

SEPARATION TECHNOLOGIES OF METALS AND PLASTICS FROM WASTE ELECTRIC CABLES

TEHNOLOGII DE SEPARARE A AMESTECULUI DIN DEȘEURILE CABLURILOR ELECTRICE

Oana Cornelia SALANȚĂ*, Vasile Filip SOPORAN, Camelia Maria BUNGĂRDEAN

Technical University of Cluj-Napoca, Faculty of Materials and Environmental Engineering, Department Environmental Engineering and Sustainable Development Entrepreneurship, 103-105 Muncii Ave, Cluj-Napoca, Romania

Abstract: Separation is an important step in the recycling process and can be done in different ways: Electrostatic separation, separation as a function of density, magnetic separation and separation eddy Current. Electric cable wastes represents mainly a mixture of conductive wires from Cu/Al and PVC/PE from plastics. The paper presents the main methods for the separation of metallic and nonmetallic recognized, as well as laboratory research on the method of separation of the electrostatic corona PVC mixture resulting from the technological process industry of recycling and recovery of plastics from electric cables.

Keywords: corona electrostatic separation, recycling, polyvinyl chloride, cupru, alumiunu, materiale neconductoare.

1. Introduction

Waste materials plastics from electrical cables are part of waste electrical and electronic equipment.

Electric cables wastes represents mainly a mixture of materials such as copper and aluminium conductors and wires from plastics materials (PVC, PE, etc.) of insulation [1].

The main sources of origin of waste electric cables are producers and consumers, i.e. electric cables waste produced during the production process of the waste and consumers after terminate use cycle [1].

Plastics materials is the second constituent existing in WEEE (waste electrical and electronic equipment) in terms of quantity, approximately 21% as can be seen in Figure 1. [2, 10].

Rezumat: Separarea este o etapă importantă în procesul de reciclare și poate fi realizată în diferite metode: separare electrostatică, separare în funcție de densitate, separare magnetică și separare Eddy Current. Deșeurile de cabluri electrice reprezintă în principal un amestec de Cu/Al din firele conductoare și materiale plastice PVC/PE din izolație. Lucrarea prezintă principalele metode de separare a materialelor metalice și nemetalice, precum și cercetările de laborator privind metoda de separare în câmp corona electrostatic a amestecului de PVC rezultat în urma procesului tehnologic industrial de reciclare și recuperare a materialelor plastice din cablurile electrice.

Cuvinte cheie: separare corona electrostatic, reciclare, polimerul de vinil, cupru, alumiunu, non-conductive materials.

1. Introducere

Deșeurile de materiale plastice din cablurile electrice fac parte din categoria deșeurilor de echipamente electrice și electronice.

Deșeurile de cabluri electrice reprezintă în principal un amestec de materiale cum sunt cuprul și alumiuniul din firele conductoare și materiale plastice (PVC, PE, etc) din izolație [1].

Principalele surse de proveniență a deșeurilor de cabluri electrice sunt producătorii și consumatorii, adică deșeurile de cabluri electrice produse în timpul procesului de producție a cablurilor și deșeurii provenite de la consumatorii după terminarea ciclului de utilizare a acestora [1].

Materialele plastice reprezintă al doilea constituent existent în DEEE (deșeurii de echipamente electrice și electronice) din punct de vedere al cantității, aproximativ 21% după cum poate fi observat în Figura 1. [2, 10]

According to European norms, Romania in 2008 were supposed to make between 70%-80% of commercially usable for collected WEEE, but the recovery rate was only 37 percent. Targets for the re-use and recycling are between 50% and 75%, the rate reached approximately 26% (fig. 2) [2, 9].

Conform normelor europene, România în anul 2008 ar fi trebuit să valorifice între 70% - 80% din cantitatea de DEEE colectate, însă rata de valorificare a fost de doar 37%. Țintele privind reutilizarea și reciclarea sunt cuprinse între 50% - 75%, rata atinsă fiind de aproximativ 26% (fig.2) [2,9].

