

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 247446 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **444751**

(22) Data zgłoszenia: **2023.05.04**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2024.11.12 BUP 46/2024**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2025.06.30 WUP 26/2025**

(51) MKP:

B09B 3/35 (2022.01)

B09B 101/15 (2022.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**EFK GROUP SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ,
Wybudowanie Wielbrandowskie, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**EMIL DOMBROWSKI, Skórcz, PL
FILIP DOMBROWSKI, Skórcz, PL
KAROL PRUSKI, Czersk, PL
MAREK ANDRYSZCZYK, Bydgoszcz, PL
MATEUSZ WIRWICKI, Bydgoszcz, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Tadeusz Wilczarski, Tczew, PL

(54) Tytuł:

Sposób recyklingu paneli fotowoltaicznych

PL 247446 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób recyklingu paneli fotowoltaicznych, które uległy uszkodzeniu bądź zużyciu.

Znany jest z opisu patentowego PL245784 sposób i urządzenie do utylizacji paneli fotowoltaicznych, które zostały uszkodzone i nie nadają się do dalszej eksploatacji. Sposób utylizacji paneli fotowoltaicznych polega na tym, że zmielone frakcje paneli pozbawionych metalowych okuć i okablowania zanurza się w zbiornikach z kwasem rozpuszczającym metale, po czym ze zbiornika z roztworem metali usuwa się plastik i szkło, które płucze się i suszy, a następnie podgrzewa się do temperatury topnienia plastiku. Szkło z roztopionym plastikiem przekazuje się do dalszego wykorzystania, a roztwór metali poddaje się obróbce chemicznej dla odzyskania czystego metalu.

Znana jest z opisu zgłoszenia wynalazku CN115090645 metoda recyklingu i urządzenie do recyklingu modułu fotowoltaicznego. Wynalazek ujawnia sposób i urządzenie do odzyskiwania modułów fotowoltaicznych, a sposób obejmuje etapy: przeprowadzanie wstępnej obróbki modułu fotowoltaicznego i uzyskiwanie laminowanej części fotowoltaicznej; element laminowany fotowoltaicznie składa się ze szklanego podłoża, pierwszej organicznej warstwy samoprzylepnej, warstwy baterii, drugiej warstwy organicznej folii samoprzylepnej i tylnej płyty, które są kolejno laminowane, umieszczając laminowaną część fotowoltaiczną w zamkniętym pojemniku, dodając warstwę organiczną współrozpuszczalnik i rozpuszczalnik organiczny, wtryskiwanie dwutlenku węgla pod ciśnieniem pompy i pęcznienie pierwszej organicznej warstwy kleju i drugiej warstwy organicznego kleju po osiągnięciu przez dwutlenek węgla stanu nadkrytycznego, przy czym czas wymagany do spęcznienia wynosi nie więcej niż 30 minut; po zakończeniu pęcznienia wyjmuje się laminowaną część fotowoltaiczną i uzyskuje się oddzielone od siebie szklane podłoże, warstwę elementu baterii i tylną płytę. Dzięki synergistycznemu działaniu dwutlenku węgla w stanie nadkrytycznym i współrozpuszczalnika organicznego, w krótkim czasie reakcji można przyspieszyć nakładanie warstwy EVA, podłoża szklanego, warstwy elementu akumulatora i płyty tylnej oraz można osiągnąć całkowite odzyskanie materiałów.

Znana jest z opisu patentowego CN113857216 metoda recyklingu zużytego modułu fotowoltaicznego, która obejmuje następujące etapy, w których zużyty moduł fotowoltaiczny jest kolejno poddawany demontażowi i obróbce cieplnej, w wyniku czego otrzymuje się oddzielną część baterii; kawałek baterii otrzymany w etapie jest kolejno poddawany obróbce polegającej na usuwaniu kwaśnego aluminium, obróbce HNO_3 i obróbce HF w celu uzyskania płytki krzemowej zawierającej warstwę stopu krzemowo-aluminiowego; oraz płytka krzemowa zawierająca warstwę stopu krzemowo-aluminiowego w etapie jest poddawana teksturowaniu w celu uzyskania płytki krzemowej zawierającej teksturowaną powierzchnię mikro-nanokompozytu.

