

Opto-mechanical sorting of municipal solid waste

Vinnitsia National Technical University

Анотація

Використання обладнання для автоматичного сортування твердих побутових відходів з системою оптичного розпізнавання дозволяє багаторазово збільшити швидкість сортування в порівнянні з ручною працею. Крім того, можливість ідентифікації понад тисячі матеріалів (за кольором і хімічним складом) відкриває широкі перспективи промислового застосування даних технологій.

Ключові слова: система оптичного розпізнавання, сортування, тверді побутові відходи.

Abstract

The use of automatic sorting equipment for municipal solid waste with an optical recognition system makes it possible to increase the sorting speed many times than over manual labor. In addition, the ability to identify more than a thousand materials (in color and chemical composition) opens wide prospects for industrial applications of these technologies.

Keywords: optical recognition system, sorting, municipal solid waste.

Introduction

Reducing the number of landfills of municipal solid waste (MSW) is a vital condition for ensuring environmental balance [1-3]. It is possible to recycle waste in order to achieve maximum ecosystem stability. Unlike industrial waste [4-6], MSW is characterized by a huge heterogeneity, which makes it difficult to process it.

It is proved that at least 50% of MSW fractions can be prepared for reuse and recycling to ensure safety for human health and reduce harm to the natural environment, to eliminate the risks of water, air, soil contamination, threats to plants or animals, inconveniences in the form of noise or smell [7].

Research results

In common practice, there is a distinction between manual [8] and automatic [9] sorting of solid waste. In manual sorting, the recognition of the desired materials is performed visually by the staff, and the selection is carried out manually, although some auxiliary operations (feeding the material to the sorting conveyor, pre-sieving by size) can be mechanized. Automatic sorting lines make manual work much easier, but the recognition of certain components is usually performed by a human. On fully automatic material sorting lines, the entire waste sorting process (identification, selection of materials and their separation from the General flow) takes place without the participation of personnel [10].

As a rule, automatic sorting technologies are based on the use of sensors [11, 12] and [13, 14] recognition of materials by irradiating the waste stream with a certain wavelength, and subsequent spectral analysis of the radiation reflected from the surface of the material [15].

Opto-mechanical sorting lines can also be used to separate such materials:

- minerals: precious metals (platinum, gold), diamonds, coal, ferrous metals, copper, minerals, slags, tailings, etc.

- food: vegetables, fruits, dried fruits, nuts, seeds, seafood, husks, etc.

- waste: both small (MSW [16-18], electronic meal) and large-sized after pre-grinding [19] (large-sized and construction waste, old cars, etc.).

One of the manufacturers of sorting systems is the company "TOMRA". Let's consider the structure and operation of the sorting line using the Autosort scanner and the Flying Beam technology, shown in Fig. 1 [20].

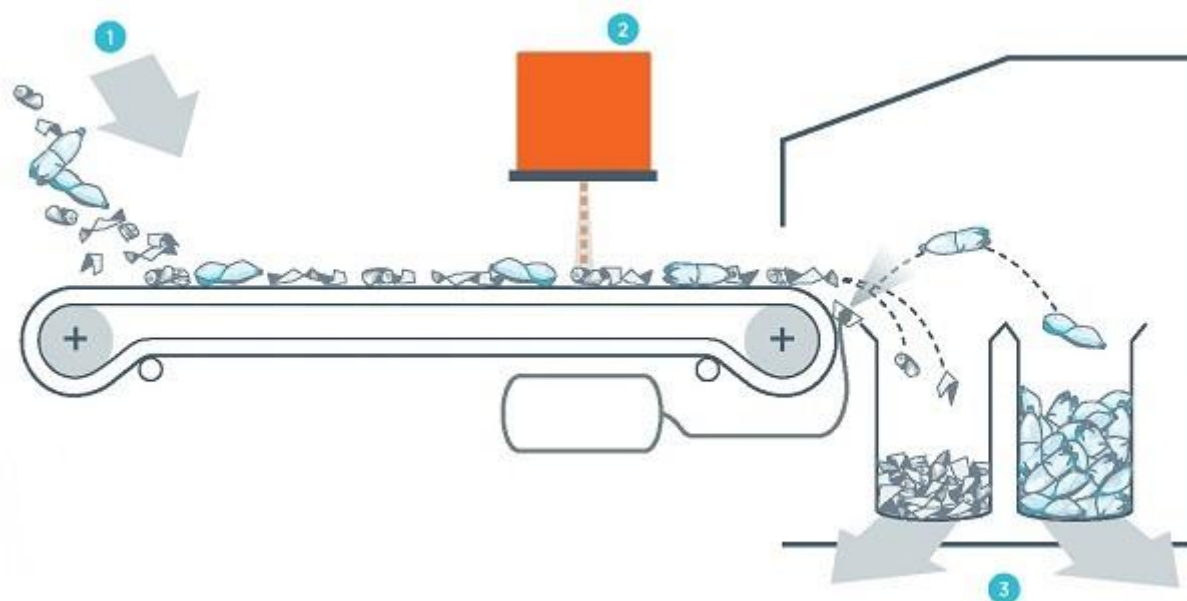


Fig. 1 automatic sorting line operation Diagram:
 1 – feed of unsorted material; 2 – spectrometric scanner; 3 – distribution cameras

The material for sorting 1 is evenly fed through the conveyor to the sensor area 2. the Technology is based on irradiating the waste surface with light with a visible spectrum wavelength (VIS sensor), or with light with a wavelength in the infrared range, closer to the visible spectrum (NIR sensor). VIS technology provides color recognition of the material, NIR technology determines the chemical composition. Recognition is performed by comparing the spectrum of the light signal reflected from the surface with the existing spectrum in the system database.