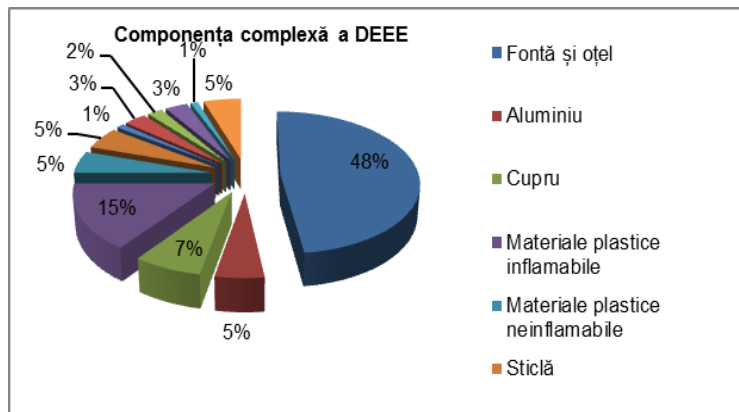


Figure 1. Complex components of WEEE [2, 10]

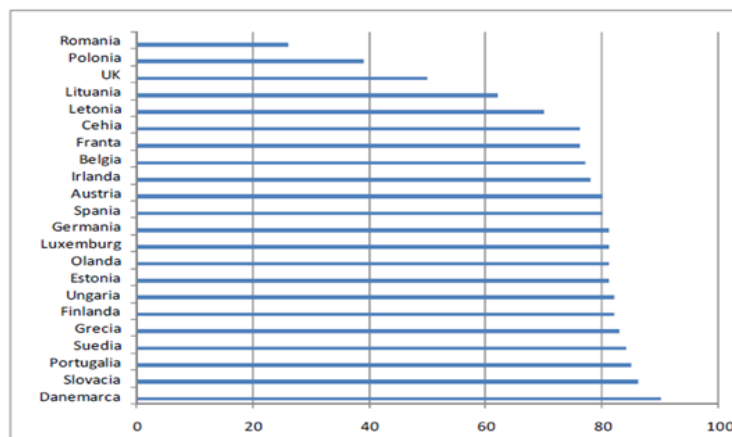


Figure 2. The percentage of reused or recycled WEEE from the total collected, 2008 [2, 9]

2. The main methods for the separation of metallic and non-metallic materials

2. Principalele metode de separare a materialelor metalice și nemetalice

2.1. Density based separation

2.1. Separarea în funcție de densitate

The difference in density of the components is the basis of separation. Gravitational sorting different material separate specific weights depending on their relative movement in response to the force of gravity and one or more other forces, the latter often being motion resistance offered by a liquid such as water or air [6, 4, 2].

Baza acestei separări este diferența de densitate dintre componente. Sortarea gravitațională separă materiale de diferite greutatea specifică în funcție de mișcarea lor relativă ca răspuns la forța de gravitație și una sau mai multe alte forțe, acesta din urmă adesea fiind rezistența la mișcare oferite de un lichid, cum ar fi apa sau aerul [6, 4, 2].

2.2. Magnetic separation

2.2. Separarea magnetică

It is a method used for separating ferrous and non-ferrous components from waste. A conveyor belt that is equipped with the magnets NdFeB is supplied with waste, when you reach the end waste band, they get over magnetic roller, where non-magnetic particles are discharged into a hopper. Sensitive magnetic particles are

Este o metodă utilizată pentru separarea componentelor feroase și neferoase din deșeurii. O bandă transportoare ce este echipată cu magneți NdFeB este alimentată cu deșeurii, când deșeurile ajung la capătul benzii, acestea trec peste rola magnetică, unde particulele non-magnetice sunt evacuate într-un buncăr. Particulele sensibile

attracted to the magnetic roller carrying the band such as rolie pass around and fall in two hopper (fig. 3), [5, 11]

magnetic sunt atrase de rola magnetică sub banda transportoare astfel trec în jurul rolei și cad în buncărul doi (fig. 3) [5,11].