Znana jest z opisu zgłoszenia wynalazku KR20130060708 metoda recyklingu zużytych urządzeń do wytwarzania energii słonecznej, która ma być ekonomiczna, ponieważ recykling poszczególnych urządzeń, takich jak moduł ogniw słonecznych, falownik, rama, akumulator i przyrząd pomiarowy, odbywa się w zintegrowany sposób.

Znana jest z opisu zgłoszonego wynalazku CN110743892 metoda recyklingu materiału fotowoltaicznego z krzemu krystalicznego. Sposób jest realizowany zgodnie z następującymi etapami, kruszenie i przesiewanie materiału fotowoltaicznego poddanego wstępnej obróbce w celu uzyskania proszku materiału fotowoltaicznego; dodanie stężonego kwasu siarkowego do proszku materiału fotowoltaicznego w etapie i przeprowadzenie filtracji w celu uzyskania roztworu siarczanu glinu i pozostałości po filtracji; dodanie rozcieńczonego kwasu azotowego do pozostałości na filtrze w etapie w celu uzyskania roztworu azotanu srebra; i zatężanie i krystalizacja oraz rekrystalizacja roztworu azotanu srebra w etapie w celu otrzymania kryształów azotanu srebra.

Znany jest z opisu patentowego CN111804697 sposób recyklingu modułów fotowoltaicznych oparty na technice wstępnego wytrawiania laserowego. Metoda recyklingu modułów fotowoltaicznych obejmuje następujące etapy: demontaż ramy, skrzynki połączeniowej, szklanej płyty przedniej i tylnej płyty modułu fotowoltaicznego w celu uzyskania substratu fotowoltaicznego poprzez demontaż mechaniczny; wytrawianie poprzecznych i podłużnych siatek utworzonych przez mikrorowki lub mikrootwory w przedniej warstwie warstewki kleju i tylnej warstwie warstewki kleju podłoża fotowoltaicznego za pomocą wysokoenergetycznej impulsowej wiązki laserowej w celu uzyskania wytrawionego podłoża fotowoltaicznego; zanurzenie wytrawionego podłoża fotowoltaicznego w środku adhezyjnym w celu przeprowadzenia wstępnej adhezji i uzyskania podłoża fotowoltaicznego sprzed adhezji; oraz umieszczenie substratu

fotowoltaicznego przed adhezją w urządzeniu do usuwania słupków i umożliwienie oddzielenia przedniej warstwy folii klejącej i tylnej warstwy folii klejącej od kawałka baterii z krzemu krystalicznego. Technika wytrawiania laserowego przed adhezją jest dopasowywana do środka antyadhezyjnego w celu przerwania przyczepności między warstwami filmu kleju a elementem baterii z krystalicznego krzemu, a następnie uzyskania separacji między warstwami filmu kleju a elementem baterii z krystalicznego krzemu w jednoetapowym procesie mechanicznym za pomocą urządzenia do usuwania postów. Ponadto nie trzeba przeprowadzać procesu wysokotemperaturowego powyżej 500°C, a zużycie energii podczas obróbki jest znacznie zmniejszone.

Moduły fotowoltaiczne występujące na rynku zbudowane są z ogniw polikrystalicznych, monokrystalicznych oraz quasi-monokrystalicznych, które po zużyciu podlegają procesowi recyklingu. Moduły fotowoltaiczne z krystalicznych ogniw krzemowych zbudowane są ze: szkła, ramy aluminiowej, krzemowych ogniw fotowoltaicznych, laminatu EVA – kopolimer etylenu z octanem winylu, puszki przyłączeniowej, folii tylnej (Tedlar) i śrub mocujących, które podlegają recyklingowi.

Skład materiałowy typowego modułu PV, ze wskaźnikiem możliwego stopnia odzysku podano w tabeli 1.

