

Piotr KAMIŃSKI¹, Konrad KRYGIER², Iga DROBINA³

Opiekun naukowy: Robert DROBINA⁴

DOI: <https://doi.org/10.53052/9788366249837.12>

ASPEKT PRAWNY STAWIANY KONSTRUKCJOM TECHNICZNYM DO ZASTOSOWAŃ W OBIEKTACH NA SKŁADOWISKACH ODPADÓW ORAZ PROJEKT TAŚMOCIĄGÓW DO SEGREGACJI ODPADÓW

Streszczenie: W artykule omówiono aspekty prawne stawiane konstrukcjom technicznym do zastosowań w obiektach na składowiskach odpadów. Śmieci stanowią bardzo poważne zagrożenie dla cywilizacji. Uznano, że najlepszym rozwiązaniem będzie zbudowanie w pełni automatycznej maszyny do sortowania odpadów styropianowych, metalowych, aluminiowych, plastikowych. Urządzenie bazuje na zastosowaniu i połączeniu w ruchu ciągłym taśmociągów oraz specjalnej konstrukcji separatora powietrznego. Z tego powodu opracowano konstrukcję i wytworzono taśmociągi, których zadaniem jest automatyczna segregacja odpadów ferromagnetycznych, nieferromagnetycznych oraz plastikowych.

Słowa kluczowe: segregacja, taśmociąg, prąd wirowy, modele 3D

LEGAL ASPECT OF THE TECHNICAL STRUCTURES APPLIED IN LANDFILLS AND DESIGNING OF WASTE SEPARATION BELTS

Abstract: The article discusses the legal aspects of technical construction for use in landfills. Rubbish is a very serious civilization threat. It was decided that the best solution would be to create a fully automatic machine for sorting polystyrene, metal, aluminium and plastic waste. The device is based on the use and continuous connection of belt conveyors and a special design of the air separator. For this reason, a project was developed and belt conveyors were produced, whose task is to automatically segregate ferromagnetic, non-ferromagnetic and plastic waste.

Keywords: Segregation, belt conveyor, eddy currents, 3D models

¹ mgr inż. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, specjalność: Inżynieria Produkcji email: piotr-pio-kam@wp.pl

² Uczeń Zespołu Szkół Elektronicznych, Elektrycznych i Mechanicznych w Bielsku-Białej

³ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Prawa i Administracji. Email: iga.drobina@gmail.com

⁴ prof. ATH dr hab. inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, email: rdrobina@ath.bielsko.pl

1. Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy było przedstawienie aspektów prawnych stawianych konstrukcjom technicznym do zastosowań w obiektach na składowiskach odpadów, a także zaprezentowano projekt oraz wykonanie taśmociągów do segregacji frakcji ferromagnetycznych, nieferromagnetycznych oraz plastiku. Przeprowadzono testy poprawności działania maszyny oraz określono podstawowe parametry jej pracy. Zakres tej pracy obejmował projekt i wykonanie taśmociągów do segregacji frakcji ferromagnetycznych, nieferromagnetycznych i plastiku, wraz z opisem przebiegu procesu projektowania.

2. Wstęp

W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku wprowadzono w krajach Unii Europejskiej zapisy dotyczące postępowania z odpadami. Dyrektywy Unijne tworzą system aktów prawnych stopniowo realizujący pewne wytyczne zawierane w tak zwanych aktach programowych (strategie i plany działania). Strategię działań Unii w dziedzinie postępowania z odpadami wyznaczyła rezolucja Rady z 24 lutego 1997r. w sprawie strategii Wspólnoty w gospodarowaniu odpadami, uzupełniona i rozbudowana strategią przyjętą przez Komisję w 2005 r. Strategia postępowania z odpadami to zapobieganie i minimalizacja ich powstawaniu jako punkt wyjścia wraz z minimalizacją wielkości powstawania odpadów i preferowanie ich powtórnego wykorzystania, traktując usuwanie czy unieszkodliwianie stanowi ostateczność, w sytuacji gdy żaden inny sposób postępowania z odpadami nie jest możliwy [1]. Dyrektywy Rady (Unii Europejskiej) są skierowane wyłącznie do państw członkowskich Unii i nie są źródłem prawa wewnętrznego poszczególnych państw. Jednak mają one większe znaczenie a Państwa członkowskie UE są zobowiązane na gruncie własnych przepisów prawnych włączyć treści odpowiadające wymaganiom dyrektyw [2]. Na szczeblu prawa Unijnego podstawowym aktem prawnym ustalającym cele i zadania dotyczące właściwego postępowania z odpadami jest obecnie dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy [2]. Głównym założeniem i polityką jest tworzenie środków prawnych promujących koncepcje „społeczeństwa recyklingu” gdzie dąży się do zmniejszenia wytwarzania odpadów i do wykorzystywania odpadów, jako substytutu. Dyrektywa ramowa, jako jeden z priorytetowych celów przewiduje wyodrębnienie z odpadów komunalnych określonego strumienia odpadów i kierowanie ich do systemów odzysku, w pierwszym rzędzie recyklingu. W dyrektywie ustanowiono także poziomy selektywnego zbierania określonych strumieni odpadów, z perspektywą ich osiągnięcia do 2020 r. Zasady rozliczania się państw członkowskich, z tych obowiązków określa decyzja Komisji z listopada 2011 r. zakładając przede wszystkim, że rozliczenie ma być ustalane w odniesieniu do odpadów wytwarzanych [3]. Opracowana strategia była szeroko konsultowana z uwagi na priorytety polityczne Państwa, w tym stowarzyszenie z Unią Europejską w maju 2004 r., zawarte zagadnienia były również konsultowane w gronie specjalistów zajmujących się problematyką gospodarki odpadami, najważniejsze z zaleceń i wymagań dotyczących składowisk odpadów. Przepisy prawa polskiego dotyczące lokalizacji i budowy składowisk oparte zostały

