

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 245020 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **430784**

(22) Data zgłoszenia: **2019.07.31**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.02.08 BUP 03/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.04.22 WUP 17/2024**

(51) MKP:

**B07C 5/34 (2006.01)**

**B07C 5/346 (2006.01)**

(73) Uprawniony z patentu:  
**COMEX POLSKA SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:  
**JACEK KOŁACZ, Sosnowiec, PL**

(74) Pełnomocnik:  
**rzecz. pat. Anna Górską, Kraków, PL**

(54) Tytuł:

**Układ do analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego i sposób  
analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego**

**PL 245020 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ do analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego i sposób analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego, typu, rodzaju oraz formy występowania. Separacja taka może być wykorzystana do sortowania materiałów takich jak: skały, minerały, rudy metali, metale, obiekty w procesie recyklingu, ogólnie odpady oraz inne materiały, przy których ważne jest określenie ich składu chemicznego w celu ich dalszej separacji.

Znana jest konstrukcja urządzenia do separacji materiałów z amerykańskiego patentu US2006171504A1 lub US2007086568A1. W metodzie tej, detektory promieniowania posiadają podwójną warstwę czujników analizujących ten sam fragment materiału. Promieniowanie X po przejściu przez analizowany materiał, pada na pierwszą warstwę czujników. Pierwsza warstwa analizuje bezpośrednio ilość energii promieniowania X padającą na czujnik po przejściu przez próbkę materiału. Druga warstwa znajduje się za filtrem wyhamowującym promieniowanie X i również mierzy energie tego promieniowania. W ten sposób pierwsza warstwa dokonuje pomiaru całkowitej energii fotonów  $E_T$  promieniowania X, które docierają do czujnika, zarówno tych o wysokiej  $E_H$  jak i niskiej energii  $E_L$ . Druga warstwa czujników dokonuje pomiaru tylko fotonów o wyższych energiach  $E_H$ , ponieważ te o niższej energii zostały pochłonięte przez filtr. W ten sposób możliwe jest zmierzenie dwóch poziomów energii przechodzących przez analizowany materiał. Warstwa górna czujników mierzy całkowitą ilość energii  $E_T$ , a warstwa dolna mierzy tylko energie o wysokim poziomie  $E_H$ . Poprzez odjęcie tych sygnałów od siebie, otrzymamy energie o niskim poziomie  $E_L = E_T - E_H$ . Jednocześnie powszechnie wiadomo jest że podczas przenikania promieni X przez materię, energia tego promieniowania jest tłumiona. Stopień tłumienia tej energii zależy głównie od zjawisk, jakie w tym układzie powstają: zjawisko fotoelektryczne, rozpraszanie Comptona oraz tworzenie par elektron-pozyton. Podczas przenikania promieni X o energii do około 200 keV, w większości materiałów zachodzą tylko dwa pierwsze zjawiska: fotoelektryczne i rozpraszanie Comptona i zjawiska te są zależne od ilości padającej energii promieniowania X oraz od rodzaju materiału. Przykładowo aluminium o grubości 1 mm, poddane działaniu promieniowania X o energii 100 keV daje współczynnik tłumienia 4,48%, a przy energii 50 keV 9,45%. Jednocześnie taka sama grubość miedzi daje współczynnik tłumienia 33,6% przy energii 100 keV, a przy energii 50 keV 90,3%. Porównując ilorazy tych współczynników przy  $E_{50}/E_{100}$  uzyskamy wartości 2,1 dla aluminium i 2,7 dla miedzi. Głównym ograniczeniem metody dwuenergetycznej jest to, że każdy z czujników mierzący energie fotonów padających na dany czujnik, zarówno dla pierwszej jak i drugiej warstwy, dokonuje pomiaru sumarycznego określonej grupy fotonów promieniowania X. Są to czujniki oparte na scyntylatorach. Fotony promieniowania X padają na zewnętrzną warstwę czujnika, gdzie znajduje się scyntylator. Jest to z reguły kryształ materiału, który poprzez wzbudzenie promieniowaniem X powoduje efekt świecenia światłem widzialnym, które zostaje mierzone przez fotodiodę. W momencie, gdy do kryształu scyntylatora dostanie się foton promieniowania X, następuje efekt fotoelektryczny i rozpraszanie Comptona, podobnie jak w analizowanym wcześniej materiale. Jednak w przypadku scyntylatora, efekt fotoelektryczny można w efektywny sposób zamienić na fotony światła widzialnego i zmierzyć ich intensywność, która będzie proporcjonalna do energii i ilości fotonów promieniowania X padających na kryształ scyntylatora. Jednak w efekcie, gdy do czujnika dotrą w niemal tym samym czasie fotony promieniowania X o niskiej i wysokiej energii, pomiar energii tych fotonów będzie sumaryczny, czyli będzie to pomiar całkowitej energii, która dotarła do czujnika scyntylatorowego. Wspomniane ograniczenia powodują, że nie jest możliwe rozróżnienie wielu rodzajów materiałów. Zwłaszcza fakt ten staje się bardzo istotny w przypadku separacji materiałów mieszanych (jak minerały lub stopy metali), gdzie w skład materiału wchodzi wiele pierwiastków i ich związków. Wówczas pomiar dwuenergetyczny jest nieprecyzyjny, a interpretacja rodzaju materiału w oparciu o tylko dwa poziomy energetyczne jest trudna i chaotyczna.