Tabela 1

Materiał	Ilość [kg/m ²]	Udział masowy [%]	Stopień odzysku [%]
Szkło	10	76,16	90
Aluminium	1,39	10,30	100
Ogniwa PV	0,47	3,48	90
EVA, Tedlar	1,37	10,15	Nie ma
Kontakty elektryczne	0,10	0,75	95
Substancje spajające	0,16	1,16	Nie ma

Zawartość metali dla typowego modułu PV podano w tabeli 2.

Tabela 2

Materiał	Kg/kWp
Cu	0,37
Ag	0,14
Sn	0,12
Pb	0,12

Typowy komercyjny moduł PV składa się z reguły z 36 ogniw PV połączonych między sobą. Moc ogniw PV podaje się w watach mocy szczytowej Wp (ang. Watt peak) – jest to moc osiągnięta w warunkach testu standardowego (STC – Standard Test Condition), odpowiadających rozkładowi widma promieniowania słonecznego AM 1,5, przy natężeniu promieniowania słonecznego $E = 1000$ [W/m²] i temperaturze $t = 25^{\circ}\text{C}$.

Znane metody recyklingu zużytych modułów fotowoltaicznych na bazie krzemu opierają się głównie na odzysku całych, oczyszczonych ogniw krzemowych i zwracaniu ich do procesu produkcyjnego. Rozwój technologii fotowoltaicznych spowodował odchudzenie paneli i wykorzystywanych ogniw,

co podczas recyklingu powoduje brak możliwości odzysku całych ogniw. Znane dotychczas metody recyklingu paneli fotowoltaicznych generują duże ilości odpadów, są energochłonne oraz konieczne jest zastosowanie roztworów chemicznych o wysokich stężeniach, co przekłada się na wysokie koszty procesu technologicznego oraz neutralizację niektórych elementów składowych paneli fotowoltaicznych.

W panelach fotowoltaicznych starszej generacji może również znajdować się ołów, który jest szkodliwy dla człowieka i środowiska. Powoduje to konieczność stosowania szczelnych linii technologicznych, tak aby odzyskany ołów nie przedostał się do środowiska.

Recykling paneli fotowoltaicznych może odbywać się również z wykorzystaniem wysokoenergetycznych kotłów, w których następuje przetopienie materiału i jego formowanie. Piece te zużywają dużo energii i są mało wydajne, a z uzyskanego przetopu występują ograniczenia technologiczne do odzysku i recyklingu materiałów.

Celem wynalazku jest dostarczenie sposobu recyklingu paneli fotowoltaicznych, który rozwiązuje powyższe problemy oraz obejmuje mechaniczne procesy recyklingu, nie wymagające stosowania silnych środków chemicznych, ani kotłów.

Wynalazek rozwiązuje następujące problemy: przyczynia się do ochrony środowiska, w procesie recyklingu nie są wykorzystywane substancje chemiczne wpływające na środowisko oraz ludzi. Nie ma potrzeby wykorzystywania specjalistycznych zabezpieczeń do utylizacji roztworów chemicznych.

W procesie nie są wykorzystywane wysokoenergetyczne urządzenia powodujące znaczne zużycie energii (jak np. piece do przetopu lub spalania).

Proces według wynalazku jest mechaniczny i polega na zdzieraniu i rozkruszaniu elementów składowych paneli fotowoltaicznych.

W sposobie istnieje możliwość odzysku 90% surowców, które zostały wykorzystane do produkcji panelu fotowoltaicznego, poprzez zastosowanie odpowiednich procesów i segregacji odpadu.