na Dyrektywie Składowiskowej [4]. Głównym założeniem dyrektywy, jest zmniejszenie ilości odpadów kierowanych na składowiska i wprowadzenie ostrzejszych standardów składowania odpadów. Na organy państwa nałożono obowiązek ściślejszej kontroli nowych i istniejących składowisk odpadów na podstawie szczegółowej procedury udzielania pozwoleń. Podstawę regulacji prawnych w zakresie ochrony środowiska stanowi Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska [5]. Ustawa ma przede wszystkim charakter ramowy, obejmując wszystkie aspekty i elementy ochrony środowiska, a w szczególności odsyła do odrębnych ustaw. Ustawa z dnia 27 lipca 2001 w zapisie o wprowadzeniu ustawy Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach, oraz zmianie niektórych ustaw [6] określa zasady pozwalające na płynne przejście od starego modelu wymagań do nowych rozwiązań w ochronie środowiska [7]. Ustawa o odpadach w tekście jednolitym z 14 grudnia 2012 [8] zawiera kwestie związane ze składowaniem odpadów, a więc określa typy składowisk, zasady przyjmowania odpadów na składowisko, wymagania odnoszące się do prowadzenia procesów składowania, a także wymogi dotyczące przygotowania do budowy obiektu, jego budowy, zamknięcia i nadzoru nad nieczynnym składowiskiem [9]. Zgodnie z ustawą okres przygotowania do budowy oraz prowadzenia składowiska odpadów obejmuje fazy [10]:

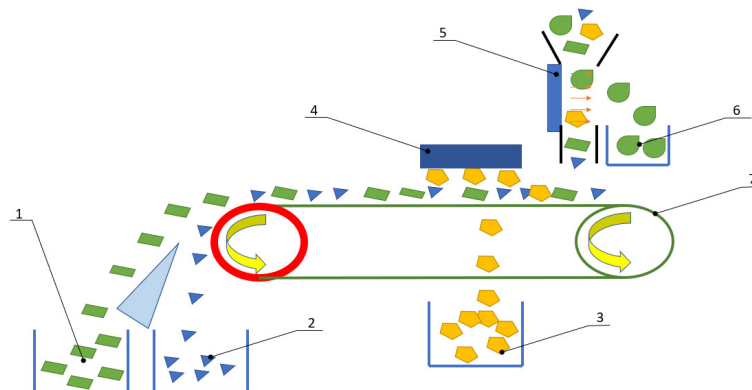
- przedekspluatacyjną – okres poprzedzający uzyskanie pierwszej ostatecznej decyzji zatwierdzającej instrukcję prowadzenia składowiska odpadów,
- eksploatacyjną – okres od dnia uzyskania pierwszej ostatecznej decyzji zatwierdzającej instrukcję prowadzenia składowiska odpadów do dnia zakończenia rekultywacji składowiska,
- poeksploatacyjną – okres 30 lat liczony od dnia zakończenia rekultywacji składowiska odpadów.

Ustawa klasyfikuje składowiska odpadów na trzy typy [9]:

- składowiska odpadów niebezpiecznych,
- składowiska odpadów obojętnych,
- składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne.

3. Zasada działania maszyny segregującej odpady na 4 frakcje

Śmieci stanowią bardzo poważne zagrożenie dla cywilizacji. Uznano, że najlepszym rozwiązaniem będzie stworzenie w pełni automatycznej maszyny do sortowania odpadów styropianowych, metalowych, aluminiowych, plastikowych. Urządzenie bazuje na zastosowaniu i połączeniu w ruchu ciągłym taśmociągów oraz specjalnej konstrukcji separatora powietrznego. Schemat ideowy zasady działania urządzenia przedstawiono na rys.1.



