتری مس یا نمک های مس و زمان طولانی انجام واکنش باعث ایجاد محدودیت هایی در استفاده از این روش برای تولید ترکیبات مورد نظر می گردد.

واکنش های جفت شدگی عرضی شامل واکنش های هک^۲، واکنش های سوزوکی^۳، واکنش های نگیشی^۴، واکنش های استایل^۵، واکنش های سونوگاشیرا^۶، واکنش های کومادا^۷، واکنش های هیاما^۸ و واکنش های بوخوالد- هارد ویگ^۹ می باشد که همگی توسط فلز پالادیم کاتالیز می شوند البته فلزات واسطه دیگر مانند مس نیکل آهن و غیره، نیز قابلیت کاتالیز این واکنش ها را دارند [۳۸].

۱-۴-۱ واکنش هک

در اوایل سال ۱۹۷۰ هک و میزوروکی آریلاسیون آلکن ها را با استفاده از کاتالیست پالادیم مطرح نمودند، سپس این واکنش توسط هک دنبال گردید. به طور کلی این واکنش عبارتند از جفت شدن آریل یا آلکنیل هالید ها با آلکن ها در حضور باز و مقدار کاتالیتیکی از پالادیم برای تهیه الفین های استخلاف شده، دی ان ها و دیگر ترکیبات اشباع؛ این واکنش در حال حاضر یکی از آسان ترین روش ها برای تهیه الفین های استخلاف شده، دی ان ها و دیگر ترکیبات غیر اشباع می باشد [۳۹ و ۴۰]، که در شکل زیر خلاصه شده است شکل (۱-۲).

-
1. Fritz Ullman
 2. Heck Reaction
 3. Suzuki Reaction
 4. Negishi Reaction
 5. Stille Reaction
 6. Sonogashira Reaction
 7. Kumada Reaction
 8. Hiyama Reaction
 9. Buchwald-Hartwig Reaction



شکل (۱-۲) شمای کلی واکنش هک

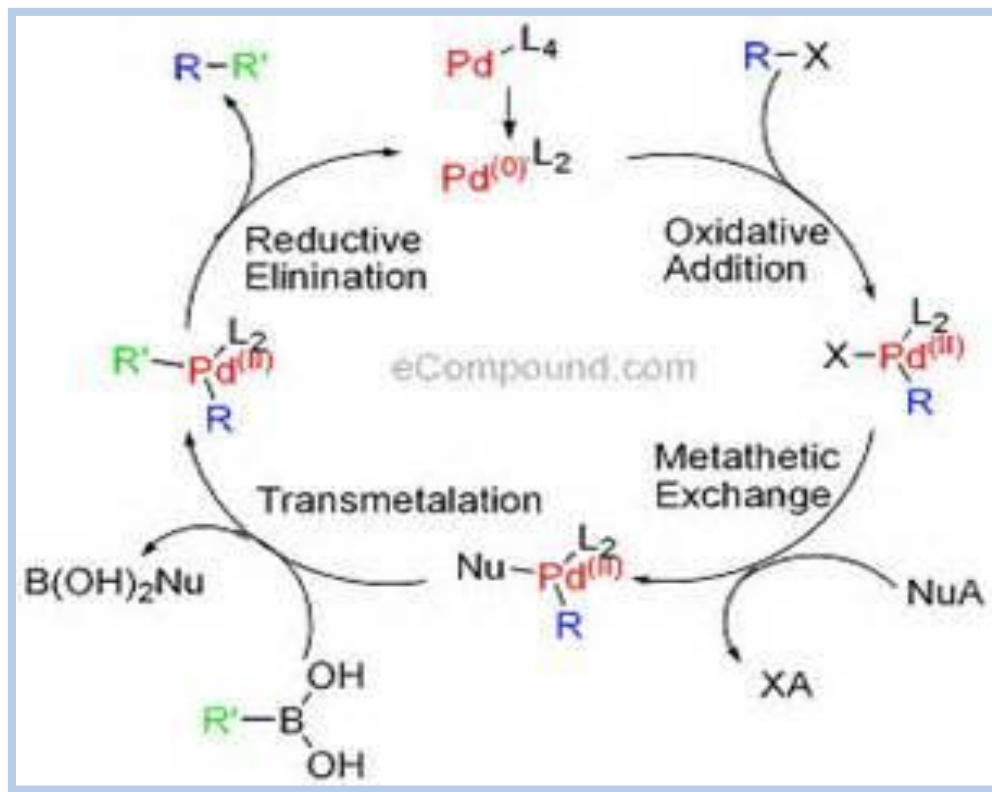
سیکل کاتالیزوری برای واکنش های هک شامل یک سری تغییر شکل هایی است که اطراف پالادیم رخ داده و ترکیب پالادیم (۰) مرتب در طی یک سیکل از ترکیب پالادیم (+۲) در داخل محیط واکنش تولید می شود و باعث سرعت بخشیدن به واکنش می شود [۴۱]

R می تواند آریل، بنزیل و وینیل و همچنین X می تواند شامل گروه های I، Br، Cl، OTF و غیره باشد. در این واکنش آریل هالید ها به عنوان الکتروفیل و الفین انتهایی به عنوان نوکلئوفیل عمل می کند [۴۲].

گزینه پذیرایی بالا، شرایط ملایم واکنش همراه با سمیت پایین و واکنشگر های با ارزش سبب جذابیت این واکنش از نقطه نظر سنتزی شده است [۴۳].

۱-۴-۲ واکنش سوزوکی

واکنش جفت شدن عرضی سوزوکی در سال ۱۹۸۱ توسط سوزوکی و میورا^۱ منتشر شد. این واکنش شامل جفت شدن فنیل بورونیک اسید با آریل هالیدها در حضور کاتالیزور پالادیم و باز می باشد. شکل (۱-۳) روند واکنش سوزوکی را نشان می دهد [۴۴].



شکل (۱-۳) چرخه کاتالیزی واکنش سوزوکی

در واکنش فوق R می تواند معرف گروه هایی چون آلکیل، آلکنیل، آریل و وینیل باشد، R^۲ نمایانگر گروه های آلکیل، آلکنیل، آلکینیل، آریل، بنزیل و وینیل است. X هم شامل ترک کننده هایی نظیر I، Br، Cl، OTf و غیره می باشد.