Istotą wynalazku jest sposób recyklingu paneli fotowoltaicznych polegający na zindywidualizowanym etapowym procesie technologicznym recyklingu, w którym usuwa się ramkę paneli fotowoltaicznych a następnie usuwa szkło fotowoltaiczne, charakteryzujący się tym, że ramkę usuwa się poczynając od dłuższego boku, a następnie krótszego boku przykładając wzdłuż dłuższego boku zderzaki w czterech miejscach, a następnie do krótszego boku przykładając zderzaki w trzech miejscach do wewnętrznej strony ramki siłą wynoszącą 500 N, działające z wektorem w kierunku zewnętrznym, które powodują oderwanie ramki od głównej szklanej części panelu, która spada do zbiorników, następnie poddaje się procesowi usuwania szkła, który w pierwszym etapie polega na łamaniu szkła rolkami zgniatającymi, przy czym element szklany panelu fotowoltaicznego dociskany jest do rolek przy użyciu zderzaka z dociskiem od góry z siłą 100 N do rolek zgniatających. Element szklany przepuszcza się przez rolki zgniatające, które są niesymetrycznie rozłożone w osi poziomej, przy czym różnica poziomów wynosi 50 mm i powoduje, że element szklany zostaje przegięty i następuje łamanie szkła, następnie prowadzi się proces zdzierania szkła pozwalający na dokładniejsze usuwanie pozostałości szkła po wcześniejszym procesie, w którym wykorzystuje się mniejsze wałki z wykorzystaniem docisku panelu do zdzieraków, następnie gromadzi się granulaty tlenku krzemu o wielkości ziarna 100 do 400 μm i otrzymuje się panel bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi. Prowadzi się proces wstępnego rozdrabniania panelu otrzymanego z poprzedniego etapu z zastosowaniem dwóch rolek z osiami geometrycznymi równoległymi usytuowanymi w płaszczyźnie poziomej, przy czym po przeprowadzeniu panelu z wklejonymi płytkami krzemowymi przez proces walcowania otrzymuje się paski panelu fotowoltaicznego o szerokości 50 do 80 mm, następnie elementy te przenosi się do następnego procesu mielenia, który poddaje elementy kolejnemu procesowi rozdrobnienia do mniejszych struktur 500 do 1000 μm , przy czym proces mielenia przy tym etapie jest podobny do poprzedniego, zmieniając parametry związane z rozstawem elementów rozdrabniających. Prowadzi się powtórny proces rozdrabniania, w którym uzyskuje się materiał o granulacji 10 do 50 μm , po czym prowadzi się proces separacji, przy czym jeżeli granulaty nie uzyskał podanej wyżej wielkości zostaje ponownie przetransportowany do młyna i tak długo, aż materiał osiągnie podaną wielkość, następnie prowadzi się proces odseparowania miedzi i metali z powstałego pyłu oraz tworzywa sztucznego i krzemu.

Proces odseparowania miedzi i metali prowadzi się z wykorzystaniem wibracji z wykorzystaniem sprężonego powietrza, z użyciem dwóch tac wibrujących, przy czym miedź jest metalem o większej granulacji, a pył przy użyciu wibracji i sprężonego powietrza transportowany jest do dalszego recyklingu, zaś miedź opada do worka transportowego.

Proces separacji tworzywa sztucznego występującego w panelu bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi prowadzi się z wykorzystaniem indukcji i polega na zbliżeniu ciała naładowanego do tworzywa sztucznego, bliżej ciała naelektryzowanego i indukuje ładunek o znaku przeciwnym niż ładunek ciała naelektryzowanego, a na przeciwnej stronie tego ciała edukuje ładunek mający taki sam znak.

Proces separacji krzemu od pyłu prowadzi się przez oddzielenie krzemu od innych drobin poprzez wykorzystanie rozdzielacza cyklonowego, przez który następuje zrzut odseparowanego materiału, zaś siła odśrodkowa wyrzuca cząstki zanieczyszczenia na zewnątrz strumienia powietrza, a cząsteczki odbijając się od ścian cyklonu, opadają na dół do części stożkowej, przy czym oczyszczone powietrze ulatuje przez górny wylot cyklonu, zaś krzem zostaje odseparowany od części pyłu.

Wynalazek pozwala na recykling uszkodzonych i zużytych paneli fotowoltaicznych z jednoczesnym odzyskiem materiałów do wtórnego wykorzystania.

