

بررسی واکنش جفت شدن کربن-کربن به روش نگیشی توسط پلی وینیل پیرولیدون حامل نانو پودر کلرید روی و مطالعه سینتیک آن

سید علی حسینی شهرسب، ستاره شیخ^{*}، نورالدین گودرزیان

گروه شیمی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

چکیده: ایجاد پیوندهای جدید کربن-کربن، پتانسیل بزرگی در سنتزهای آلی به خصوص در زمینه سنتز مواد دارویی دارند. در این راستا، کاتالیزگرهای ناهمگن از پرکاربردترین ابزارها برای انجام واکنش های جفت شدن متقاطع در شرایط ملایم و با بازده بالا می باشند. در این تحقیق برای اولین بار از نانوپودر کلرید روی تثبیت شده روی پلی وینیل پیرولیدون به عنوان کاتالیزگر استفاده شده است. برای اطمینان از عملکرد نانو پودر کلرید روی به عنوان کاتالیزگر واکنش جفت شدن متقاطع نگیشی جهت جفت نمودن کربن-کربن، انجام شد. نتایج نشان داد که بازده محصول رضایت بخش است. برای استفاده از این واکنشگر پلیمری به عنوان کاتالیزگر می توان از حلال های گوناگون استفاده نمود. همچنین جداسازی پلیمر از محیط آسان می باشد و در نهایت می توان این کاتالیزگر را بازیابی نمود. در این تحقیق همچنین بررسی های سینتیکی بر روی واکنش فوق انجام گرفت که نتایج نشان داد که واکنش از درجه واکنش ۳ تبعیت می کند.

واژگان کلیدی: کاتالیزگر ناهمگن، جفت شدن متقاطع، درجه واکنش.

setsheikh1@gmail.com

۱- مقدمه

عاملی را می توان به راحتی روی آنها قرار داد [۸-۱۰]. مشابه سایر واکنش ها [۱۱-۱۸]، واکنش ها با روش نگیشی نیز کاربردهای قابل توجه و گسترده ای دارند [۲۱-۱۹]. پلی وینیل پیرولیدون عامل دار شده با نانو روی به عنوان یک واکنشگر جفت کننده پلیمری کاربرد فراوانی دارد. این واکنشگر پلیمری با استفاده از واکنش تبدلی بین کمپلکس پلی وینیل پیرولیدون با کلرید روی و سپس پیوند کئوردینانسی یون روی با نیتروژن تهیه می شود. در کار حاضر، از این کاتالیزگر پلیمری در واکنش جفت شدن کربن-کربن استفاده شده است. محصول بدست آمده از این واکنش، ایزوله بوده و توسط یک فیلتراسیون ساده از مخلوط واکنش جدا می شود و روند پیشرفت واکنش را می توان با استفاده از GC (کروماتوگرافی گازی)، TLC (کروماتوگرافی لایه

واکنش های جفت شدن متقاطع^۱ به عنوان یک ابزار کاربردی در سنتز مواد آلی، مورد توجه محققان دانشگاه و صنعت قرار گرفته است. از دسته واکنش های جفت شدن متقاطع می توان واکنش های جفت شدن نگیشی^۲ و سوزوکی^۳ را نام برد که روش هایی مناسب برای سنتز مواد می باشند. با این روش ها محصولات مختلفی تهیه می شوند که در شیمی آلی، صنعتی و دارویی ضروری و پرکاربرد هستند [۷-۱]. از طرف دیگر، ترکیبات آلی روی به طور گسترده در واکنش های جفت شدن متقاطع نگیشی استفاده می شود. زیرا به راحتی در دسترس هستند و گروه های

¹ Cross-coupling

² Negishi

³ Suzuki

نازک) و طیف سنجی UV (طیف سنجی ماورای بنفش) دنبال کرد.

