

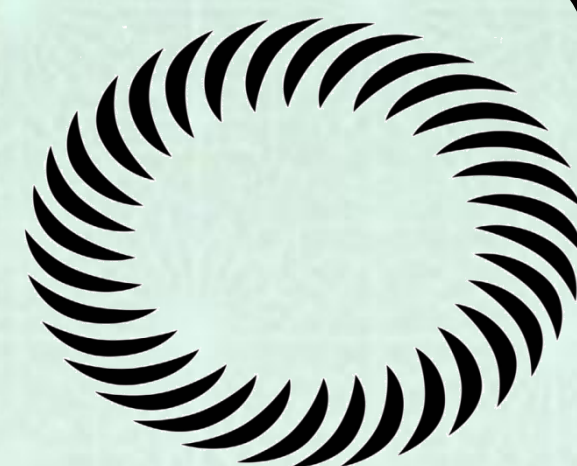


نمایشگاه هفته پژوهش و فناوری
دانشگاه صنعتی همدان
آذر ۱۴۰۴

بازیابی فلز مس از بردهای مدار چاپی توسط محلول های عمیق یوتکتیک

صدف صمدی توانا و سعید کریمی

گروه مهندسی مواد و متالورژی، دانشگاه صنعتی همدان
s.karimi@hut.ac.ir



هفته ملی پژوهش و فناوری

چکیده

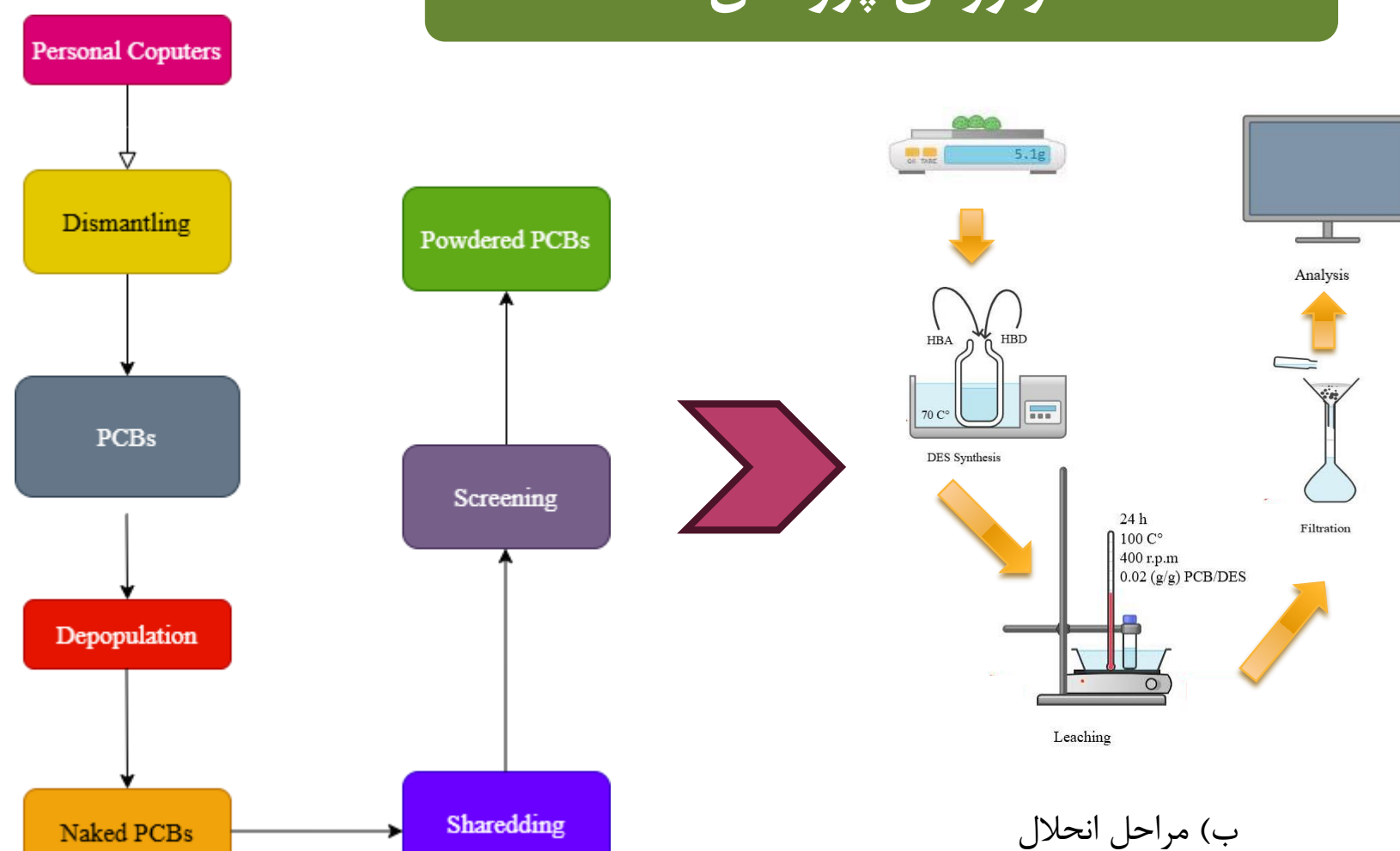
فلز مس را می توان از منابع بازیافتی مختلفی از جمله پسماندهای معدنکاری و متالورژی تولید مس، و همچنین پسماندهای الکتریکی و الکترونیکی به دست آورد. بردهای مدار چاپی به دلیل محتوای فلزی بالا، منبع خوبی برای مس هستند، اگرچه مقدار قابل توجهی پسماند نیز تولید می کنند که نیاز به مدیریت صحیح دارد. این مطالعه، بازیابی مس از بردهای مدار چاپی را با استفاده از یک سری حلال های یوتکتیک عمیق بر پایه کولین کلرید با دهنده های مختلف پیوند هیدروژن بررسی می کند. در بین حلال های ارزیابی شده، مخلوط کولین کلراید و اسید پی-تولون سولفونیک و اسید استیک به ترتیب با بازیابی ۹۹/۴۰٪ و ۹۹/۱۰٪ بالاترین نرخ بازیابی مس را نشان دادند، در حالی که مخلوط کولین کلراید و اتیلن گلیکول با بازیابی ۰/۶۱٪ کمترین میزان را داشت.