At the end of the conveyor there are one or two pneumatic modules. After recognizing the component that is needed for sorting, the necessary gateways open after the estimated time, and the recognized component is filtered out of the stream using compressed air. Thus, two or three fractions can be separated from the material flow (provided that the second pneumatic module Flying Beam is installed) 3.

The purity of sorting depends not only on the quality of the material, but also on the accuracy of the application of compressed air force.

In this line, the sorting cleanliness is ensured by a high density of scanning the surface of the conveyor with the material (320 thousand points per second). This density allows you to determine not only the material of the scanning object, but also the surface area it occupies. The equipment can distinguish up to 1400 components by type, color and chemical composition.

The width of the scanning working area of a single machine, depending on the type and size, is from 600 to 2800 mm, providing productivity from 14 to 130 t/h. The overall performance of the line depends on the layout of the equipment and is usually limited by the speed of the conveyors [21].

With the development of waste sorting and recycling technologies, humanity will be able to overcome the environmental crisis, as well as increase the percentage of reported citizens who will be responsible for sorting waste in their homes [22].

Conclusions

To sum up, we can say that sensors of automatic sorting lines allow us to distinguish components of solid household waste by a specific radiation spectrum for each material and thus distinguish components that often do not visually differ from each other. In addition, automatic material sorting lines significantly outperform manual labor in terms of productivity.

References

1. Савуляк В. І. Технічне забезпечення збирання, перевезення та підготовки до переробки твердих побутових відходів : монографія / В. І. Савуляк, О. В. Березюк. – Вінниця, 2006. – 217 с.

2. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз / О. В. Березюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 60-64.
3. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // Technical Sciences. – Olsztyn, Poland, 2017. – No. 20 (3). – P. 259-273.
4. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне : Видавництво НУВГІП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
5. Лемешев М. С. Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды / М. С. Лемешев, А. В. Христин // Инновационное развитие территорий : Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., 26 февраля 2016 г. – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 78-83.
6. Лемешев М. С. В'язучі з використанням промислових відходів Вінниччини / М. С. Лемешев // Тези доповідей XXIV міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології : наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, 18-20 травня 2016 р. – Харків : НТУ "ХПІ". – С. 381.
7. Оптико-механическая сортировка отходов: перспективы использования [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа к ресурсу : <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=260>.
8. Березюк О. В. Визначення параметрів впливу на частку диференційовано зібраних твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 5. – С. 154-156.
9. Березюк О. В. Дослідження кінематики пристрою для сортування твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Харків : НТУ "ХПІ". – 2010. – № 65. – С. 49-55.
10. Ильиных Г. В. Построение материального баланса линии ручной сортировки твердых бытовых отходов / Г. В. Ильиных, Е. А. Устьянцев, Я. И. Вайсман // Экология и промышленность России. – 2013. – №1. – С. 25.
11. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, M. Duk // Proceedings of SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – Vol. 10808, No. 108083G. – <http://dx.doi.org/10.1117/12.2501557>
12. Bereziuk O. Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes / O. Bereziuk, M. Lemeshev, V. Bogachuk, W. Wójcik, K. Nurseitova, A. Bugubayeva // Przegląd Elektrotechniczny. – Warszawa, Poland, 2019. – No. 4. – Pp. 146-150. – <http://dx.doi.org/10.15199/48.2019.04.26>
13. Pavlov S. V. Electro-optical system for the automated selection of dental implants according to their colour matching / S. V. Pavlov, A. T. Kozhukhar, S. V. Titkov et al. // Przegląd Elektrotechniczny. – Warszawa, Poland, 2017. – No. 93(3). – Pp. 121-124.
14. Pavlov S. V. A simulation model of distribution of optical radiation in biological tissues / S. V. Pavlov, S. E. Tuzhansky, T. I. Kozlovska, A. V. Kozak // Visnyk VNTU. – 2011. – No. 3. – Pp. 191-195.
15. Слюсарь Н. Н. Разработка комплексной технологической схемы сортировки твердых бытовых отходов / Н. Н. Слюсарь, Д. Л. Борисов, В. Н. Григорьев // Вестн. ПНИПУ. – Санкт-Петербург : 2011. – С. 75-82.
16. Березюк О. В. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк, В. І. Савуляк // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 3 (68). – С. 45-50.
17. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський та ін. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111-116.
18. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // TEHNOMUS. – Suceava, Romania, 2015. – No. 22. – P. 345-351.
19. Березюк О. В. Експериментальне дослідження процесу подрібнення твердих побутових відходів під час зневоднення шнековим пресом / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2019. – № 5. – С. 75-80. – <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-75-80>
20. Autosort [Електронний ресурс] // Tomra video site – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tomra.com/en/sorting/recycling/tomra-solutions/autosort>.
21. Product sheet [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://drive.google.com/open?id=1Ng4Wl0Q0eJKzFqwAjssebfVXgoTPAxTj>.
22. Ильиных Г. В. Современные методические подходы к анализу морфологического состава ТБО с целью использования их ресурсного потенциала / Г. В. Ильиных, В. Н. Коротаев, Н. Н. Слюсарь // Экология и промышленность России. – 2012. – №7. – С. 40-45.

Онішук Микола Олександрович – студент групи МНТ-186, факультет інфокомунікацій радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: onisukmikola3@gmail.com.

Науковий керівник: **Березюк Олег Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: berezyukoleg@i.ua.

Onishchuk Mykola O. – Department of Information Communications of Radio Electronics and Nanosystems, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsya, e-mail: onisukmikola3@gmail.com.

Supervisor: **Bereziuk Oleg V.** – Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Life Safety and Safety Pedagogics, Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya, e-mail: berezyukoleg@i.ua.