۲- مواد و روش

۲-۱- مواد و دستگاه ها

نانو پودر کلرید روی، پلی وینیل پیرولیدون، برموزن، اسیدها، حلال های مورد استفاده و سایر ترکیباتی که به عنوان مواد اولیه این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند، از شرکت مرک و آی ان اس سی اکس، تهیه شده اند. در این تحقیق روند دنبال کردن واکنش توسط TLC روی پلی گرام سیلیکاژل TLC Silica gel 60F₂₅₄ و یا با استفاده از دستگاه طیف سنج UV-Vis (مرئی-ماورای بنفش) انجام شد. همچنین برای بررسی سینتیک واکنش جفت شدن کربن - کربن از دستگاه طیف سنج Camspec M550 استفاده شد. در حین ساختن نانوکاتالیزگر برای جلوگیری از کلوخه شدن یا توده شدن از دستگاه سونیکاتور CD-2800 با قدرت ۴۲ KHz استفاده شد. این دستگاه با استفاده از امواج فراصوت انرژی لازم برای جدا کردن ذرات از هم را فراهم می آورد. تنظیمات به گونه ای انجام شد که دستگاه هر ۳ دقیقه یک بار به طور خودکار خاموش شود.

همچنین از دستگاه های دیگری مانند FT-IR مدل parkin Elmer RXI و ¹H NMR مدل Bruker 400-MHz برای مشخصه یابی استفاده شد. برای آماده سازی نمونه های جامد FT-IR از قرص KBr استفاده شد. برای تهیه طیف ¹H NMR تمامی نمونه ها در کلروفرم دوتره شده حل شده و سپس از آنها طیف گرفته شد.

۲-۲- روش تهیه کاتالیزگر

جهت تهیه کاتالیزگر پلیمری پلی وینیل پیرولیدون شبکه ای عامل دار شده با نانو پودر کلرید روی، ابتدا بالن حاوی ۳/۰۷ گرم نانو پودر کلرید روی (N₂ZnCl₂) حل شده در ۱۰۰ میلی لیتر اتانول و ۵۰ میلی لیتر متانول را روی همزن مغناطیسی قرار داده و سپس هم زمان با به هم خوردن محلول، مقدار ۵ گرم پلی وینیل پیرولیدون شبکه ای (PVP) در ۱۰ میلی لیتر متانول کم

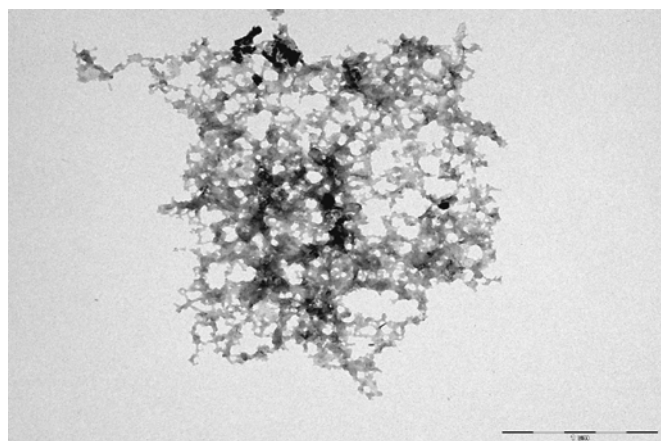
کم به بالن اضافه شد. با گذشت هر ۲۰ دقیقه، مخلوط حاصل درون دستگاه سونیکاتور برای جلوگیری از کلوخه ای شدن نانو ذرات روی، سونیکیت گردید و بعد از قرار دادن سوسپانسیون به مدت ۳۰ دقیقه، این مخلوط رفلکس شد. در پایان رسوب بدست آمده صاف شده و چندین بار با متانول شسته و خشک شد. نسبت واحد های پلی وینیل پیرولیدون به یون فلزی روی با استفاده از روش جذب اتمی اندازه گیری گردید که نشان داد نسبت ۱:۱ است. جهت تعیین نسبت اجزا در [(PVP)₂-N₂ZnCl₂] از روش جذب اتمی استفاده شد. برای این کار مقدار ۰/۰۱ گرم نانو پودر کلرید روی در بالن ۵۰ میلی لیتری با آب مقطر به حجم رسید و سپس در شش بالن ۵۰ میلی لیتری محلول استاندارد حاوی غلظت های از ۰/۰۱، ۱، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۷۵ و ۲ ppm تهیه گردیدند. سوسپانسیونی از ۰/۰۵ گرم از کاتالیزگر پلیمری [(PVP)₂-N₂ZnCl₂] در تیزاب (نسبت ۱ به ۳ اسید کلرید به اسید نیتریک) حل کرده و به مدت ۱ ساعت با همزن مغناطیسی هم زده و بعد از فیلتر کردن مخلوط حاصل مایع زیر صافی در بالن حجمی به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و با دستگاه جذب اتمی بررسی ها انجام گردید.