Celem wynalazku jest opracowanie układu do analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego i sposób analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego, typu, rodzaju oraz formy występowania.

Układ do analizy i separacji materiałów wyposażony w przenośnik taśmowy, źródło promieniowania rentgenowskiego X, detektor pomiaru promieniowania X, który ma źródło promieniowania X umieszczone w ten sposób, że promienie X przenikają przez mierzony materiał na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego przy czym detektory promieniowania składają się z wielokrotnych czujników promieniowania umieszczonych wzdłuż całej szerokości taśmy, zaś układ czujników wyposażony jest

w urządzenia przetwarzania danych w zakresie dwuenergetycznej (DE Dual Energy) lub wieloenergetycznej (ME Multi Energy) analizy promieniowania X, a także komputerowy system obliczeniowy sterujący układem odrzucającym cząstki materiału znajdującego się poniżej progu kryterium separacji i urządzenia odbierające odseparowane frakcje materiału, charakteryzuje się tym, że wyposażony jest dodatkowo w układ hiper-spektralnej analizy w zakresie promieniowania podczerwonego przy pomocy źródła promieniowania podczerwonego oraz hiper-spektralnej kamery analizującej obraz promieni odbitych od powierzchni badanego materiału oraz ma wielopasmowy detektor pomiaru promieniowania rentgenowskiego X w kształcie matrycy ustawionych w szeregu niezależnych czujników promieniowania rentgenowskiego X pokrywających całą szerokość taśmy przenośnika, posiada detektory promieniowania o różnych współczynnikach tłumienia promieniowania rentgenowskiego X przy zróżnicowanej energii tego promieniowania.

Korzystnie kamera hiper-spektralna promieniowania podczerwonego, posiada układ optyczny pokrywający całą szerokość taśmy przenośnika taśmowego.

Korzystnie źródło promieniowania rentgenowskiego X posiada możliwość generowania stabilnej energii fotonów promieniowania rentgenowskiego X na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego.

Korzystnie układ ma nie mniej niż dwie jednostki urządzenia odbierającego odseparowane frakcje materiału.

Korzystnie urządzenia odbierające odseparowane frakcje materiału są w formie pojemników.

Korzystnie urządzenia odbierające odseparowane frakcje materiału są w formie taśm przenośnikowych odtransportowujących odseparowany materiał i/lub w formie kanałów przesypowych odtransportowujących odseparowany materiał.