Przykład wykonania I

W przykładzie wykonania sposób recyklingu paneli fotowoltaicznych polega na zindywidualizowanym etapowym procesie technologicznym recyklingu, w którym usuwa się ramkę paneli fotowoltaicznych a następnie usuwa szkło fotowoltaiczne. Ramkę usuwa się poczynając od dłuższego boku, a następnie krótszego boku przykładając wzdłuż dłuższego boku zderzaki w czterech miejscach a następnie do krótszego boku przykładając zderzaki w trzech miejscach, przykładane do wewnętrznej strony ramki siłą wynoszącą 500 N i działającą z wektorem w kierunku zewnętrznym, która powoduje oderwanie ramki od głównej szklanej części panelu. Ramka spada do zbiorników. Następnie poddaje się procesowi usuwania szkła, który w pierwszym etapie polega na łamaniu szkła rolkami zgniatającym, przy czym element szklany panelu fotowoltaicznego dociskany jest do rolek przy użyciu zderzaka, który dociska od góry, panel szklany z siłą 100 N do rolek zgniatających. Następnie element szklany przepuszcza się przez rolki zgniatające, które są niesymetrycznie rozłożone w osi poziomej, przy czym różnica poziomów wynosi 50 mm i powoduje, że element szklany zostaje przegięty i następuje łamanie szkła. Następnie prowadzi się proces zdzierania – usuwanie szkła pozwalający na dokładniejsze usuwanie pozostałości szkła po wcześniejszym procesie, w którym wykorzystuje się mniejsze wałki z wykorzystaniem docisku panelu do zdzieraków, następnie gromadzi się granulaty z tlenku krzemu (IV) o wielkości ziarna 100 μm i otrzymuje się panel bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi, następnie prowadzi proces wstępnego rozdrabniania panelu otrzymanego z poprzedniego etapu z zastosowaniem 2 rolek z osiami geometrycznymi równoległymi usytuowanymi w płaszczyźnie poziomej, przy czym po przeprowadzeniu panelu z wklejonymi płytkami krzemowymi przez proces walcowania otrzymuje się paski panelu fotowoltaicznego o szerokości 50 mm, następnie elementy te przenosi się do następnego procesu mielenia, który poddaje elementy kolejnemu procesowi rozdrobnienia do mniejszych struktur 500 μm . Proces mielenia przy tym etapie jest podobny do poprzedniego, zmieniają się parametry związane z rozstawem elementów rozdrabniających, następnie prowadzi powtórny proces rozdrabniania, w którym uzyskuje się materiał o granulacji 10 μm . Następnie prowadzi proces separacji, przy czym jeżeli granulaty nie uzyskały odpowiedniej wielkości zostaje ponownie przetransportowany do młyna i tak długo, aż materiał osiągnie docelową wielkość, następnie prowadzi proces odseparowania miedzi i metali z powstałego pyłu oraz tworzywa sztucznego i krzemu.

Przykład wykonania II

W przykładzie wykonania sposób recyklingu paneli fotowoltaicznych polega na zindywidualizowanym etapowym procesie technologicznym recyklingu, w którym usuwa się ramkę paneli fotowoltaicznych a następnie usuwa szkło fotowoltaiczne. Ramkę usuwa się poczynając od dłuższego boku, a następnie krótszego boku przykładając wzdłuż dłuższego boku zderzaki w czterech miejscach a następnie do krótszego boku przykładając zderzaki w trzech miejscach, przykładane do wewnętrznej strony ramki siłą wynoszącą 500 N i działającą z wektorem w kierunku zewnętrznym, która powoduje oderwanie ramki od głównej szklanej części panelu. Ramka spada do zbiorników. Następnie poddaje się procesowi usuwania szkła, który w pierwszym etapie polega na łamaniu szkła rolkami zgniatającym, przy czym element szklany panelu fotowoltaicznego dociskany jest do rolek przy użyciu zderzaka, który dociska od góry, panel szklany z siłą 100 N do rolek zgniatających. Następnie element szklany przepuszcza się przez rolki zgniatające, które są niesymetrycznie rozłożone w osi poziomej, przy czym różnica poziomów wynosi 50 mm i powoduje, że element szklany zostaje przegięty i następuje łamanie szkła. Następnie prowadzi się proces zdzierania – usuwanie szkła pozwalający na dokładniejsze usuwanie pozostałości szkła po wcześniejszym procesie, w którym wykorzystuje się mniejsze wałki z wykorzystaniem docisku panelu do zdzieraków, następnie gromadzi się granulaty z tlenku krzemu (IV) o wielkości ziarna 400 μm i otrzymuje się panel bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi, następnie prowadzi proces wstępnego