۲-۳- مراحل انجام آزمایش

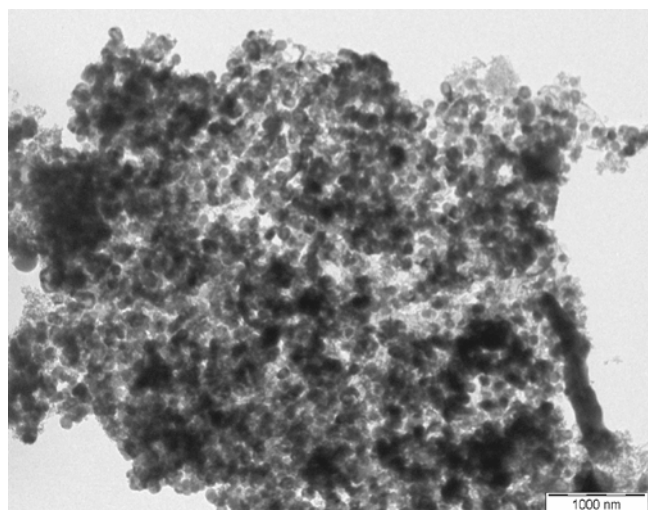
جفت شدن آریل هالیدها با واکنشگر آریل هالید روی با استفاده از کاتالیزگر پلی وینیل پیرولیدون حامل نانو پودر کلرید روی به روش حرارت دادن انجام شد. پیشرفت واکنش به وسیله UV و TLC رهگیری شد. سپس محصول واکنش جداسازی و توسط طیف سنجی FT-IR و ¹H NMR شناسایی شد.

جهت پیدا کردن حلال مناسب به این صورت عمل شد که مقدار ۰/۳ گرم از کاتالیزگر پلیمری [(PVP)₂-N₂ZnCl₂] را با ۲۰ میلی لیتر از حلال های ذکر شده (هر حلال در یک واکنش جداگانه) مخلوط کرده و با افزودن ۰/۱۵ گرم برموزن و گذشت زمان های مختلف، پیشرفت واکنش توسط TLC در مخزن حاوی n-هگزان و اتیل استات با نسبت های ۱:۹ و دستگاه اسپکتروفتومتری UV/VIS رهگیری شد.

جهت بررسی سرعت واکنش جفت شدن کربن - کربن نسبت به مقادیر مختلف کاتالیزگر پلیمری حامل نانو پودر کلرید روی، از

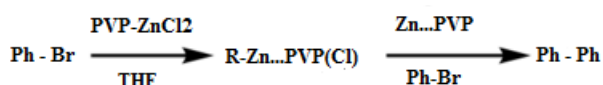


شکل ۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی پلی وینیل پیرولیدون قبل از قرار گرفتن نانو پودر کلرید روی.



شکل ۲. تصویر میکروسکوپ الکترونی پلی وینیل پیرولیدون بعد از قرار گرفتن نانو پودر کلرید روی.