Sposób analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego w celu ich dalszej separacji, charakteryzuje się tym, że mierzony materiał jest wprowadzany pomiędzy źródło promieniowania rentgenowskiego X a detektory promieniowania z kontrolowaną prędkością przenośnika taśmowego i/lub z kontrolowaną prędkością, a wielopasmowy detektor pomiaru promieniowania rentgenowskiego X, dokonuje pomiaru ilości i energii fotonów promieniowania X dla poszczególnych niezależnych pasm energetycznych i przedstawia je w formie impulsów elektrycznych o intensywności proporcjonalnej do energii fotonów; po czym mierzona powierzchnia (17) materiału (4) jest wprowadzana w bezpośrednie sąsiedztwo źródła promieniowania podczerwonego (15) i kamery hiper-spektralnej (19) z kontrolowaną prędkością, przy czym źródło promieniowania podczerwonego (15) oświetla powierzchnię materiału (17) a hiper-spektralna kamera promieniowania podczerwonego (19) dokonuje pomiaru intensywności fotonów promieniowania podczerwonego (16) odbitego od powierzchni materiału (17) dla poszczególnych niezależnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego i przedstawia je w formie impulsów elektrycznych o intensywności proporcjonalnej do intensywności fotonów, a układ przetwarzania danych (21) z kamery hiper-spektralnej (19) przedstawia rozkład intensywności zmierzonych fotonów dla zadanej ilości niezależnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego w ilości od jednego pasma do nawet kilkuset pasm jednocześnie.

Korzystnie wielopasmowy detektor pomiaru promieniowania rentgenowskiego X dokonuje pomiaru ilości i energii fotonów promieniowania X dla poszczególnych niezależnych pasm energetycznych w sposób sumaryczny lub grupowy, lub indywidualny. W podczerwieni, analizujemy intensywność fotonów w różnych pasmach częstotliwości tego światła i klasyfikujemy je do zakresów częstotliwości.

Korzystnie układ przetwarzania danych z detektorów wielopasmowych dokonuje przeliczenia i klasyfikacji impulsów elektrycznych z czujników przedstawiając je jako rozkład ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm energii promieniowania rentgenowskiego X.

Korzystnie układ przetwarzania danych z wielopasmowego detektora i z detektorów promieniowania przedstawia rozkład ilości zmierzonych fotonów dla zadanej ilości niezależnych pasm energii promieniowania rentgenowskiego X w ilości od dwóch do nawet kilkuset pasm.

Korzystnie źródło promieniowania podczerwonego posiada możliwość generowania stabilnej wiązki fotonów na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego.

Korzystnie źródło promieniowania podczerwonego generuje stabilną wiązkę fotonów w szerokim zakresie częstotliwości, lub tylko w wąskich wybranych pasmach takiego promieniowania.

Korzystnie układ komputerowego systemu obliczeniowego określającego kryteria separacji materiałów, rozpoznaje różnice w rozkładach ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm energetycznych promieniowania rentgenowskiego X i jednocześnie rozpoznaje różnice w rozkładach ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego, definiując w ten sposób różnice między separowanymi materiałami i ich własnościami.

Korzystnie układ komputerowego systemu obliczeniowego określającego kryteria separacji materiałów, poprzez zadane parametry kryteriów separacji, w sposób całkowicie niezależny wybiera poszczególne pasma energetyczne dla promieniowania rentgenowskiego X oraz poszczególne pasma częstotliwości dla promieniowania podczerwonego, i porównuje wartości odpowiadające ilościom i intensywnościom zmierzonych w tych pasmach fotonów.

Korzystnie układ komputerowego systemu obliczeniowego określającego kryteria separacji materiałów, porównuje wartości odpowiadające ilościom i intensywnościom zmierzonych w tych pasmach fotonów, poprzez wykonanie obliczeniowych operacji matematycznych.

Korzystnie układ komputerowego systemu obliczeniowego określającego kryteria separacji materiałów, bazuje na wcześniejszych pomiarach laboratoryjnych określających najlepsze konfiguracje liczb odpowiadających zawartości fotonów w poszczególnych pasmach energetycznych promieniowania rentgenowskiego X oraz intensywności fotonów w poszczególnych pasmach częstotliwości promieniowania podczerwonego, w celu rozróżnienia separowanych materiałów.