واژه های کلیدی: بردهای مدار چاپی، بازیابی فلز مس، محلول های عمیق یوتکتیک

مقدمه

با پیشرفت روزافزون دستگاه های الکترونیکی مقدار قابل توجهی پسماند الکترونیکی حاوی بردهای مدار چاپی تولید می شود، که برای حفاظت از منابع اولیه و محیط زیست بازیابی این نوع پسماندها ضروری هستند [1]. PCBs شامل ۴۰ نوع فلز است از قبیل فلزات گرانبها (Au, Ag, Cu, Zn) و فلزات سمی و خطرناک (Cd, Hg, As) [3]. روش های بازیافت عمدتاً شامل روش های پیرومتالورژی، هیدرومتالورژی و زیست متالورژی می باشد، [2] در میان روش های ذکر شده هیدرومتالورژی به دلیل سازگاری بیشتر با محیط زیست و سرعت تولید بالاتر بیشتر مورد توجه قرار می گیرد [2]. اکثر روش های لیچینگ مبتنی بر اسیدهای معدنی و مواد شیمیایی بر پایه سیانید بوده است [3]. که این امر می تواند منجر به تولید پسماند های سمی با خاصیت خوردگی بالا شود [3]. شناسایی حلال های سازگار با محیط زیست برای کاربردهای شیمی پایدار به یک چالش اساسی تبدیل شده است و این موضوع موجب شده است که پژوهش های گسترده ای در جهت یافتن جایگزین های سبز و کم خطرتر برای حلال های مرسوم انجام شود [4]. حلال های یوتکتیک عمیق به دلیل ویژگی های مطلوبی از قبیل هزینه پایین، قابلیت تنظیم پذیری بالا به عنوان جایگزین های نوظهور ایفا نقش می کنند [4]. حلال های عمیق یوتکتیک قابلیت استخراج فلزاتی از قبیل Cu, Ni, Zn, Sn را از PCBs دارد [3].