های پلیمر و نانو پودر کلرید روی است. در شکل ۲ نانو پودر کلرید روی با اندازه های کمتر از ۱۰۰ نانومتر دیده می شود. از پلی وینیل پیرولیدون حامل نانو پودر کلرید روی به عنوان کاتالیزگر ناهمگن که از مفیدترین و پر کاربردترین روش ها برای دست یافتن به واکنش های جفت شدن متقاطع در شرایط ملایم و با بازده بالا می باشد، استفاده گردید (شکل ۳). به منظور شناسایی کمپلکس از کاتالیزگر پلیمری $[(PVP)_2-NZnCl_2]$



شکل ۳. طرحواره ای از واکنش جفت شدن کربن-کربن به روش نگیشی توسط پلی وینیل پیرولیدون حامل نانو پودر کلرید روی

مقادیر ۰/۵، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و گرم کاتالیزگر برای واکنش استفاده شد. جهت این کار بعد از انتخاب THF به عنوان حلال مناسب، برای مشخص نمودن تاثیر مقادیر کاتالیزگر بر روی سرعت واکنش در زمان معین آزمایش ها انجام شد تا شرایط بهینه واکنش مشخص گردد. بعد از انجام مراحل فوق مشخص گردید که برای واکنش شرایط بهینه می بایست نسبت مقدار ماده اولیه و کاتالیزگر ۱:۱ در نظر گرفته شود و دمای مناسب واکنش، شرایط بازروانی می باشد. نمونه برداری از زمان شروع واکنش آغاز و با استفاده از TLC و دستگاه اسپکتروفتومتری، روند پیشرفت واکنش در زمان های متفاوت دنبال شد.

برای بررسی سرعت واکنش جفت شدن کربن - کربن نسبت به دمای متغیر به این شکل عمل شد که در حضور ۰/۳ گرم کاتالیزگر پلیمری حامل نانو پودر کلرید روی، مقدار نیم میلی مول از برموبنزن را به ۲۰ میلی لیتر از حلال THF اضافه کرده و بعد از گذشت ۳۰-۶۰ ثانیه به یکباره نیم میلی مول دیگر برموبنزن موجود در بالن سه دهانه را به مخلوط فوق اضافه کرده و نمونه برداری در دماهای معین از زمان صفر آغاز شد. در هر آزمایش دما متغیر می باشد ولی نسبت های مقادیر مواد واکنش دهنده و کاتالیزگرها در هر آزمایش، ثابت و ۱:۱ است. در نهایت، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری تبدیل بنزن برمید به بی فنیل محاسبه گردید [۲۳-۲۲].

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تحلیل ساختاری

بکارگیری پلیمرهای دارای گروه نیتروژن مانند پلی وینیل پیرولیدون باعث تشکیل ترکیبات کئوردینه پایداری با تعداد زیادی از یون های فلزی می شود. در این تحقیق به منظور بهبود خواص کاتالیزگری، نانو ذرات روی بر روی بستر پلی وینیل پیرولیدون قرار داده شد. شکل های ۱ و ۲ به ترتیب مربوط به عکس میکروسکوپ الکترونی روبشی پلی وینیل پیرولیدون، قبل و بعد از قرار گرفتن نانو پودر کلرید روی روی آن است. همانطور که در شکل های ۱ و ۲ قابل مشاهده است، توزیع و تفکیک مناسبی از نانو ذره در بستر پلیمر انجام شده است. تشکیل نانوکاتالیزگر فوق احتمالاً به دلیل برهم کنش خوب بین نیتروژن

غلظتهای اولیه متفاوت بدست آمدند. از این داده ها جهت محاسبه سرعت های آغازین واکنش و درجه واکنش نسبت به فنیل برمید و همچنین کاتالیزگر استفاده گردید. نتایج حاصل در جدول های شماره ۳ و ۴ و ۵ آورده شده اند.