Korzystnie układ odrzucający cząstki materiału znajdujące się poniżej progu kryterium separacji, określa opóźnienie i czas trwania impulsu do sterowania elementami wykonawczymi układu odrzucającego tak, aby efektywnie odrzucić wybrane cząstki materiału w momencie pojawienia się ich na wylocie z taśmy niezależnie od położenia względem szerokości taśmy.

Korzystnie układ odrzucający steruje wieloma dyszami pneumatycznymi ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy.

Korzystnie układ odrzucający steruje wieloma łopatkami mechanicznymi ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy.

Korzystnie układ odrzucający steruje elementami wykonawczymi i ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy, pod i/lub nad trajektorią lotu materiału i odrzucającymi cząstki w górę i/lub w dół.

Przedmiot wynalazku został uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku schematycznym, na którym Fig. 1 przedstawia schemat blokowy procesu w widoku z boku, Fig. 2 przedstawia schemat blokowy procesu w widoku z góry.

Na przenośniku taśmowym 5, rozprowadzony jest materiał 4 przeznaczony do sortowania, jako pojedyncza warstwa. Nad przenośnikiem znajduje się źródło promieniowania X (Roentgena) 1, które emituje promieniowanie 2 w kierunku prostopadłym do taśmy 5 przenośnika poruszającego się zgodnie z kierunkiem 14. Pod przenośnikiem znajdują się detektory 3 promieniowania rentgenowskiego X, które przekazują sygnał do układu przetwarzania danych w postaci wielopasmowego detektora 9 a następnie do głównej jednostki obliczeniowej 8. Źródło promieniowania X 1 pokrywa w całości szerokość taśmy 5 przenośnika emitując na nią podobną energię względem szerokości. Wielopasmowe detektory promieniowania 9 składają się z wielokrotnych czujników promieniowania analizując w ten sposób niezależnie każdy punkt na szerokości taśmy w zakresie niezależnych pasm energetycznych. W momencie przesuwania się materiału 4 razem z taśmą 5 przenośnika poruszającego się w kierunku 20, powstaje obraz analizowanych całych cząstek materiału linia po linii. W głównej jednostce obliczeniowej 8 analizowany jest sygnał z układu przetwarzania danych wielopasmowego detektora 9 i na podstawie parametrów nastawnych urządzenia separującego, podejmowana jest decyzja o odrzuceniu cząstek materiału o innych własnościach. W efekcie informacja o decyzji odseparowania takich cząstek jest przekazywana do układu odrzucającego 7 i z odpowiednim opóźnieniem czasowym uruchamiane są dysze pneumatyczne 6 układu odrzucającego. W ten sposób odseparowywane są cząstki o odmiennych własnościach do pojemnika 10 zgodnie z trajektorią 12, a cząstki nieodrzucone spadają swobodnie do pojemnika 11 zgodnie z trajektorią 13. W układzie odrzucającym na całej szerokości taśmy niezależnie od położenia cząstek względem taśmy, działa układ dysz 6, który składa się z wielokrotnych niezależnych dysz sprężonego powietrza, które są uruchamiane w odpowiednim czasie i w odpowiedniej strefie względem szerokości taśmy. Źródło promieniowania podczerwonego 15 posiada możliwość generowania stabilnej wiązki fotonów na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego 5.

Źródło promieniowania podczerwonego 15 generuje stabilną wiązkę fotonów w szerokim zakresie częstotliwości lub tylko w wąskich wybranych pasmach takiego promieniowania. Mierzona powierzchnia 17 materiału 4 jest wprowadzana w bezpośrednie sąsiedztwo źródła promieniowania podczerwonego 15 i kamery hiper-spektralnej 19 z kontrolowaną prędkością przenośnika taśmowego 5 i/lub z kontrolowaną prędkością za pomocą grawitacji.