Rysunek 1. Schemat działania urządzenia do segregacji śmieci, 1-pojemnik na odpady aluminiowe, 2- pojemnik na odpady plastikowe, 3- pojemnik na odpady stalowe, 4- taśmociąg pomocniczy, 5- separator powietrzny, 6- pojemnik na odpady styropianowe, 7- taśmociąg główny

Przedstawiona na rys. 1. maszyna przeznaczona do segregacji odpadów wyposażona jest w wialnię (5) służącą do oddzielenia z wymieszanych frakcji styropianu, aluminium, plastiku, stali tylko styropianu i podaniu go do pojemnika (6), pozostałe frakcje opadają grawitacyjnie na taśmociąg główny (7), na taśmociągu głównym (7) zamocowany jest nad nim w poprzek taśmociąg pomocniczy (4) którego zadaniem jest oddzielenie frakcji metalowych z taśmociągu głównego (7) i następnie podanie ich do pojemnika na elementy stalowe (3), na końcu taśmociągu głównego zostaje wytworzone zmienne pole magnetyczne którego zadaniem jest odseparowanie ostatniej frakcji a mianowicie rozdzielenie aluminium i podanie go do pojemnika (1) od plastiku który opadnie do pojemnika (2).

Etapy realizacji projektu z opisem zachodzących zjawisk na poszczególnych etapach pracy maszyny przedstawiono w dalszej części artykułu.

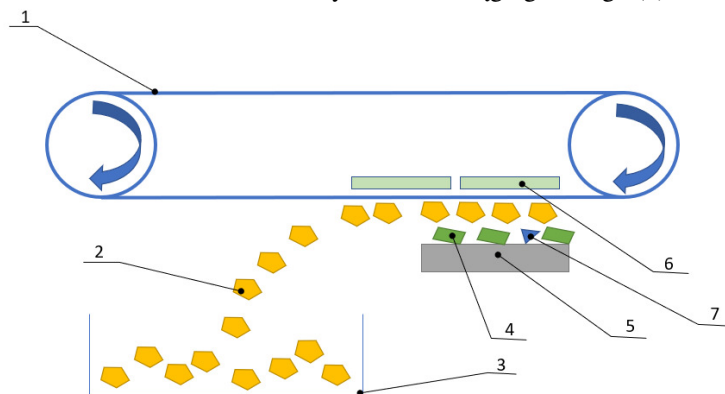
Separator powietrzny stanowi pierwszy etap segregacji odpadów. Jego zadaniem jest oddzielenie od podawanych do niego frakcji styropianu oraz wiórów drewnianych. Separator powietrzny wykorzystuje wytworzony ciąg powietrza za pomocą zastosowanego wentylatora, który oddziela lekkie frakcje od ciężkich. Prędkość wentylatora będzie regulowana i została tak dobrana doświadczalnie, aby nie powodować zdmuchnięcia elementów stalowych, metali kolorowych, plastiku. Cięższe elementy opadają grawitacyjnie przez otwór w korpusie urządzenia i spadają na taśmociąg główny, na którym nastąpi dalsza segregacja.

4. Projekt taśmociągu do segregacji odpadów stalowych

4.1. Wykorzystanie taśmociągu jako urządzenia do segregacji elementów stalowych

Zasada działania taśmociągu pomocniczego do segregacji elementów stalowych przedstawione na rys. 2.

Na taśmociąg główny (5) zostały podane elementy stalowe (2), aluminium (4) oraz plastik (7) elementy te są przez ten taśmociąg transportowane pod taśmociąg pomocniczy (1). Bezpośrednio nad taśmą taśmociągu pomocniczego (1) zamocowane są magnesy neodymowe, (6) których zadaniem jest przyciągnięcie elementów stalowych do taśmy od spodu. Następnie obracająca się taśma taśmociągu pomocniczego (1) powoduje przesunięcie elementów stalowych na taśmie taśmociągu pomocniczego (1) w lewo. Elementy stalowe tak długo przylegają do taśmy taśmociągu pomocniczego (1) dopóki są pod działaniem pola magnetycznego pochodzącego od magnesów neodymowych (6). Jeżeli pole magnetyczne zmaleje elementy grawitacyjnie spadną do pojemnika na elementy stalowe (3). Tym sposobem nastąpi oddzielenie elementów stalowych z taśmociągu głównego (5).



Rysunek 2. Schemat działania separatora magnetycznego 1- taśmociąg pomocniczy, 2- elementy odseparowane metalowe, 3- pojemnik na elementy metalowe, 4- elementy aluminiowe i plastikowe, 5- taśmociąg główny, 6- magnesy neodymowe

4.2. Konstrukcja mechaniczna taśmociągu do segregacji odpadów stalowych

Pierwszym krokiem podczas projektowania konstrukcji mechanicznej jest przyjęcie określonych założeń konstrukcyjnych. Przy budowie taśmociągu pomocniczego przyjęto następujące założenia:

- wałek bierny i czynny będzie miał średnicę $\varnothing 50\text{mm}$,
- rozstaw osi wałka biernego i czynnego wyniesie 310mm,
- taśma będzie miała szerokość 50mm,
- elementy stalowe przyciągnięte do taśmy max. mogą ważyć 1kg,
- układ będzie zasilany napięciem 12VDC.

Dla tak przyjętych założeń w pierwszym kroku dokonano doboru silnika do napędu wałka czynnego taśmociągu. Wyznaczono minimalny moment na wale motoreduktora, a następnie jego prędkość obrotową na wale.