طبق زمانبندی مشخص، در دمای ۶۶ درجه سانتی گراد نمونه برداری انجام شد. سپس در مرحله بعد با استفاده از درصدهای تبدیل، غلظت های باقیمانده فنیل برمید در زمانهای نمونه برداری محاسبه شدند. سپس با استفاده از این نتایج در هر مورد منحنی غلظت برحسب زمان رسم گردید. مشخص است که شیب نمودار غلظت بر حسب زمان، سرعت می باشد. با توجه به رابطه

جدول ۳. سرعتهای واکنش با توجه به غلظتهای آغازین

مقدار سرعت (mol/LMin)	نسبت مولی فنیل برمید به کاتالیزگر	
1×10^{-6}	۰/۵ به ۱	RATE 1
2×10^{-6}	۱ به ۱	RATE 2
3×10^{-6}	۱ به ۲	RATE 3
6×10^{-6}	۱ به ۴	RATE 4

جدول ۴. درجه واکنش نسبت به فنیل برمید (α)

α	$\frac{[C]_a}{[C]_b}$	$\frac{RATE_a}{RATE_b}$
۱	۲	$\frac{RATE2}{RATE1} = 2$
۰/۸	۴	$\frac{RATE4}{RATE2} = 3$
۰/۹	۸	$\frac{RATE4}{RATE1} = 6$
۱	۰/۵	$\frac{RATE3}{RATE4} = 0.5$

جدول ۵. درجه واکنش نسبت به کاتالیزگر (β)

β	$\frac{[C]_a}{[C]_b}$	$\frac{RATE_a}{RATE_b}$
۱/۷	۰/۵	$\frac{RATE1}{RATE2} = 0.3$
۲	۰/۲۵	$\frac{RATE1}{RATE3} = 0.06$
۱/۷	۰/۱۳	$\frac{RATE1}{RATE4} = 0.05$
۲/۳	۰/۵	$\frac{RATE2}{RATE3} = 0.2$

تتراهیدروفوران، بیشترین بازده را داشته است. بازایی مجدد واکنشگر پلیمری یا به عبارتی استفاده مجدد از کاتالیزگر بعد از انجام واکنش جفت شدن نقش مهمی در انتخاب آن به عنوان یک کاتالیزگر کاربردی دارد. برای بررسی بازایی کاتالیزگر، پس از انجام واکنش، کاتالیزگر را به راحتی از مخلوط واکنش جدا کرده و سپس پلیمر اصلی PVP را بدست آورده و با اضافه کردن نانو پودر کلرید روی، کاتالیزگر پلیمری دوباره بازایی شد. این روند در طی چند مرتبه صورت گرفت. نتایج حاصل در جدول ۲ گزارش شده است. همانگونه که مشخص است پس از سه مرتبه بازایی هنوز درصد محصول از مقدار قابل قبول ۹۰ درصد برخوردار است.

جدول ۲. نتایج بازایی واکنشگر پلیمری $[(PVP)_2-NZnCl_2]$

ردیف	کاتالیزگر	زمان (دقیقه)	درصد بازده محصول
۱	کاتالیزگر اولیه	۱۰۰	۱۰۰
۲	یک مرتبه بازایی	۱۰۰	۹۸
۳	دو مرتبه بازایی	۱۰۰	۹۵
۴	سه مرتبه بازایی	۱۰۰	۹۰

۳-۲- نتایج بررسی سینتیک واکنش

سینتیک عامل زمان را در واکنشهای شیمیایی مطرح نموده و سرعت را بررسی می نماید. مرتبه واکنش نشان می دهد چطور سرعت تحت تاثیر غلظت قرار می گیرد. بر این مبنا روش های مختلفی برای تعیین مرتبه واکنش های شیمیایی پیشنهاد شده است [۲۴-۲۶]. در این کار، هنگام انجام آزمایش برای بررسی سینتیک هر ۱۰ دقیقه یک بار نمونه برداری انجام شد و با استفاده از دستگاه طیف سنج UV/VIS ابتدا طول موج نمونه مورد نظر را با دستگاه بدست آورده و سپس طول موج را در λ_{max} تنظیم نموده و بعد از اینکه با محلول سفید یعنی THF، جذب را صفر کرده جذب کلیه محلول ها خوانده شد. با توجه به قانون بیر- لامبرت، غلظت نمونه های مورد نظر برای تبدیل بنزن برمید به بی فنیل در هر ۱۰ دقیقه از منحنی استاندارد بدست آمد. با استفاده از طیف سنجی UV/Vis درصدهای تبدیل فنیل برمید به بی فنیل در زمانهای پیشرفت واکنش و در

کاتالیزگر، قابلیت استفاده مجدد از کاتالیزگر، بازدهی بالا و زمان کوتاه انجام واکنش ها، دارای کارایی بسیار خوبی بوده و می تواند ایده ای مناسب جهت بهبود روش های سنتزی باشد.