Mierzona powierzchnia 17 materiału 4 jest wprowadzana w bezpośrednie sąsiedztwo źródła promieniowania podczerwonego 15 i kamery hiper-spektralnej 19 z kontrolowaną prędkością za pomocą innego znanego układu generującego stabilne przemieszczanie się materiału.

Źródło promieniowania podczerwonego 15 oświetla powierzchnię materiału 17 a hiper-spektralna kamera promieniowania podczerwonego 19 dokonuje pomiaru intensywności fotonów promieniowania podczerwonego 16 odbitego od powierzchni materiału 17 dla poszczególnych niezależnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego i przedstawia je w formie impulsów elektrycznych o intensywności proporcjonalnej do intensywności fotonów.

Układ przetwarzania danych 21 z kamery hiper-spektralnej 19 przedstawia rozkład intensywności zmierzonych fotonów dla zadanej ilości niezależnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego w ilości od jednego pasma do nawet kilkuset pasm jednocześnie. Układ komputerowego systemu obliczeniowego 8 określającego kryteria separacji materiałów 4, rozpoznaje różnice w rozkładach ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm energetycznych promieniowania rentgenowskiego X i jednocześnie rozpoznaje różnice w rozkładach ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego, definiując w ten sposób różnice między separowanymi materiałami i ich własnościami.

Układ komputerowego systemu obliczeniowego 8 określającego kryteria separacji materiałów, poprzez zadane parametry kryteriów separacji, w sposób całkowicie niezależny wybiera poszczególne pasma energetyczne dla promieniowania rentgenowskiego X oraz poszczególne pasma częstotliwości dla promieniowania podczerwonego i porównuje wartości odpowiadające ilościom i intensywnościom zmierzonych w tych pasmach fotonów 18. Układ komputerowego systemu obliczeniowego 8 określającego kryteria separacji materiałów 4, porównuje wartości odpowiadające ilościom i intensywnościom zmierzonych w tych pasmach fotonów, poprzez wykonanie obliczeniowych operacji matematycznych.

Układ komputerowego systemu obliczeniowego 8 określającego kryteria separacji materiałów, bazuje na wcześniejszych pomiarach laboratoryjnych określających najlepsze konfiguracje liczb odpowiadających zawartości fotonów w poszczególnych pasmach energetycznych promieniowania rentgenowskiego X oraz intensywności fotonów w poszczególnych pasmach częstotliwości promieniowania podczerwonego, w celu rozróżnienia separowanych materiałów.

Układ odrzucający 7 cząstki materiału 4 znajdujące się poniżej progu kryterium separacji, określa opóźnienie i czas trwania impulsu do sterowania elementami wykonawczymi układu odrzucającego tak, aby efektywnie odrzucić wybrane cząstki materiału w momencie pojawienia się ich na wylocie z taśmy niezależnie od położenia względem szerokości taśmy.

Układ odrzucający 7 steruje wieloma dyszami pneumatycznymi 6 ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy, steruje wieloma łopatkami mechanicznymi ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy oraz steruje elementami wykonawczymi i ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy, pod i/lub nad trajektorią lotu materiału 4 i odrzucającymi cząstki w górę i/lub w dół.

#### Wykaz oznaczeń

1	–	źródło promieniowania rentgenowskiego X
2	–	fotony promieniowania rentgenowskiego X
3	–	detektory promieniowania rentgenowskiego X
4	–	materiał badany
5	–	przenośnik taśmowy
6	–	dysze pneumatyczne
7	–	układ odrzucający
8	–	układ komputerowego systemu obliczeniowego
9	–	wielopasmowy detektor promieniowania
10, 11	–	urządzenia odbierające
12, 13	–	trajektoria opadania materiału
14	–	kierunek przesuwu materiału
15	–	źródło promieniowania podczerwonego
16	–	fotony promieniowania podczerwonego
17	–	powierzchnia materiału odbitego
18	–	przebieg fotonów promieniowania
19	–	kamera hiper-spektralna
20	–	kierunek taśmy przenośnika
21	–	układ przetwarzania danych

