

Recycler des déchets par séparation triboélectrique

Depuis une vingtaine d'années, le traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques devient une question importante. Le recyclage du plastique pose un problème particulier car, après extraction des métaux, il est difficile de séparer les différents types de plastiques, opération pourtant nécessaire pour leur réutilisation.

La séparation électrostatique est une solution envisagée. Ses développements récents donnent des résultats encourageants. Dans un séparateur triboélectrostatique classique, les mélanges de plastiques sous forme de granules, de taille inférieure à cinq millimètres, sont chargés par effet triboélectrique. Ils sont placés soit dans des dispositifs produisant des contacts répétés entre les granules

et les parois du dispositif – des goulottes oscillantes, des cylindres rotatifs –, soit dans des lits fluidisés, systèmes de soufflerie permettant un brassage des granules.

Une fois les granules chargés, un champ électrique est appliqué. Il est créé entre deux plaques métalliques écartées verticalement de 10 à 20 centimètres et reliées à un générateur de tension de plusieurs dizaines de kilovolts. Les forces exercées par le champ électrique dirigent les granules chargés vers des compartiments distincts du collecteur de produits.

Le séparateur tribo-aéro-électrostatique récemment breveté par l'Université de Poitiers et la Société APR2 réalise le tri sélectif des mélanges de matériaux isolants granulaires dans un lit fluidisé en présence

d'un champ électrique orienté perpendiculairement à la direction de l'air de fluidisation.

L'originalité de ce dispositif est la simultanéité des deux opérations : d'une part, la charge triboélectrique des granules par collisions dans le lit fluidisé, d'autre part, la séparation électrostatique de ces granules dans le champ électrique intense créé par deux bandes transporteuses métalliques connectées à deux générateurs de haute tension continue, de polarités respectivement positive et négative.

Une fois qu'un granule est suffisamment chargé, il est attiré vers l'électrode de polarité opposée, bande transporteuse qui l'évacuera vers le collecteur de produits. Les granules non chargés ne peuvent pas quitter

la zone de charge, ce qui garantit la pureté des produits collectés.

Par ailleurs, chaque granule ne reste dans la zone de charge que le temps minimum nécessaire à l'acquisition d'une charge suffisante pour qu'il soit attiré par l'une des électrodes, ce qui assure aussi l'optimisation du débit des matériaux traités. En fonction des conditions environnantes et de l'état des matériaux granulaires, le temps de charge varie. Le débit peut être adapté en fonction du temps nécessaire à la charge. Le pilote industriel de cette installation est capable de traiter une quantité de 600 kilogrammes de déchets par heure.

Lucien Dascalescu
Institut PPRIME, UPR 3346, CNRS,
Université de Poitiers, ENSMA

polymère correspond à la situation où une petite zone d'un polymère est en contact avec une zone plus étendue de l'autre). Le signe de la charge dépend des matériaux en jeu.

J'ai proposé un mécanisme d'échange de charges entre matériaux identiques en m'appuyant sur l'idée que plus la force appliquée est intense, plus la matière transférée peut être profonde. Avec un frottement asymétrique, les forces appliquées à chaque surface sont inégales, si bien que du matériau issu de différentes profondeurs serait transféré. Comme la composition des polymères varie souvent avec la profondeur, cette asymétrie entraînerait le transfert de matériau de différentes compositions, ce qui donnerait des charges nettes de différents signes dans les surfaces séparées.

Il est aussi possible que, selon les caractéristiques de la force mécanique appliquée, il y ait de petites différences dans les réactions chimiques. Il pourrait alors en résulter, sur les deux surfaces, des compositions en polymères ionisés suffisamment différentes.

Ce scénario se comprend aisément pour un frottement asymétrique. Dans le cas d'une action symétrique, de petites asymétries involontaires suffiraient à obtenir une composition asymétrique. Ce mécanisme s'appliquerait aussi à un contact entre matériaux différents et contribuerait à une

meilleure compréhension du mécanisme général de transfert de matériau. Des différences de dureté pourraient aussi conduire à un transfert asymétrique de matériau.

La charge triboélectrique de matériaux de composition identique se produit par exemple avec les particules en suspension, comme dans les tempêtes de sable, les fumées des éruptions volcaniques et la manipulation industrielle de poussières fines. Là encore, ces phénomènes pourraient résulter de contacts asymétriques dus à des différences de taille des particules, les grosses particules se chargeant positivement et les petites négativement. Le scénario exact reste à déterminer.

Une meilleure compréhension

Les expériences de ces dernières années ont permis de progresser dans la compréhension du phénomène triboélectrique. Par ailleurs, il y a un besoin croissant de créer des matériaux qui ne se chargent pas par contact, notamment à cause de la miniaturisation de l'électronique, qui rend les circuits de plus en plus sensibles aux dégâts d'une décharge, même faible. Les nombreuses questions que soulève encore la triboélectricité suggèrent qu'une approche pluridisciplinaire, mettant en œuvre à la fois physique et chimie, pourrait bientôt porter ses fruits. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

M. W. Williams, *Triboelectric charging of insulating polymers – some new perspectives*, *AIP Advances*, vol. 2, 010701, 2012.

T. A. L. Burgo *et al.*, *Triboelectricity : macroscopic charge patterns formed by self-arraying ions on polymer surfaces*, *Langmuir*, vol. 28(19), pp. 7407-7416, 2012.

H. T. Baytekin *et al.*, *The mosaic of surface charge in contact electrification*, *Science*, vol. 333, pp. 308-312, 2011.

L. Calin et L. Dascalescu, *Procédé de séparation électrostatique d'un mélange de granules de matériaux différents et dispositif de mise en œuvre*, Brevet FR2943561, 2010.

L. S. McCarty et G. M. Whitesides, *Electrostatic charging due to separation of ions at interfaces*, *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 47, pp. 2188-2207, 2008.