مراجع

1. P. Guo, H. Jin, J. Han, L. Xu, P. Li, M. Zhan, *Org Lett.* 25, 1268 (2023).
2. Y. Zhou, C. Liu, L. Wang, L. Han, S. Hou, Q. Bian, J. Zhong, *Synlett.* 30, 860 (2019).
3. S. Tabassum, A.F Zahoor, S. Ahmad, R. Noreen, S.G. Khan, H. Ahmad, *Mol. Divers.* 26, 647 (2022).
4. E. J. Tollefson, L. E. Hanna, E. R. Jarvo, *Acc. Chem. Res.* 48, 2344 (2015).
5. N. Goudarzian, M. Gholinejad, P. Ghahramani, J. *Chem. Sci.* 123, 485 (2011).
6. J. H. Kim, J. W. Kim, M. Shokouhimehr, Y. S. Lee, *J. Org. Chem.* 70, 6714 (2005).
7. A. K. King, A. Brar, M. Findlater *Catal. Sci. Technol.* 13, 301 (2023).
8. Q. Cao, J. L. Howard, E. Wheatley, D. L. Browne, *Angew. Chem.* 130, 11509 (2018).
9. N. Hadei, E.A.B. Kantchev, C.J. O'Brien, M.G. Organ, *J. Org. Chem.* 70, 8503 (2005).
10. A. J. Ross, H. L. Lang, R. F. Jackson, *J. Org. Chem.* 75, 245 (2010).
11. K. Babar, A.F. Zahoor, S. Ahmad, R. Akhtar, *Mol. Divers.* 25, 2487 (2021).
12. R. Akhtar, A.F. Zahoor *Synth. Commun.* 50, 3337(2020).

می توان با استفاده از نسبت سرعت های $\frac{RATE_a}{RATE_b} = \left(\frac{[C]_a}{[C]_b}\right)^{\alpha \text{ or } \beta}$ آغازین فوق به درجه واکنش نسبت به فنیل برمید رسید. در این رابطه C غلظت ماده مورد نظر و α و β درجه واکنش نسبت به این ماده می باشند. نتیجه گیری کلی این است که درجه واکنش نسبت به فنیل برمید (α) یک می باشد (جدول ۴).

روند فوق را می توان جهت محاسبه درجه واکنش نسبت به کاتالیزگر نیز به کار برد. بدین منظور، غلظت فنیل برمید ثابت نگه داشته می شود و همانند مورد فوق الذکر با چهار غلظت اولیه متفاوت از کاتالیزگر آزمایش ها انجام شدند. سپس در طول زمان نمونه برداری ها انجام شدند. در نهایت با استفاده از دستگاه طیف سنجی UV/Vis درصد تبدیل و غلظت فنیل برمید باقیمانده در طول پیشرفت واکنش محاسبه شد. نتیجه گیری کلی این است که درجه واکنش نسبت به کاتالیزگر (β)، دو می باشد (جدول ۵).

درجه کلی یک واکنش، مجموع درجه های واکنش مربوط به هر کدام از واکنشگرها می باشد و همانطور که از نتایج فوق مشخص است، درجه واکنش نسبت به فنیل برمید یک و درجه واکنش نسبت به کاتالیزگر دو هستند. بنابراین درجه کلی این واکنش، سه می باشد.