## Zastrzeżenia patentowe

1. Układ do analizy i separacji materiałów wyposażony w przenośnik taśmowy, źródło promieniowania rentgenowskiego X, detektor pomiaru promieniowania X, który ma źródło promieniowania X umieszczone w ten sposób, że promienie X przenikają przez mierzony materiał na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego przy czym detektory promieniowania składają się z wielokrotnych czujników promieniowania umieszczonych wzdłuż całej szerokości taśmy, zaś układ czujników wyposażony jest w urządzenia przetwarzania danych w zakresie dwu-energetycznej (DE Dual Energy) lub wieloenergetycznej (ME Multi Energy) analizy promieniowania X, a także komputerowy system obliczeniowy sterujący układem odrzucającym cząstki materiału znajdującego się poniżej progu kryterium separacji i urządzenia odbierające odseparowane frakcje materiału, **znamienny tym**, że wyposażony jest dodatkowo w układ hiper-spektralnej analizy w zakresie promieniowania podczerwonego przy pomocy źródła promieniowania podczerwonego (15) oraz hiper-spektralnej kamery (19) analizującej obraz promieni odbitych od powierzchni (17) badanego materiału (4) oraz ma wielopasmowy detektor (9) pomiaru promieniowania rentgenowskiego X (2) w kształcie matrycy ustawionych w szeregu niezależnych czujników promieniowania rentgenowskiego X pokrywających całą szerokość taśmy przenośnika taśmowego (5), posiada detektory promieniowania (3) o różnych współczynnikach tłumienia promieniowania rentgenowskiego X przy zróżnicowanej energii tego promieniowania.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kamera hiper-spektralna (19) promieniowania podczerwonego posiada układ optyczny pokrywający całą szerokość taśmy przenośnika taśmowego (5).
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że źródło promieniowania rentgenowskiego X (1) posiada możliwość generowania stabilnej energii fotonów promieniowania rentgenowskiego X (2) na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego (5).
4. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że ma nie mniej niż dwie jednostki urządzenia odbierającego (10, 11) odseparowane frakcje materiału (4)
5. Układ według zastrz. 1 lub 4, **znamienny tym**, że urządzenia odbierające odseparowane frakcje materiału są w formie pojemników (10, 11).
6. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że urządzenia odbierające (10, 11) odseparowane frakcje materiału są w formie taśm przenośnikowych odtransportowujących odseparowany materiał i/lub w formie kanałów przesypowych odtransportowujących odseparowany materiał.
7. Sposób analizy i separacji materiałów dla określenia ich składu chemicznego w celu ich dalszej separacji, **znamienny tym**, że mierzony materiał (4) jest wprowadzany pomiędzy źródło promieniowania rentgenowskiego X (1) a detektory promieniowania (3) z kontrolowaną prędkością przenośnika taśmowego (5) i/lub z kontrolowaną prędkością a wielopasmowy detektor (9) pomiaru promieniowania rentgenowskiego X (2), dokonuje pomiaru ilości i energii fotonów promieniowania X (2) dla poszczególnych niezależnych pasm energetycznych i przedstawia je w formie impulsów elektrycznych o intensywności proporcjonalnej do energii fotonów; po czym mierzona powierzchnia (17) materiału (4) jest wprowadzana w bezpośrednie sąsiedztwo źródła promieniowania podczerwonego (15) i kamery hiper-spektralnej (19) z kontrolowaną prędkością, przy czym źródło promieniowania podczerwonego (15) oświetla powierzchnię materiału (17) a hiper-spektralna kamera promieniowania podczerwonego (19) dokonuje pomiaru intensywności fotonów promieniowania podczerwonego (16) odbitego od powierzchni materiału (17) dla poszczególnych niezależnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego i przedstawia je w formie impulsów elektrycznych o intensywności proporcjonalnej do intensywności fotonów, a układ przetwarzania danych (21) z kamery hiper-spektralnej (19) przedstawia rozkład intensywności zmierzonych fotonów dla zadanej ilości niezależnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego w ilości od jednego pasma do nawet kilkuset pasm jednocześnie.
8. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że wielopasmowy detektor (9) pomiaru promieniowania rentgenowskiego X (2) dokonuje pomiaru ilości i energii fotonów promieniowania X (2) dla poszczególnych niezależnych pasm energetycznych w sposób sumaryczny lub grupowy, lub indywidualny.

9. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że układ przetwarzania danych z detektorów wielopasmowych (9) dokonuje przeliczenia i klasyfikacji impulsów elektrycznych z czujników przedstawiając je jako rozkład ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm energii promieniowania rentgenowskiego X.
10. Sposób według zastrz. 9, **znamienny tym**, że układ przetwarzania danych z wielopasmowego detektora (9) i z detektorów promieniowania (3) przedstawia rozkład ilości zmierzonych fotonów dla zadanej ilości niezależnych pasm energii promieniowania rentgenowskiego X w ilości od dwóch do nawet kilkuset pasm.
11. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że źródło promieniowania podczerwonego (15) posiada możliwość generowania stabilnej wiązki fotonów na całej szerokości taśmy przenośnika taśmowego (5).
12. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że źródło promieniowania podczerwonego (15) generuje stabilną wiązkę fotonów w szerokim zakresie częstotliwości, lub tylko w wąskich wybranych pasmach takiego promieniowania.
13. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że układ komputerowego systemu obliczeniowego (8) określającego kryteria separacji materiałów (4), rozpoznaje różnice w rozkładach ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm energetycznych promieniowania rentgenowskiego X i jednocześnie rozpoznaje różnice w rozkładach ilości zmierzonych fotonów dla poszczególnych pasm częstotliwości promieniowania podczerwonego, definiując w ten sposób różnice między separowanymi materiałami i ich własnościami.
14. Sposób według zastrz. 13, **znamienny tym**, że układ komputerowego systemu obliczeniowego (8) określającego kryteria separacji materiałów, poprzez zadane parametry kryteriów separacji, w sposób całkowicie niezależny wybiera poszczególne pasma energetyczne dla promieniowania rentgenowskiego X oraz poszczególne pasma częstotliwości dla promieniowania podczerwonego, i porównuje wartości odpowiadające ilościom i intensywnościom zmierzonych w tych pasmach fotonów.
15. Sposób według zastrz. 14, **znamienny tym**, że układ komputerowego systemu obliczeniowego (8) określającego kryteria separacji materiałów (4), porównuje wartości odpowiadające ilościom i intensywnościom zmierzonych w tych pasmach fotonów, poprzez wykonanie obliczeniowych operacji matematycznych.
16. Sposób według zastrz. 15, **znamienny tym**, że układ komputerowego systemu obliczeniowego (8) określającego kryteria separacji materiałów, bazuje na wcześniejszych pomiarach laboratoryjnych określających najlepsze konfiguracje liczb odpowiadających zawartości fotonów w poszczególnych pasmach energetycznych promieniowania rentgenowskiego X oraz intensywności fotonów w poszczególnych pasmach częstotliwości promieniowania podczerwonego, w celu rozróżnienia separowanych materiałów.
17. Sposób według zastrz. 7, **znamienny tym**, że układ odrzucający (7) cząstki materiału (4) znajdujące się poniżej progu kryterium separacji, określa opóźnienie i czas trwania impulsu do sterowania elementami wykonawczymi układu odrzucającego tak, aby efektywnie odrzucić wybrane cząstki materiału w momencie pojawienia się ich na wylocie z taśmy niezależnie od położenia względem szerokości taśmy.
18. Sposób według zastrz. 17, **znamienny tym**, że układ odrzucający (7) steruje wieloma dyszami pneumatycznymi (6) ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy.
19. Sposób według zastrz. 18, **znamienny tym**, że układ odrzucający (7) steruje wieloma łopatkami mechanicznymi ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy.
20. Sposób według zastrz. 19, **znamienny tym**, że układ odrzucający (7) steruje elementami wykonawczymi i ustawionymi w rzędzie wzdłuż szerokości taśmy, pod i/lub nad trajektorią lotu materiału (4) i odrzucającymi cząstki w górę i/lub w dół.