rozdrabniania panelu otrzymanego z poprzedniego etapu z zastosowaniem 2 rolek z osiami geometrycznymi równoległymi usytuowanymi w płaszczyźnie poziomej, przy czym po przeprowadzeniu panelu z wklejonymi płytkami krzemowymi przez proces walcowania otrzymuje się paski panelu fotowoltaicznego o szerokości 80 mm, następnie elementy te przenosi się do następnego procesu mielenia, który poddaje elementy kolejnemu procesowi rozdrobnienia do mniejszych struktur 1000 μm . Proces mielenia przy tym etapie jest podobny do poprzedniego, zmieniają się parametry związane z rozstawem elementów rozdrabniających, następnie prowadzi powtórny proces rozdrabniania, w którym uzyskuje się materiał o granulacji 50 μm . Następnie prowadzi proces separacji, przy czym jeżeli granulat nie uzyskał odpowiedniej wielkości zostaje ponownie przetransportowany do młyna i tak długo, aż materiał osiągnie docelową wielkość, następnie prowadzi proces odseparowania miedzi i metali z powstałego pyłu oraz tworzywa sztucznego i krzemu. Proces odseparowania miedzi i metali prowadzi się z wykorzystaniem wibracji z wykorzystaniem sprężonego powietrza, z użyciem dwóch tac wibrujących, przy czym miedź jest metalem o większej granulacji, a pył przy użyciu wibracji i sprężonego powietrza transportowany jest do dalszego recyklingu, zaś miedź opada do worka transportowego. Proces separacji tworzywa sztucznego występującego w panelu bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi prowadzi się z wykorzystaniem indukcji i polega na zbliżeniu ciała naładowanego do tworzywa sztucznego, następuje przemieszczanie się elektronów swobodnych: bliżej ciała naelektryzowanego i gromadzi się (indukuje) ładunek o znaku przeciwnym niż ładunek ciała naelektryzowanego, a na przeciwnej stronie tego ciała – ładunek mający taki sam znak. Proces separacji krzemu od pyłu prowadzi się przez oddzielenie krzemu od innych drobin poprzez wykorzystanie rozdzielacza cyklonowego, który składa się z stożkowego zbiornika, cyklon (stożkowy zbiornik) składa się z trzech części, przy czym wyróżniona część górna z wlotem brudnego powietrza i wylotem oczyszczonego powietrza, część walcową oraz część stożkową z włazem inspekcyjnym zakończoną wylotem, przez który następuje zrzut odseparowanego materiału. W środku cyklonu wtłoczone powietrze jest wprowadzane w ruch wirowy, zaś powstała siła odśrodkowa wyrzuca cząstki zanieczyszczenia na zewnątrz strumienia powietrza, a cząsteczki odbijając się od ścian cyklonu, opadają na dół do części stożkowej, przy czym oczyszczone powietrze ulatuje przez górny wylot cyklonu, zaś krzem zostaje odseparowany od części pyłu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób recyklingu paneli fotowoltaicznych polegający na zindywidualizowanym etapowym procesie technologicznym recyklingu, w którym usuwa się ramkę paneli fotowoltaicznych a następnie usuwa szkło fotowoltaiczne, **znamienny tym**, że ramkę usuwa się poczynając od dłuższego boku, a następnie krótszego boku przykładając wzdłuż dłuższego boku zderzaki w czterech miejscach, a następnie do krótszego boku przykładając zderzaki w trzech miejscach do wewnętrznej strony ramki siłą wynoszącą 500 N, działające z wektorem w kierunku zewnętrznym, które powodują oderwanie ramki od głównej szklanej części panelu, która spada do zbiorników, następnie poddaje się procesowi usuwania szkła, który w pierwszym etapie polega na łamaniu szkła rolkami zgniatającymi, przy czym element szklany panelu fotowoltaicznego dociskany jest do rolek przy użyciu zderzaka z dociskiem od góry z siłą 100 N do rolek zgniatających, następnie element szklany przepuszcza się przez rolki zgniatające, które są niesymetrycznie rozłożone w osi poziomej, przy czym różnica poziomów wynosi 50 mm i powoduje, że element szklany zostaje przegięty i następuje łamanie szkła, następnie prowadzi się proces zdzierania szkła pozwalający na dokładniejsze usuwanie pozostałości szkła po wcześniejszym procesie, w którym wykorzystuje się mniejsze wałki z wykorzystaniem docisku panelu do zdzieraków, następnie gromadzi się granulat tlenku krzemu o wielkości ziarna 100 do 400 μm i otrzymuje się panel bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi, następnie prowadzi proces wstępnego rozdrabniania panelu otrzymanego z poprzedniego etapu z zastosowaniem dwóch rolek z osiami geometrycznymi równoległymi usytuowanymi w płaszczyźnie poziomej, przy czym po przeprowadzeniu panelu z wklejonymi płytkami krzemowymi przez proces walcowania otrzymuje się paski panelu fotowoltaicznego o szerokości 50 do 80 mm, następnie elementy te przenosi się do następnego procesu mielenia, który poddaje elementy kolejnemu procesowi rozdrobnienia do mniejszych struktur 500 do 1000 μm , przy czym proces mielenia przy tym etapie jest podobny do poprzedniego, zmieniając parametry związane z rozstawem elementów rozdrabniających, następnie prowadzi się powtórny

- proces rozdrabniania, w którym uzyskuje się materiał o granulacji 10 do 50 μm , po czym prowadzi się proces separacji, przy czym jeżeli granulat nie uzyskał podanej wyżej wielkości zostaje ponownie przetransportowany do młyna i tak długo, aż materiał osiągnie podaną wielkość, następnie prowadzi się proces odseparowania miedzi i metali z powstałego pyłu oraz tworzywa sztucznego i krzemu.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces odseparowania miedzi i metali prowadzi się z wykorzystaniem wibracji z wykorzystaniem sprężonego powietrza, z użyciem dwóch tac wibrujących, przy czym miedź jest metalem o większej granulacji, a pył przy użyciu wibracji i sprężonego powietrza transportowany jest do dalszego recyklingu, zaś miedź opada do worka transportowego.
 3. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że proces separacji tworzywa sztucznego występującego w panelu bez szkła z wklejonymi płytkami krzemowymi prowadzi się z wykorzystaniem indukcji i polega na zbliżeniu ciała naładowanego do tworzywa sztucznego, bliżej ciała naelektryzowanego i indukuje ładunek o znaku przeciwnym niż ładunek ciała naelektryzowanego, a na przeciwnej stronie tego ciała indukuje ładunek mający taki sam znak.
 4. Sposób według zastrz. 1 **znamienny tym**, że proces separacji krzemu od pyłu prowadzi się przez oddzielenie krzemu od innych drobin poprzez wykorzystanie rozdzielacza cyklonowego, przez który następuje zrzut odseparowanego materiału, zaś siła odśrodkowa wyrzuca cząstki zanieczyszczenia na zewnątrz strumienia powietrza, a cząsteczki odbijając się od ścian cyklonu, opadają na dół do części stożkowej, przy czym oczyszczone powietrze ulatuje przez górny wylot cyklonu, zaś krzem zostaje odseparowany od części pyłu.