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق نانوکاتالیزگر ناهمگن پلی وینیل پیرولیدون حامل نانو پودر کلرید روی ساخته شد. از این کاتالیزگر در تشکیل پیوند های کربن - کربن استفاده شد که بر این اساس با استفاده از این نانو کاتالیزگر دو مول از ماده بنزن برمید با هم جفت شده و بی فنیل تولید می گردد. برای شناسایی محصول بدست آمده از دستگاه FT-IR و 1H NMR بهره گرفته شد. کاتالیزگر فوق دارای توزیع اندازه ذرات مناسبی است که این امر باعث بهبود خواص و عملکرد نانو کاتالیزگر می شود. برای اطمینان از حضور روی در کاتالیزگر پلیمری از روش های جذب اتمی و تیتراسیون یدومتری استفاده شد و در ادامه بهینه سازی حلال و بازیابی کاتالیزگر پلیمری انجام شد. در نهایت بررسی سینتیک در واکنش تبدیل بنزن برمید به بی فنیل صورت گرفت و از منظر سینتیکی، درجه کل این واکنش سه بدست آمد. نانوکاتالیزگر مورد استفاده در این تحقیق به دلیل مزیت هایی چون مقرون به صرفه بودن

26. J. Ancheyta, Chemical reaction kinetics: concepts, methods and case studies. 1st edn. (John Wiley & Sons, New Jersey, 2017).
13. E. Negishi, A. de Meijere, Handbook of Organopalladium Chemistry for Organic Synthesis, (Wiley, New York, 2002).
14. N. Miyaura, Cross- Coupling Reactions, (Springer, Berlin, 2000).
15. R. Akhtar, A.F. Zahoor, B. Parveen, M. Suleman, Synth. Commun. 49,167 (2019).
16. M. Beller, C. Bolm, Transition Metals for Organic Synthesis, Building Block and Fine Chemicals, 2nd edn. (Wiley-VCH, Weinheim, 2004).
17. N. Goudarzian, P. Ghahramani, S. Hossini, Polym. Int. 39, 61 (1996).
18. C. E. Tucker, J.G. de Vries, Top. Catal. 19, 111 (2002).
19. S. Kumar, J. Jyoti, D. Gupta, G. Singh , A. Kumar, SynOpen. 7, 580 (2023).
20. T.C. Malig, A. Kumar, K. L. Kurita Org. Process Res. Dev. 26, 1514 (2022).
21. C. Dorval, O. Stetsiuk, S. Gaillard, E. Dubois, C. Gosmini, G. Danoun, Org. Lett. 24, 2778 (2022).
22. NIST Chemistry Webbook, SRD 69, <https://webbook.nist.gov/cgi/inchi?ID=C108861&Mask=400#UV-Vis-Spec>.
23. NIST Chemistry Webbook, SRD 69, <https://webbook.nist.gov/cgi/inchi?ID=C92524&Mask=400#UV-Vis-Spec>.
24. J. E. House, Principles of Chemical Kinetics, 2nd edn. (Elsevier Inc. San Diego, 2007).
25. K. A. Connors, Chemical kinetics: the study of reaction rates in solution (Wiley-VCH, New York,1990).



Investigation of carbon-carbon coupling reaction by Negishi method using polyvinyl pyrrolidone supported zinc chloride nanopowder and its kinetics study

Seyed Ali Hosseini Shahrasb, Setareh Sheikh*, Nooredin Goudarzian

Department of Chemistry, Islamic Azad University, Shiraz Branch, Shiraz, Iran.

Abstract: The creation of new carbon-carbon bonds has great potential in organic syntheses, especially in the field of pharmaceutical synthesis. In this regard, heterogeneous catalysts are the most widely used tools for performing cross-coupling reactions under mild conditions and with high efficiency. In this study, zinc chloride nanopowder stabilized by polyvinyl pyrrolidone have been used as catalysts for the first time. The C-C coupling reaction was studied in Negishi cross-coupling reaction to find out the performance of the proposed catalyst. The results showed that the product yield is satisfactory. Various solvents can be used to use this polymer reagent as a catalyst. Also, the polymer is easy to separate and ultimately can be recovered. In this research, kinetic studies were also conducted on the above reaction, which showed that the reaction follows the third order reaction.

Keywords: Heterogeneous catalyst, Cross-coupling, Degree of reaction.