## Rysunki

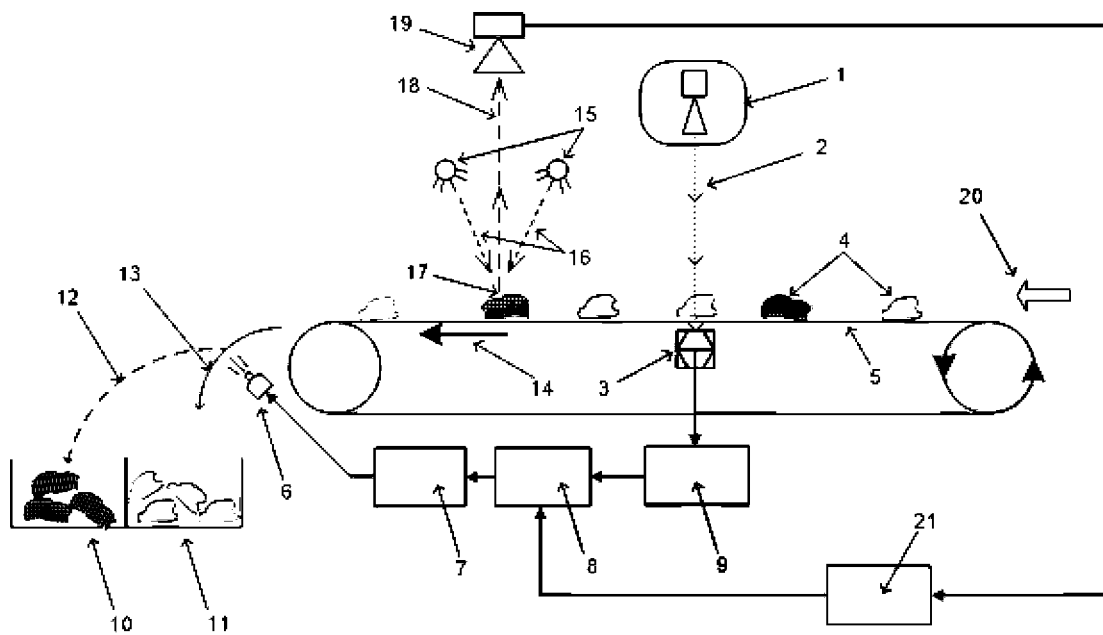


FIG. 1

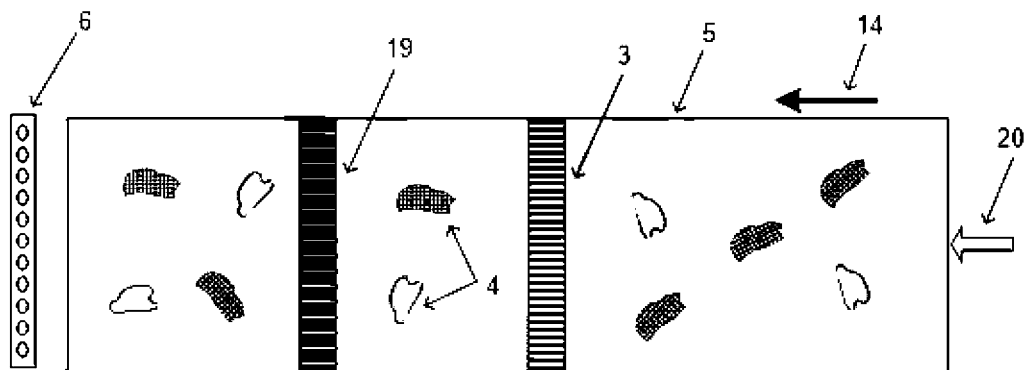


FIG. 2