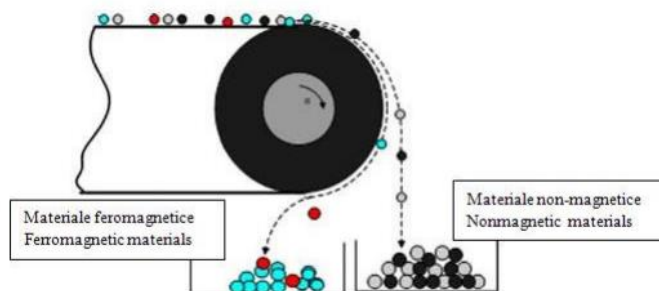


Figure 3. Magnetic separation scheme of waste electrical and electronic equipment [5, 11].

Corona electrostatic separation

Corona electrostatic separation is a separation widely used in industry because it is an effective means and for the recovery of metallic and non-metallic parts from the waste stream.

Electrostatic separation, defined as "selective sorting of loaded or polarized in an electric field", presents an effective way for the recycling of metals and non-metals from WEEE without or with minimum negative impact on the environment [7]. Before this method of separation to take place it is necessary to have a method of pre-processing. After archieving pre-processing is applied to the separation of corona electrostatic, metallic and non-metallic particles are electrostatically charged when entering into a field and are "bombarded with ions" corona charging. Metal particles are discharged rapidly to the earthed electrode while the charged nonmetals on the other hand are "pinned" by the electrical image force to the rotating roll and rotate with the roll until they finally are released into the holding tanks. Separation is achieved due to the varying electric field forces acting on metallic and nonmetallic particles [2, 7].

2.4. Separation using eddy currents (Eddy current separation)

Eddy current separation is a similar concept to magnetic separation, a rotor is lined with NdFeB magnets with alternating north and south poles. The rotor produces an external magnetic field, which rejects non-magnetic metals electrically, this resulting in their expulsion from the waste stream, leaving non-metallic particles. The magnetic field can be controlled by the speed of the rotor. Produce materials with different conductivities different and therefore eddy currents will be disposed at various distances. By placing the collection containers at various distances from

2.3. Separarea Corona electrostatic

Separarea în câmp corona electrostatic este o tehnologie de separare utilizată pe scară largă în industrie deoarece este un mijloc eficient și ecologic pentru recuperarea părților metalice și nemetalice din fluxul deșeurilor. Separarea electrostatică, definită ca "sortarea selectivă a corpurilor încărcate sau polarizate într-un câmp electric", prezintă o modalitate eficientă pentru reciclarea metalelor și nemetalelor din DEEE-uri fără sau cu impact negativ minim asupra mediului [7]. Înainte ca această metodă de separare să aibe loc este necesară o metodă de pre-procesare. După realizarea pre-procesării este aplicată separarea corona electrostatică, proces în care particulele metalice și nemetalice sunt încărcate electrostatic când intră într-un câmp și sunt "bombardate cu ioni" de încărcare corona. Particulele metalice sunt descărcate rapid la electrodul de împământare în timp ce nemetalele încărcate pe de altă parte sunt "ținute" de forța electrică de rola de rotație și rotite până când în cele din urmă sunt eliberate în rezervoare colectoare. Separarea se realizează datorită forțelor de câmp electric diferite ce acționează pe particulele metalice și nemetalice [2, 7].

2.4. Separarea utilizând curenți turbionari (Eddy current)

Este un concept similar separării magnetice, un rotor este aliniat cu magneți neodim cu poli alternativi nord și sud. Rotorul produce un câmp magnetic extern, care respinge metalele non-magnetice conductoare electric, acest lucru ducând la expulzarea lor din fluxul de deșeuri, lăsând particulele non-metalice. Câmpul magnetic poate fi controlat prin viteza rotorului. Materialele cu conductivități diferite produc curenți turbionari diferiți și prin urmare vor fi aruncate la diferite distanțe. Prin așezarea recipientelor de colectare la distanțe variabile față de rotor este posibilă

the impeller is possible to separate waste flow depending on the metal base [2, 3, 8].

separarea fluxului de deșuri în funcție de metalul de bază [2, 3, 8].

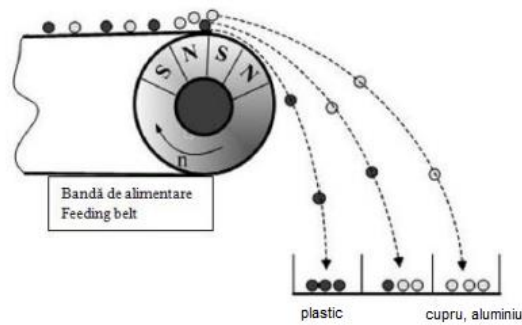


Figure 4. Eddy Current separation scheme of aluminum and plastic from electrical cables waste [2].

3. Materials and methods

For experimental study, we used PVC clamps, resulting in the production of the wish industrial recycling and recovery of plastic electrical cables perspectives provide by MF PLAST Serv. PVC clamps used has granulation (1 – 2 mm), (2 – 4 mm) and contain impurities of standed cooper and aluminium foil (Figure 5).

3. Materiale și metode

Pentru studiul experimental, s-a utilizat măcinătură de PVC, rezultată în urma procesului tehnologic industrial de reciclare și recuperare a materialului plastic din cablurile electrice furnizat de MF PLAST SERV. Măcinătura de PVC utilizată are granulația (1 – 2 mm), (2 – 4 mm) și conține impurități de liță de cupru și folie de aluminiu (Figura 5.)

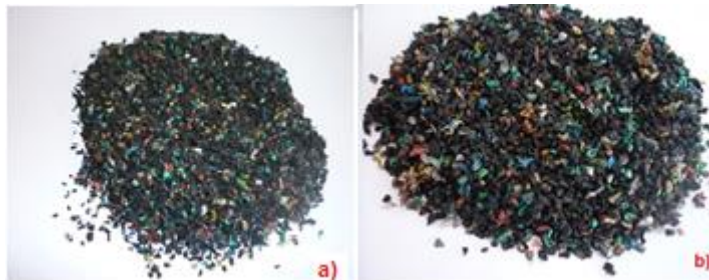


Figure 5. PVC clamps: a) 1 - 2 mm; b) 2 - 4 mm

Corona electrostatic separation experiments was carried out în the laboratory of Electrical Fields, Technical University of Cluj-Napoca, and use an electrostatic separator corona with in this laboratory (Figure 6).

Experimentele de separare corona electrostatică a fost realizată în cadrul laboratorului de Câmpuri Electrice Intense, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, și s-a utilizat separatorul corona electrostatic din cadrul acestui laborator (Figura 6).

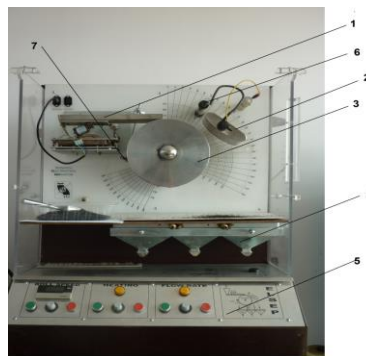


Figure 6. Corona electrostatic separator field: 1.vibrotransportor, 2. corona electrode, 3. rotating cylindrical electrode, 4. collection box, 5. control panel, 6.electrod electrostatic 7. Brush

The experimental were carried out both on the separator of Figure 6, each sample 200 g was a mixture of metallic impurities and clamps PVC

Au fost realizate două experimete pe separatorul din figura 6, fiecare probă 200 g fiind un amestec de impurități metalice și măcinătură de

plastic. Experiments have been carried out by changing the distance in three position $s = 50-55-60$ [°]; adjust the high voltages $U = 25, 35, \text{ and } 60$ kV or greater cylindrical electrode $n = 40$ [rpm]. Conductive particles and neconducoare were collected in two compartments.

4. Results and discussion

Following are the results of separation of PVC clamps. They exposed two sets of experiments on the grain clamps or process parameters.

Experiment 1. - sample size of 200 g-clamps PVC pellet between 2 – 4 mm.

Table 1. Results Experiment 1 corona electrostatic separation field

Variabilele de regim				Rezultatele separării		
Nr.Crt	U [KV]	n [rpm]	s [°]	Materiale conductoare (PVC) M_{NC}	Materiale neconducoare (Cu) M_C	Amestec (PVC/Cu)
Experiment 2. Granule 2 – 4 mm (200 g)						
1	25	40	50	185.12	12.08	2.8
2	35	40	55	175.63	16.09	8.28
3	60	40	65	173.98	16.33	9.69

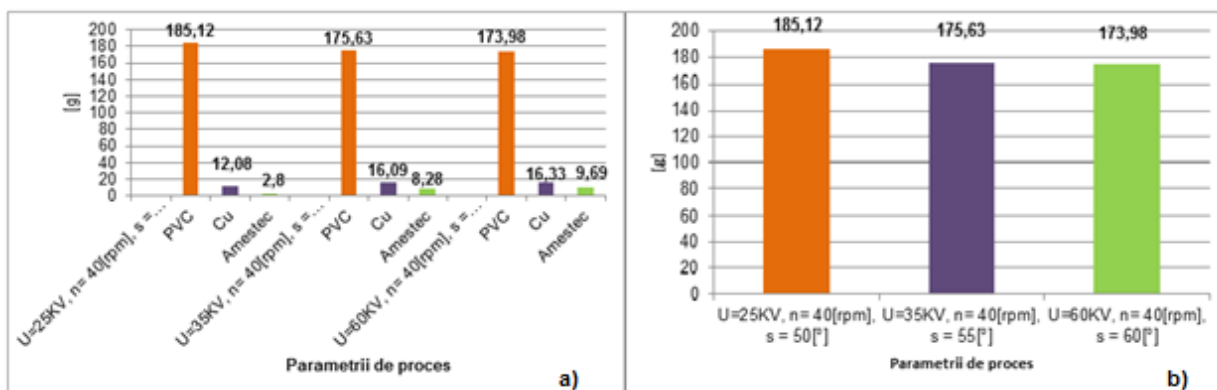


Figure 7. a) The degree of separation of granules with size between 2 - 4 mm;
 b) The degree of separation of the MNC (PVC) with size between 2 – 4 mm

The values resulting from the separation of PVC clamps pellet size between 2-4 mm indicates that the degree of separation is highest in the case of separation of the process parameters $U = 25$ KV, $n = 40$ [rpm], $s = 50$ [°] with 92.56 percent efficiency (Fig. 7.a). In the case of the other two parameters, separation yields were 87.81% and 86.99% (Fig. 7.b).

Experimentul 2.- probă măcinătură PVC 200 g – dimensiunea granulei între 1 – 2 mm.

material plastic PVC. Experimentele au fost realizate prin modificarea distanței în trei poziții $s = 50 - 55 - 60$ [°]; ajustarea înaltei tensiuni $U = 25, 35, 60$ kV și a turației electrodului cilindric $n = 40$ [rpm]. Particulele conductoare și neconducoare au fost colectate în două compartimente

4. Rezultate și discuții

În continuare sunt prezentate rezultatele obținute în urma separării măcinături de PVC. Sunt expuse cele două seturi de experimente în funcție de granulația măcinături, respectiv a parametrilor de proces.

Experimentul 1. - probă măcinătură PVC 200g – dimensiunea granulei între 2 – 4 mm.

Valorile rezultate în urma separării măcinăturii de PVC cu dimensiunea granulei cuprinsă între 2 - 4 mm indică faptul că, gradul de separare cel mai ridicat este în cazul separării ce a avut ca parametri de proces $U = 25$ KV, $n = 40$ [rpm], $s = 50$ [°], cu un randament de 92,56 % (Fig. 7.a.). În cazul celorlalți doi parametri, randamentele de separare au fost de 87,81 % și 86,99% (Fig. 7.b.).

Experiment 2. PVC 200 g - sample clamps-size pellet between 1 – 2 mm.

Table 2. Results Experiment 2 corona electrostatic separation field

Variabilele de regim				Rezultatele separării		
Nr.crt.	U [KV]	n [rpm]	s [°]	Materiale conductoare (PVC) M _{NC}	Materiale neconductoare (Cu) M _C	Amestec (PVC/Cu)
Experiment 3. Granule 1– 2 mm (200g)						
1	25	40	50	161.02	13.15	25.83
2	35	40	55	160.52	28.13	11.35
3	60	40	65	160.88	19.54	19.58

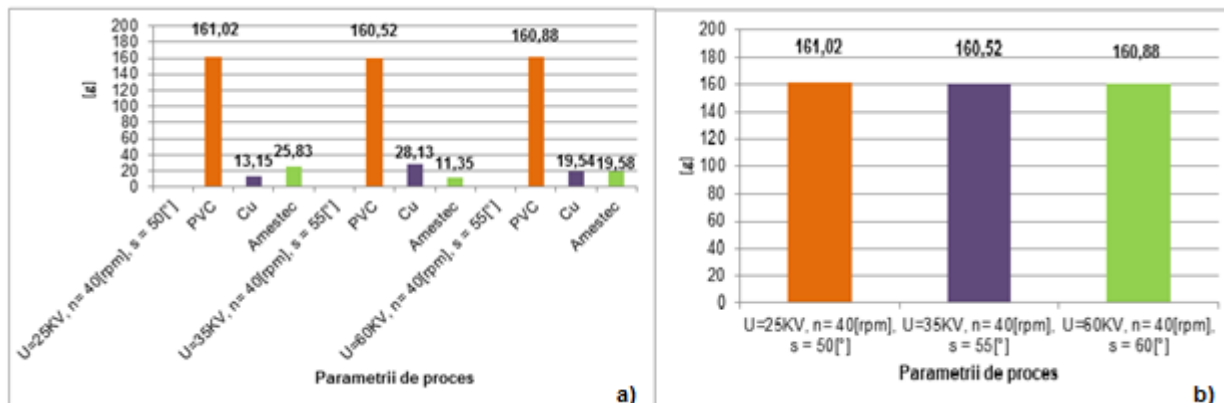


Figure 8. a) The degree of separation of granules with size between 1 - 2 mm; b) The degree of separation of the MNC (PVC) with size between 1 – 2 mm

The values obtained in the study of separation for PVC clamps pellet size from 1-2 mm indicates that the degree of separation is approximately the same for all process parameters use namely: separation efficiency of 80.51%, 80.26% and 80.44% (Figure 8 a, b).

Table 3 presents the degree of separation from the conductive material of PVC clamps contaminated with stranded copper and aluminum foil users fully in experiments for all process parameters.

Valorile obținute în urma studiului seapării pentru măcinătura de PVC cu dimensiunea granulei cuprinsă între 1 – 2 mm ne indică faptul că, gradul de separare este aproximativ același pentru toți parametrii de proces utilizați și anume: randamente de separare de 80,51%, 80,26%, și 80,44% (fig 8 a, b).

În tabelul 3 este prezentat gradul de separare a materialelor neconductoare din măcinătura de PVC impurificată cu liță de cupru și folie de aluminiu utilizată în experimente pentru toți parametri de proces.

Table 3. The degree of separation of the M_{NC} (PVC)

Nr. Crt.	Parametrii de proces			Dimensiunea M _{NC} (PVC) mm	
				2 – 4	1 – 2
1.	U= 25 KV	n= 40 [rpm]	s = 50 [°]	185,12	161,02
2.	U= 35 KV	n= 40 [rpm]	s = 55 [°]	175,63	160,52
3.	U= 60 KV	n= 40 [rpm]	s = 65 [°]	173,98	169,88

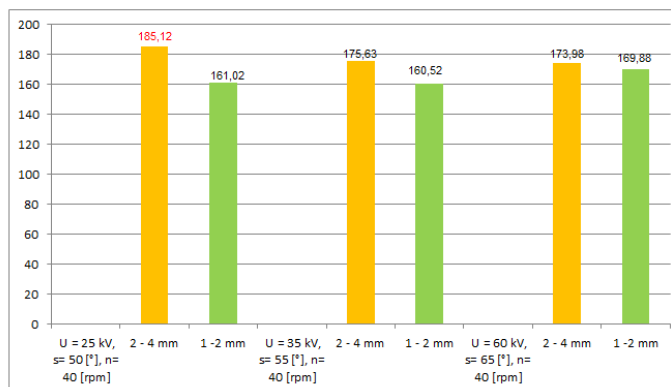


Figure 9. M_{NC} degrees of separation (PVC).

The values obtained from the process of extracting the impurity metal clamps PVC indicate that clamps grit between 2 - 4 mm and process parameters $U = 25$ kV, $n = 40$ [rpm], $s = 50$ [°] to had the best efficiency cut (Fig. 9).

Valorile obținute în urma procesului de extragere a impurităților metalice din măcinătura de PVC ne indică, că măcinătura cu granulația cuprinsă între 2 – 4 mm și parametrii de proces $U = 25$ kV, $n = 40$ [rpm], $s = 50$ [°] a avut cel mai bun randament de separare (Fig. 9).

5. Conclusions

Since as a result of recycling technologies of electric cables, wire and conductors in PVC insulation of cables and are mixed due to small dimensions and small differences in density it is necessary their separation. Since the mechanical separation of the mixture of waste electrical cables is not sufficient require a corona field electrostatic separation of the mixture.

In the wake of the results obtained in the process of extracting metal from a mixture of PVC has been found that the degree of separation has been highest in the case of separation of PVC mixture with granulation of between 2 - 4 mm and process parameters $U = 25$ Kv, $s = 55$ [°], $n = 40$ [rpm], with a share of separating 92.56 %.

Corona electrostatic separation technology represents an effective solution for extracting particles trays pollute PVC mixture arising as a result of recycling of electric cables.

5. Concluzii

Deoarece în urma tehnologiei de reciclare a cablurilor electrice, Cu/Al din firele conductoare și PVC din izolația cablurilor sunt amestecate, datorită dimensiunilor mici dar și a diferențelor mici de densitate este necesară o separare a acestora. Întrucât separarea mecanică a amestecului din deșeurile cablurilor electrice nu este suficientă se impune o separare în câmp corona electrostatic a amestecului.

În urma rezultatelor obținute în procesul de extragere a metalelor din amestecul de PVC s-a observat că gradul de separare cu cel mai ridicat randament este pentru amestecul de PVC cu granulația de 2 – 4 mm și parametrii de proces $U = 25$ kV, $s = 50$ [°] și $n = 40$ [rpm] cu o pondere de separare de 92,56%.

Tehnologia de separare corona electrostatic reprezintă o soluție eficientă de extragere a particulelor metalice ce impurifică amestecul de PVC provenit în urma reciclării cablurilor electrice.

References

- [1] Annika Boss, *Recycling of electrical cables - With focus on mechanical recycling of polymers*, Swerea IVF-Report Public, 21813, January, 2014;
- [2] C.Bungărdan, V.F. Soporan, O.C. Salanță, *Considerații privind separarea plasticului și aluminului din deșeurile de echipamente electrice și electronice, în vederea reciclării*, Analele Universității „Constantin Brâncuși” din Târgu Jiu, Seria Inginerie, Nr. 3/2012, pp.199-210;
- [3] F. Settimo, P. Bevilacqua, *Separarea Eddy Current a particulelor fine neferoase*, Separare fizica în știință și inginerie, Vol. 13, Nr. 1/2004, pag. 15– 23;
- [4] Gabrielle Gaustada, Elsa Olivetti, Randolph Kirchainb, *Îmbunătățirea reciclării aluminii: un sondaj de sortare și impuritate tehnologiei de eliminare*, Resurse, conservarea și reciclare, 58 (2012) 79– 87;
- [5] Jirang Cui, Eric Forsberg, *Reciclarea mecanică a deșeurilor de echipamente electrice și electronice: o revizuire*, Jurnal a materialelor periculoase, B99 (2003) 243–263;
- [6] Jujun Ruan, Jia Li, Zhenming Xu, *Linie de producție pentru recuperarea cartușelor de tonere uzate*, Jurnal a materialelor periculoase, 185 (2011) 696–702;
- [7] Kealeboga Merafhe, *Monitorizarea în timp real a separării corona-electrostatică în reciclarea deșeurilor de circuite de imprimare*, April 27, 2011;
- [8] S. Zhang, *Recuperarea aluminii de resturi electronice prin separatorul Eddy current*, Resurse, conservarea și reciclare, nr. 23/09.1998, pag.225-241;

- [9] ***, www.eco-social.ro
- [10] ***, http://www.deseurielectrice.ro/alte/stu_diu_costuri_gestionare_DEEE.pdf
- [11] ***, <http://www.ptonline.com/articles/magnetic-separation-simplifies-multi-materialscrap-recovery>.