Wyznaczenie minimalnego momentu obrotowego na wale silnika

Motoreduktor zasilany jest napięciem 12VDC. Będzie napędzał rolkę czynną o średnicy 50mm. Przy założeniu, że magnesy mogą przyciągnąć elementy stalowe o masie max. 1 kg. Wyznaczono minimalny moment jaki powinien posiadać

motoreduktor na wale wyjściowym. Przyjęto współczynnik tarcia ślizgowego na parze skojarzenia guma-stal (taśma - płyta ślizgowa) jako wartość równą 1.

$$M_w = m * g * \mu * \frac{d}{2}, \quad (1)$$

gdzie:

M_w - moment na wale wyjściowym motoreduktora,
 $m = 1\text{kg}$ - masa ciężaru na taśmie,
 $g = 10\text{m/s}^2$ - przyspieszenie ziemski,
 $\mu = 1$ - współczynnik tarcia w parze skojarzenia guma-stal,
 $d = 0,05\text{mm}$ – średnica wału czynnego.

Podstawiając powyższe wielkości do wzoru wyznaczono minimalny moment, jaki powinien posiadać motoreduktor:

$$M_w = 1 * 10 * 1 * \frac{0,05}{2} = 0,25\text{Nm}, \quad (2)$$

Wyznaczenie prędkości obrotowej wału wyjściowego motoreduktora

Założono że taśma będzie przemieszczać się z prędkością 0,08m/s. Jest ona nawinięta na bębnie czynnym o średnicy 50mm dlatego prędkość wyznaczono z zależności:

$$v_{t1} = \pi * d * n, \quad (3)$$

gdzie:

$v_{t1} = 0,08\text{m/s}$ prędkość taśmy,
 $d = 0,05$ – średnica krążka czynnego,
 n – prędkość obrotowa krążka czynnego,

Po przekształceniu powyższego wzoru wyznaczono prędkość obrotową, jaką powinien posiadać motoreduktor:

$$n_1 = \frac{v_{t1}}{\pi * d} = \frac{0,08}{\pi * 0,05} = 0,51\text{obr/s} = 31\text{obr/min} \quad (4)$$

Dla wyznaczonych parametrów silnika dobrano motoreduktor o parametrach zbliżonych do wyznaczonych rys. 3.

Specyfikacja:

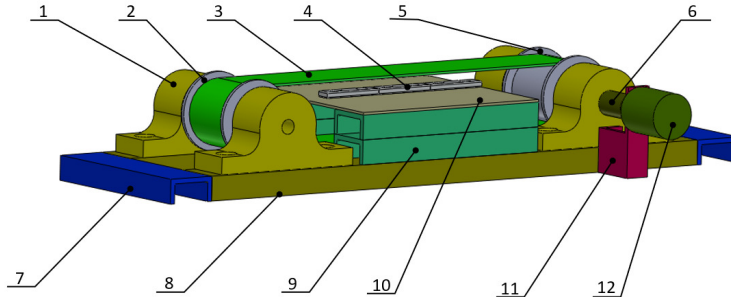
Motoreduktor planetarny - 12VDC,
 Prędkość na wyjściu przekładni – 30obr/min,
 Moment obrotowy na wyjściu przekładni – 0,5Nm,
 Masa – 450g.



Rys. 3. Motoreduktor

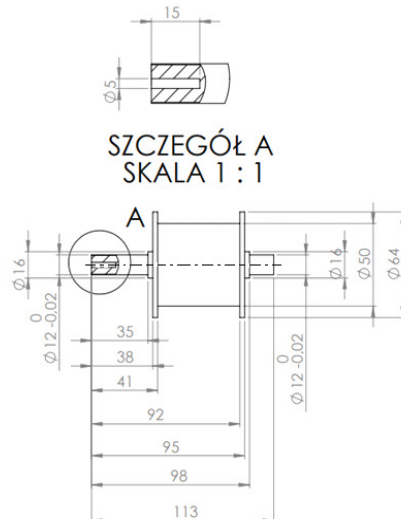
Konstrukcja mechaniczna taśmociągu

Mając dobrany motoreduktor zaprojektowano konstrukcję mechaniczną taśmociągu pomocniczego do segregowania elementów stalowych rys. 4. Przy uwzględnieniu założeń konstrukcyjnych powyżej.