اهداف و روش پژوهش



ترکیبات مختلف از DES و نسبت مولی آنها

ChCl:FA	ChCl:LA	ChCl:F	ChCl:ACA	ChCl:T	ChCl:OA	ChCl:EG	ChCl:PTSA	ChCl:U	ChCl:MOA	ChCl:MA
2:1	1:1	1:1	1:1	1:2	2:1	1:2	2.4:1	1:2	1:1	1:1

یافته های پژوهش

بازیابی مس از حلال های دی ا ی اس مختلف به طور قابل توجهی متفاوت است، همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، به طوری که ChCl+ACA و ChCl+PTSA با نرخ بازیابی به ترتیب ۹۹/۱۰٪ و ۹۹/۴۰٪، بالاترین میزان بازیابی را نشان می دهند. ChCl+MOA (۹۷/۷۰٪) و ChCl+FA (۸۷/۹۳٪) نیز درصد بازیابی بالایی را نشان می دهند، در حالی که ChCl+T با بازیابی ۷۵/۱۲٪ در رده متوسط قرار دارد. حلال هایی مانند ChCl+MA و ChCl+LA به ترتیب منجر به بازیابی ۵۶/۴۰٪ و ۴۹/۷۱٪ شده اند. در مقابل، ChCl+F و ChCl+U با نرخ بازیابی بسیار پایین تر به ترتیب ۸/۱۴٪ و ۳/۵۶٪ قرار دارند و ChCl+EG کمترین بازیابی مس را با ۰/۶۱٪ نشان می دهد. در نهایت، ChCl+OA نرخ بازیابی ۱۶/۶۴٪ را دارد. بازدهی بازیابی فلز توسط حلال های DES عمدتاً توسط دو عامل تعیین می شود: فعالیت پروتونی (اسیدیته) و توانایی تشکیل کمپلکس. این ویژگی ها را می توان با تنظیم نوع «پذیرنده پیوند هیدروژنی» (HBA) و «دهنده پیوند هیدروژنی» (HBD) و همچنین نسبت مولی آنها بهینه سازی کرد. به طور کلی، حلال های DES مبتنی بر ChCl قادر به حل کردن اکسیدهای فلزی مختلف هستند؛ با این حال، میزان این حلالیت به شدت به ماهیت HBD انتخاب شده بستگی دارد.

راهنمای پیشنهادی

بر پایه این نتایج، راهنم بهینه برای بازیابی کارآمد مس، انتخاب هوشمندانه اجزای تشکیل دهنده حلال های DES است. با توجه به بازده فوق العاده حلال های حاوی اسیدهای قوی مانند ChCl+PTSA و ChCl+ACA بیش از ۹۹٪، اولویت اصلی باید استفاده از این ترکیبات یا مشابهات آنها باشد. کلید این موفقیت، انتخاب «دهنده های پیوند هیدروژنی» با دو ویژگی کلیدی فعالیت پروتونی بالا و توانایی قوی تشکیل کمپلکس است. در مقابل، باید به طور مشخص از حلال های ضعیفی مانند ChCl+EG که بازدهی ناچیزی دارند، اجتناب کرد. در نهایت، تنظیم نسبت مولی اجزا برای بهینه سازی این خواص ضروری است.

منابع

- [1] Kumari S, Panda R, Prasad R, Alorro RD, Jha MK. Sustainable process to Recover Metals from waste PCBs Using Physical Pre-Treatment and Hydrometallurgical Techniques. Sustainability 2024;16:418. <http://doi.org/10.3390/su16010418>.
- [2] Li H, Eksteen J, Oraby E, Hydrometallurgical recovery of metals from waste printed circuit boards (WPCBs): A review. Resour Conser Recycl 2018;139:122-39. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.08.007>.
- [3] Oke EA, Potgieter H. Recent chemical methods from printed circuit boards: A review. J Master Cycles Waste Manag 2024;26:1349-68. <https://doi.org/10.1007/s1163-024-01944-4>.
- [4] Zante G, Boltoeva M. Review on Hydrometallurgical Recovery of Metals with Deep Eutectic solvent for metal separation and Recovery Green Chemistry 2022;24:1895-929. <http://doi.org/10.1039/D1GC03851F>.

تایید استاد راهنما

نام و امضا استاد راهنما : سعید کریمی
تایید تحصیلات تکمیلی :
تایید امور پژوهشی: