تتشرف كلية الدراسات العليا و كلية الهندسة بدعوتكم لحضور

مناقشة رسالة الدكتوراه

العنوان

تثمين البوليمر المكون للنفايات من خلال العمليات الكيميائية الحرارية باستخدام إضافات قابلة للتطبيق

للطالب

لبيب علي

المشرف

د. محمد نور الطراونة

قسم الهندسة الكيميائية والبترولية

كلية الهندسة

المكان والزمان

مبنى F1 /غرفة ٠٠٤٦

الإثنين، 29 ابريل 2024

صباحا ٩:٣٠

Zoom Link

https://uaeu-ac-ae.zoom.us/j/83454385153?pwd=YYuqsNtn7osTNWt8yOWDQw6nqIyhuN.1

الملخص

إن التراكم السريع لأنواع مختلفة من النفايات البلاستيكية يستلزم تطوير عمليات إدارة النفايات الفعالة والمجدية اقتصاديا. ومن الناحية المثالية، لا ينبغي لهذه العملية أن تخفف من الأعباء البيئية المرتبطة بها فحسب، بل يجب أن تقوم أيضًا بإعادة تدوير واستعادة المنتجات ذات القيمة المضافة. من خلال الحرق أو الانحلال الحراري، ظهرت المعالجة الحرارية كنهج رئيسي لإدارة النفايات للأحمال المتزايدة باستمرار من النفايات البلاستيكية المصنفة المختلفة. طوال عمل الأطروحة، استخدمنا العديد من التقنيات التكميلية التي تشمل توصيف المواد، والتحفيز، والنمذجة الحركية، ونظرية الكثافة الوظيفية (DFT) لفهم الكيمياء المعقدة التي تدعم إعادة التدوير الكيميائي التحفيزي للنفايات البلاستيكية. تستلزم إعادة التدوير الكيميائي الفعال للنفايات البلاستيكية الملوثة بالهالوجين إزالة حمض الهيدروكلوريك وHBr عن طريق تثبيت محتوى الهالوجين والإنتاج اللاحق لتيارات هيدروكربونية نقية. تنطبق مثل هذه السيناريوهات على إعادة التدوير الكيميائي للجزء البوليمري في النفايات الإلكترونية والنفايات الطبية والنفايات البلاستيكية الأخرى التي تحتوي عادةً على كميات عالية من البروم العضوي والكلور في شكل مثبطات اللهب المعالجة بالبروم (BFR) وكلوريد متعدد الفينيل (PVC) ؛ على التوالي. مدفوعًا بالتراكم غير المسبوق لأقنعة الوجه خلال حقبة كوفيد-19، بدأنا المشروع من خلال استكشاف الترقية التحفيزية للأجزاء البوليمرية المختلفة في أقنعة الوجه. وهكذا، قمنا بالتحقق من ترقية الأجزاء من أقنعة الوجه باستخدام محفزات ¬CeO2 المشبعة بالنيوبيوم في ظل ظروف الأكسدة والتحلل الحراري. لقد وجدنا أن عملية تحويل بوليمرات سلسلة الألكيل إلى مركبات بنزين ميثيلية؛ يمكن استخدامها كوقود للنقل. وفي المشروع الثاني، وجدنا أن الانحلال الحراري المشترك للـ PVC مع أكاسيد المعادن (MO's) عند درجات حرارة تتراوح بين ٣٠٠ و٥٠٠ درجة مئوية أدى إلى إنتاج كلوريدات معدنية. استحوذ PVC مع خليط ZnOعلى ٩١.١٣% من حمض الهيدروكلوريك المنبعث، في حين استحوذ $ZnFe_2O_4$ و $NiZnFe_4O_4$على انبعاث HCl إلى ٦٥.٧٨% و٨٣.٥٦% على التوالي. أثناء تفاعل الانحلال الحراري، تم تكوين أحماض لويس مثل $ZnCl_2$، $FeCl_2$، و$NiCl_2$ مما أدى إلى حدوث أيزومرة من رابطة الدول المستقلة إلى الأوليفينات المتحولة مما جعلها أقل ملاءمة للخضوع لتفاعلات التدوير. على هذا النحو، تم الكشف عن انخفاض كبير في تكوين مشتقات البنزين والهيدروكربونات العطرية المتعددة بواسطة GCMS مع إدراج MO's، في حين أنه عزز تكوين الألكانات. المكون الكيميائي الموجود في الجزء غير المعدني في النفايات الإلكترونية، وينبعث معظم محتوى البروم على شكل بروم غير عضوي في شكل HBr. ينبعث HBr بكميات ملحوظة أثناء التحلل الحراري للوحة الدوائر المطبوعة؛ ثنائي الفينيل متعدد الكلور. يحتوي الأخير على حوالي ٤ % من مثبطات اللهب المعالجة بالوزن. إن HBr شديد التآكل ولكنه متفاعل نسبيًا، مما يجعل استعادة تيارات الهيدروكربون الخالية من البروم من البوليمرات المبرومة في مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور أمرًا صعبًا للغاية. من خلال شكليات المحاكاة التجريبية المتكاملة، يستكشف التحلل الحراري المشترك لثنائي الفينيل متعدد الكلور مع Al_2O_3 إمكانية نشر أكسيد الألومينا كعامل لإزالة البرومة للكسور الهيدروكربونية المحتوية على البروم في مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور. تم تصميم إعداد تجريبي على نطاق مختبري باستخدام مفاعل التدفق لإجراء تفاعل الانحلال الحراري والأكسدة لمركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور ومثبطات اللهب البرومينية المختلفة. يتم استخدام TBP (ثلاثي بروموفينول) كمركب نموذجي لمثبطات اللهب المعالجة بالبروم (BFRs) حيث تشتمل تركيباتها الأكثر شيوعًا على الحلقات الفينولية المبرومة. يستلزم الانحلال الحراري المشترك للهيماتيت مع TBP قدرة تكسير منخفضة إلى حد ما في ظل ظروف الانحلال الحراري. يشير تحليل منتجات المكثفات إلى أن التحلل التأكسدي للتيار الغازي من TBP يؤدي بشكل رئيسي إلى تكوين ألكانات مبرومة مثل البروموإيثان والبرومو بنتان. وبالمثل، كشفت قياسات التحليل اللوني الأيوني (IC) عن انخفاض ملحوظ في تركيزات HBr المتسرب. يتضح تحول أكاسيد الحديد إلى بروميدات الحديد ($FeBr_2$) أثناء عمليات الانحلال الحراري والاحتراق من خلال قياسات XRD. (TBBA) كمركب نموذجي آخر لمحتوى البروم في نفايات مركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور) مع هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) قدم دليلًا قاطعًا على التثبيت الكامل لمحتوى البروم وإنتاج زيت الانحلال الحراري الخالي من البروم. على سبيل المثال، تؤكد القياسات التي أجراها IC وFTIR (خلية أخذ عينات الغاز) اختفاء HBr من التيار الغازي أثناء التحلل الحراري المشترك لخليط TBBA:$Ca(OH)_2$ بين ٢٠٠-٥٠٠ درجة مئوية. وبالمثل، لم يتم الكشف عن أي مركبات مبرومة من تحليل أجزاء المكثفات والغاز. نظرًا لأن الألكانات n تهيمن على الزيت المجمع، فقد تم استنتاج أن $Ca(OH)_2$ يعرض كلاً من قدرة التكسير ونزع البروم. تحدد حسابات DFT مسارات التفاعل المهمة التي تعمل في التحلل الأولي لجزيء TBP، بينما بالنسبة لخليط $Ca(OH)_2$ وTBBA، كانت مسارات التفاعل لتحويل $Ca(OH)_2$ إلى $CaBr_2$ عبر الإضافة الانفصالية لجزيئات HBr التحقيق أيضا.. يتم اشتقاق المعلمات الحركية الحرارية لـ TBP و TBBA المدمجة مع الهيماتيت و $Ca(OH)_2$ باستخدام الأساليب الخالية من النماذج (Coats-Redfern) وتركيب النماذج (نماذج KAS , FWO , Starink) من بيانات تحليل قياس الوزن الحراري (TGA). تستنتج الملامح التي تم الحصول عليها أن إضافة الهيماتيت إلى TBP يقلل بشكل منهجي من طاقة التنشيط الحاكمة (Ea) في كلتا العمليتين الكيميائيتين الحراريتين مقارنةً بـ TBP الأنيق. قيم Ea المحسوبة للتحلل الحراري لـ TBBA النقي وخليطه مع $Ca(OH)_2$ موجودة في النطاقات الضيقة من ١١١.٧- ١١٢.١ كيلوجول/مول و ٦٢.٨-٦٣.٤ كيلوجول/مول، على التوالي. تجد النتائج التي تم الحصول عليها من المعلمات الحركية تطبيقًا مباشرًا في نمذجة المفاعلات (الفرن الدوار) وتصميم نقل الحرارة في المجالات المتعلقة بإعادة تدوير النفايات الإلكترونية. ومن المتوقع أن تمهد نتائج المشروع الطريق نحو تسويق عملية إعادة التدوير الكيميائية المستمرة للنفايات البوليمرية التي تعتمد على استخدام المواد المضافة بأسعار معقولة. يستفيد المشروع من تحسين مسار خالٍ من الانبعاثات يمكنه استيعاب معالجة النفايات البوليمرية (الكمام، والبلاستيك، والنفايات الإلكترونية) في سياق نهج تحويل النفايات إلى طاقة الذي تم تنفيذه مؤخرًا في دولة الإمارات العربية المتحدة مستهدفًا أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة الثاني العشر. تعتبر المعرفة الأساسية والتطبيقية التي سيتم الحصول عليها في هذا البحث مفيدة في السعي لسد الفجوة في استراتيجية الاقتصاد الدائري للنفايات البوليمرية بشكل عام.

كلمات البحث الرئيسية: النفايات البوليمرية، PVC، أقنعة الوجه، النفايات الإلكترونية، مثبطات اللهب المبرومة، التحويلات الحرارية والكيميائية، الانحلال الحراري، النمذجة الحركية، إزالة البرومة، إزالة الكلور، DFT