Rysunek 4. Separator magnetyczny na bazie taśmociągu, 1- oprawa łożyska z łożyskiem, 2- wałek bierny taśmociągu, 3 – taśma, 4- magnesy neodymowe, 5- wałek czynny taśmociągu, 6- sprzęgło, 7- usztywnienie taśmociągu, 8- podstawa taśmociągu, 9- stojak na płytę, 10- płyta, 11- mocowanie silnika, 12- silnik

Przedstawiony na rys. 4. separator magnetyczny charakteryzuje się tym, że, podstawa taśmociągu (8) usztywniona jest za pomocą metody spawania z usztywnieniem taśmociągu (7), na podstawie (8) przymocowane są za pomocą połączenia śrubowego oprawy łożysk wraz z łożyskami (1), w oprawach tych umieszczony jest współosiowo wałek bierny (2) oraz wałek czynny (5), pomiędzy wałkami znajduje się taśma (3), która służy do transportu materiałów, wałek czynny (5) napędzany jest za pomocą silnika prądu stałego (12), pomiędzy silnikiem (12), a wałkiem czynnym (5) znajduje się sprzęgło (6), silnik (12) zamocowany jest do podstawy taśmociągu (8) poprzez mocowanie silnika (11) przy wykorzystaniu połączenia śrubowego.

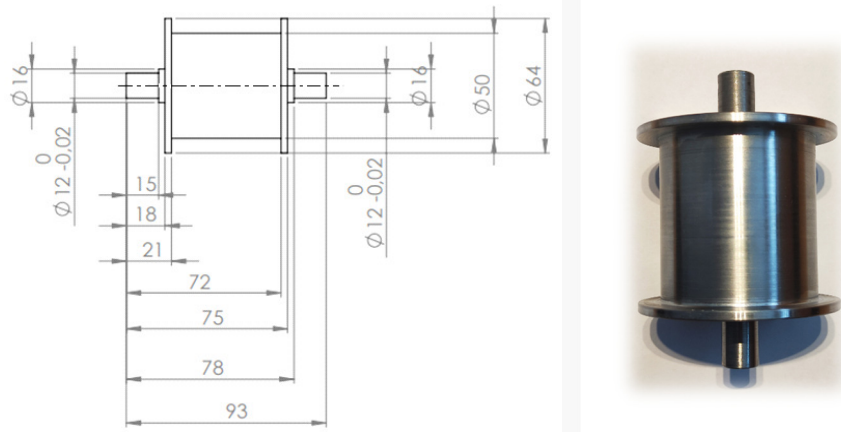


Rysunek 5. Rysunek wykonawczy wraz z wykonanym elementem wałka czynnego

Rysunki wykonawcze poszczególnych części wchodzących w skład separatora wraz ze zdjęciami fizycznie wykonanych elementów na podstawie tych rysunków zostały przedstawione na rysunkach rys. 5, rys. 6.

Uwzględniając wymiary na rysunku wykonawczym wałka czynnego i biernego dobrano łożysko toczne poprzeczne wraz z obudową z katalogu UCP 201 Łożysko samonastawne w oprawie UCP 201.

Magnesy zostały tak dobrane, aby ich siła przyciągania wyniosła ok. 10N.



Rysunek 6. Rysunek wykonawczy wraz z wykonanym elementem wałka biernego

4. Projekt taśmociągu do segregacji odpadów nieferromagnetycznych i plastiku

4.1. Zastosowanie zjawiska powstawania prądów wirowych w taśmociągu do odseparowania elementów metali kolorowych

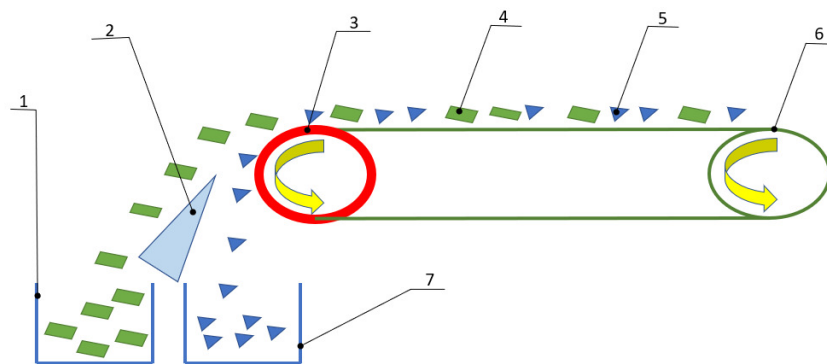
Prądy wirowe inaczej prądy Foucault'a to prąd indukcyjny powstały w przewodniku elektrycznym na skutek działania zmiennego pola magnetycznego albo przemieszczający się względem źródła stałego pola magnetycznego. Indukowane pole magnetyczne powstałe przez prąd wirowy zgodnie z prawem Lenza (prąd indukowany ma taki kierunek, że wytwarzany przez niego własny strumień magnetyczny przeciwdziała pierwotnym zmianom strumienia, które go wywołały) przeciwdziała zmianom pierwotnego pola magnetycznego [12]. Im większe natężenie ma pole magnetyczne bądź zwiększa się przewodność właściwa przewodnika lub im szybciej zmienia się pole magnetyczne, na którego wystawiony jest przewodnik tym prądy wirowe silniej się indukują [12]. Między dwoma biegunami elektromagnesu umieszczona jest płytką wykonana z aluminium. Gdy pozwolimy by prąd popłynął w uzwojeniach elektromagnesu taka płytką jest mocno hamowana ,gdy zaś odetniemy dopływ prądu kawałek aluminium może swobodnie wahać się między biegunami.

Prąd indukcyjny inaczej nazywany prądem wirowym może wytworzyć się w jakiegokolwiek bryłce metalu. Opadająca płytką wytwarza prądy wirowe płynące w kierunku, w którym ich pole magnetyczne odpycha się wzajemnie z polem magnetycznym wytworzonym przez elektromagnes. Kiedy płytką mija się

z biegunami jej prądy wirowe zmieniają kierunek i zgodnie z prawem Lenza (prąd indukowany ma taki kierunek, że wytwarzany przez niego własny strumień magnetyczny przeciwdziała pierwotnym zmianom strumienia, które go wywołały) co utrudnia ruch płytki [11].

Prądy wirowe występujące w przewodnikach o dużej oporności elektrycznej generują siły elektromagnetyczne (możliwość wykorzystania do lewitacji czy tworzenia ruchu) i ciepło (wykorzystanie na przykład w ogrzewaniu indukcyjnym) [12].

4.2. Wykorzystanie taśmociągu, jako urządzenia do segregacji elementów nieferromagnetycznych i plastikowych.



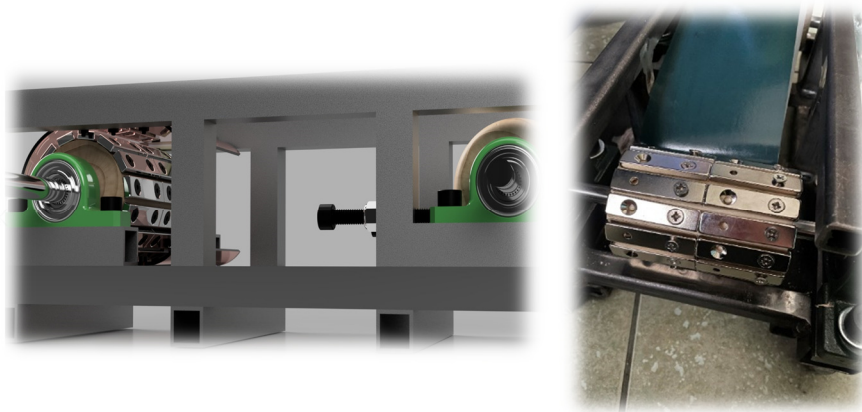
Rysunek 7. Schemat działania taśmociągu do segregacji elementów metali nieżelaznych od plastiku za pomocą wirującego pola magnetycznego, 1-pojemnik na elementy

z metali nieżelaznych, 2- przesłona, 3- bęben z wirującym polem magnetycznym, 4-element z metali nieżelaznych, 5- element plastikowy, 6- bęben napędowy, 7- pojemnik na elementy plastikowe

Przedstawiona schematycznie na rys. 7. maszyna do segregacji elementów metali nieżelaznych działa w następujący sposób:

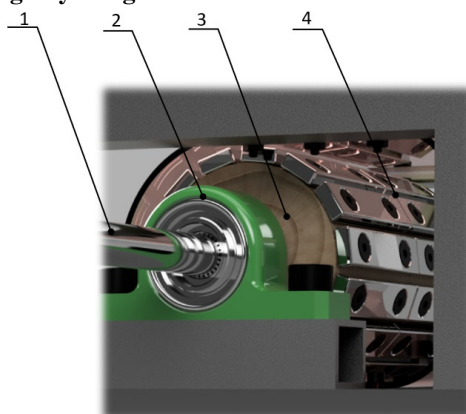
Elementy plastikowe (5) oraz elementy z metali nieżelaznych (4) są transportowane na taśmę taśmociągu napędzanego za pomocą bębna napędowego (6) w kierunku bębna wirującego (3) wytwarzającego zmienne pole magnetyczne. Bęben z wirującym polem magnetycznym (3) jest to wałek drewniany, na którym na obwodzie umieszczone są magnesy neodymowe. Magnesy na bębnie wprawione w ruch obrotowy wytwarzają zmienne pole magnetyczne. Zmienne pole magnetyczne działa na elementy znajdujące się w jego pobliżu z metali nieżelaznych w taki sposób, że wzbudza w nich prądy wirowe. Oddziaływanie prądów wirowych wzbudzonych w metalach nieżelaznych oddziałuje na bęben magnetyczny (3) w taki sposób, że następuje odepchnięcie tych elementów od taśmy, a następnie opadnięcie grawitacyjnie do pojemnika na elementy z metali nieżelaznych (1). Natomiast wytworzone zmienne pole magnetyczne jest obojętne dla elementów wykonanych z plastiku, dlatego następuje ich swobodne przemieszczanie się na taśmę i opadnięcie do pojemnika na elementy plastikowe (7).

Na podstawie przedstawionego schematu działania separatora do metali nieżelaznych wykorzystującego zjawisko powstawania prądów wirowych zaproponowano rozwiązanie konstrukcyjne urządzenia rys. 8.



Rysunek 8. Widok zaprojektowanej ramy taśmociągu głównego wraz z rotorem magnetycznym, na którego obwodzie zamocowane są magnesy neodymowe wraz z jego wykonaniem.

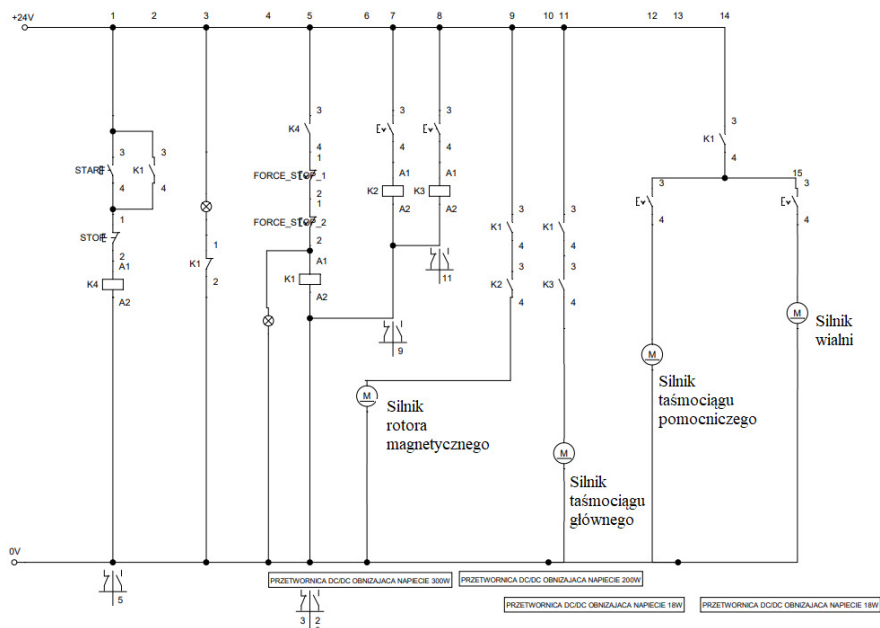
Budowa rotora magnetycznego



Rysunek 9. Rotor magnetyczny 1-pręt stalowy, 2- oprawa łożyska, 3- wałek drewniany, 4- magnesy neodymowe

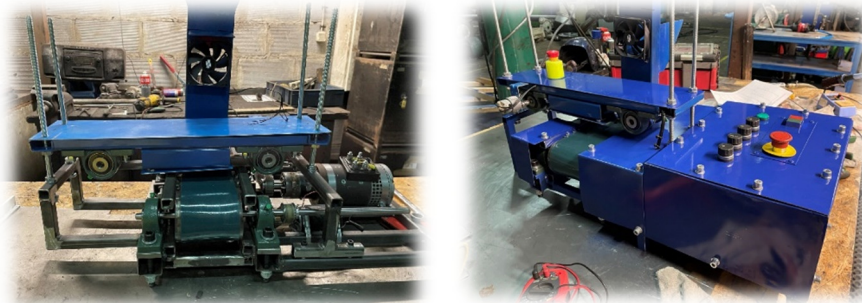
Przedstawiony rotor magnetyczny na rys. 9. wyposażony jest w drewniany wałek (3) do którego współosiowo zamocowany jest pręt stalowy (1) mocowany do podstawy taśmociągu głównego za pomocą obudowy łożyska (2). Na wałku drewnianym (3) zamocowane są magnesy neodymowe (4) za pomocą wkrętów. Konstrukcja rotora charakteryzuje się tym, że rozwija prędkość 3000obr/min dzięki czemu wytworzone zostaje przez magnesy zmienne pole magnetyczne które oddziałuje na materiały z metali nieżelaznych wzbudzając w nich prądy wirowe.

Schemat elektryczny podłączenia oprzyrządowania elektryczno-elektronicznego przedstawia rys. 10.



Rysunek 10 Schemat elektryczny podłączenia poszczególnych elementów maszyny segregującej

Na rys. 11. przedstawiono skonstruowaną i wytworzoną maszynę do segregacji odpadów.



Rysunek 11. Widok wykonanej maszyny

5. Podsumowanie

Możliwość zwiedzenia zakładu BRK Steel w Bielsku-Białej przyczyniła się do pogłębienia wiedzy z zakresu segregacji odpadów, czego efektem był pomysł wykonania maszyny segregującej odpady w trosce o środowisko oraz chęć podjęcia próby podniesienia wydajności sortowania odpadów.

W celu realizacji naszych założeń zapoznaliśmy się z dostępnymi metodami sortowania odpadów. Następnie wykonaliśmy projekt maszyny wykonując rysunki

wykonawcze poszczególnych elementów składowych maszyny. W celu jej wizualizacji wykonaliśmy również rysunek 3D głównych składowych maszyny. Następnie bazując na dostępnych materiałach z recyklingu wybraliśmy poszczególne oprzyrządowanie z rynku wtórnego takie jak:

- silnik do napędu taśmociągu głównego – został wykonany z silnika pochodzącego ze złomowania wózka widłowego,
- silnik do napędu rotora magnetycznego – pochodzi z silnika do wycieraczek samochodu ciężarowego,
- wyłączniki bezpieczeństwa, przekaźniki, włączniki poszczególnych silników – pochodzą z rozbiórki szafy sterowniczej urządzenia przemysłowego.

Dobór poszczególnych podzespołów z rynku wtórnego przysporzył nam problemów, ponieważ ramę musieliśmy zaprojektować pod wielkość dobranych podzespołów.

Dodatkowo zabezpieczyliśmy naszą maszynę poprzez zasilanie jej napięciem 24VDC, posiada ona 2 wyłączniki bezpieczeństwa, które naciśnięte w dowolnym momencie pracy maszyny powodują natychmiastowe wyłączenie zasilania.

Na podstawie wykonanej maszyny stwierdzono, że urządzenie zostało poprawnie zaprojektowane i wykonane, czego dowodem jest jej uruchomienie i poprawna praca zgodnie z założeniami. Urządzenie poprawnie sortuje frakcje zmieszane i rozdziela je do osobnych pojemników na nieprzeznaczonych tj. pojemnika na styropian, pojemnika na stal ferromagnetyczną, pojemnik na metale nieferromagnetyczne, pojemnik na plastik przedstawione na rys. 12.



frakcja ferromagnetyczna (nakrętki stalowe)



frakcja nieferromagnetyczna (aluminium, miedź)



frakcja styropianu



frakcja plastiku

Rysunek 12. Frakcje wykazywane w testowaniu maszyny

6. Wnioski

Maszyna segregująca została wykonana, jako praca rozwojowo-badawcza w pomniejszonej skali, aby sprawdzić działanie urządzenia. Zostały zastosowane pewne uproszczenia takie jak ślizg taśmy wykonany z plexi. Docelowo w tym miejscu powinna pojawić się łożyskowana rolka w celu minimalizacji tarcia oraz zwiększenia żywotności taśmy.

Podczas projektowania urządzenia założono arbitralnie wielkość, siłę i rozmiar oraz ułożenie magnesów. Badania wykazały, że ilość umieszczonych magnesów dookoła rotora ma wpływ na wielkość separowanej frakcji. W naszym projekcie zastosowaliśmy 14 rzędów magnesów dookoła rotora. Wykonując testy na maszynie ustalono, że jest to liczba, która najlepiej odseparowuje frakcję od 5 do 15mm.

Duży wpływ na pracę maszyny jak wykazały testy ma prędkość obrotowa rotora magnetycznego. Podczas budowy eksperymentowaliśmy z obrotami i największą efektywność działania uzyskaliśmy przy obrotach rotora magnetycznego na poziomie 3000 obr/min. Dolny limit obrotów ustaliliśmy na poziomie 1500-1900 obr/min. Poniżej tego poziomu efektywność separacji drastycznie spada.

Zaprojektowana i wykonana maszyna została przetestowana w warunkach rzeczywistych. Na podstawie przeprowadzonych testów można stwierdzić, że w dość dobrym stopniu następuję odseparowanie poszczególnych frakcji, dlatego w dalszym kroku będziemy rozwijać nasz projekt. Naszym celem na najbliższy czas jest wyposażenie urządzenia w pełną możliwość regulacji prędkości obrotowej silników, wykonanie układu, w którym będzie możliwa regulacja natężenia pola magnetycznego w rotorze magnetycznym.

LITERATURA

1. LIPIŃSKI A.: Prawne podstawy ochrony środowiska wydanie III, Wyd. Zakamycze 2004.
2. Dyrektywa 2008/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie odpadów oraz uchylająca inne dyrektywy z dnia 19 listopada 2008 r.
3. Dz. U. z 2008 r. nr 25 poz. 150 , ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r.
4. Dz. U. z 2001r. nr 100, poz. 1085 wprowadzenie ustawy- Prawo ochrony środowiska, ustawy o odpadach oraz zmiana niektórych ustaw.
5. Dz. U. z 2013r. poz. 2, ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. tekst jednolity.
6. GÓRSKI M.: Składowanie odpadów Cz. I , Przegląd Komunalny, 2013.
7. Serwis internetowy: <http://listydlaziemi.pl/aktualnoscijak-odpady-wplywajana-srodowisko> - 07.02.2021
8. Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 7 września 2005r. w sprawie określenia kryteriów i procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach odpadów niebezpiecznych , obojętnych, innych niż niebezpieczne i obojętne (Dz. U. z 2005r. nr 186, poz.1553)
9. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 maja 2005 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań

związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko (Dz. U. z 2005r. nr 92, poz. 769).

10. OLESZKIEWICZ J.: Eksploatacja składowiska odpadów- Poradnik decydenta. Wyd. Lem Projekt s.c., Kraków1999.
11. Serwis internetowy: <https://www.udt.gov.pl/prady-wirowe-guided-waves> - 16.09.2021
12. HERMAN M.A., KALESTYŃSKI A., WIDOMSKI L.: Podstawy fizyki dla kandydatów na wyższe uczelnie i studentów, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2004.