



ELEKTRONİK ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ İÇİN ÖN KIRMA VE ÖĞÜTME EKİPMANININ TASARIMI

Furkan BULUT^{1*}, Prof. Dr. Ayhan ÇELİK²

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği, Erzurum
ORCID No : <http://orcid.org/0009-0001-8624-4270>

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliğikontrüksiyon ve İma-
lat Ana Bilim Dalı, Erzurum, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-8096-0794>

Anahtar Kelimeler

Öz

*E-atık, geri dönüşüm,
kıymetli metal,
parçalayıcı, kırıcı, çekiçli
kırıcı*

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile elektronik ürünler, hem evlerde hem de işyerlerinde kullanılarak hayatı kolaylaştırmaktadır. Kullanım ömrü dolmuş elektronik ürünlere ise elektronik atık adı verilir. Elektronik atıklar, yapılarında bulunan ağır metaller nedeniyle çevre ve insan sağlığı açısından büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşümü, atıkların bertarafı ve değerli materyallerin geri kazanımı açısından son derece önemlidir. Saf metaller yerine geri dönüştürülmüş materyallerin kullanılması, öncelikle kayda değer enerji tasarrufu sağlamaktadır. Shredder ve çekiçli kırıcı makineleri, kompakt bir yapı altında toplayarak kırma ve öğütme işlemlerinin aynı ekipman içinde yapılabileceğini göstermekte, bu sayede maddi, zaman ve verim açısından kazanç sağlanmaktadır. Bu tür bir sürecin ilk kez kompakt bir tasarımda bir arada yapılabileceğini vurgulamak da önemlidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, piyasada yer alan kırma işlemlerinin yapıldığı ekipmanların, istenilen tane boyutlarına, maliyete ve parça büyüklüklerine göre birçok çeşidi mevcuttur. Ön kırma elemanı olan shredder, bıçak sayıları, şaft sayıları ve elek kısımları açısından birbirinden ayrılmaktadır. Ön araştırmalara göre dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır: bıçak sayısı, şaft sayısı, bıçak tasarımı, kırma işlemlerinde bıçak kısımlarının zarar görmesi ve aşınması, malzemenin ön kırma ekipmanı içinde atlama yapmaması ve ekipman içinde sıkışma olmamasıdır. Bu nedenle, tork hesabı, redüktör gücünün hesaplanması, bıçak kısımlarının malzemeyi tutma açısından tasarımının uygun olması ve elek kısmının tasarımı tıkanma olmaması açısından önem taşımaktadır. Ön kırma ve çekiçli kırıcının kompakt bir yapıda olabilmesi için tasarımın buna uygun olması planlanmaktadır.

* furkanbulut9397@gmail.com
doi : 10.46399/muhendismakina.1491583

DESIGN OF PRE-SHREDDING AND GRINDING EQUIPMENT FOR THE RECYCLING OF ELECTRONIC WASTE

Keywords

E-waste, recycling, precious metals, shredder, hammer, crusher

Abstract

With the advancement of technology today, electronic products are used in both homes and workplaces, making life easier. Electronic products that have reached the end of their lifespan are referred to as electronic waste. Due to the heavy metals they contain, electronic waste poses a significant threat to environmental and human health. The recycling of electrical and electronic waste is important not only for waste disposal but also for the recovery of valuable materials. Using recycled materials instead of pure metals primarily leads to substantial energy savings. This study aims to demonstrate that shredding and grinding processes can be performed within the same equipment by integrating shredder and hammer mill machines into a compact structure. This integration will illustrate how financial, time, and efficiency gains can be achieved. This type of process is being presented for the first time in a compact design. Research indicates that there are many types of equipment available on the market for crushing processes, varying according to desired particle sizes, costs, and part sizes. Shredder pre-crushers differ in terms of the number of blades, the number of shafts, and the design of the screen parts. Preliminary research highlights several important factors, including the number of blades, the number of shafts, blade design, damage and wear to blade parts during crushing processes, preventing material from jumping within the pre-crushing equipment, and avoiding blockages within the equipment. Therefore, it is essential to calculate the torque, determine the reducer power, ensure the blade design is suitable for holding the material, and design the screen part to prevent blockages. The design is planned to effectively integrate pre-crushing and hammer mill functions into a compact structure.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi : 29.05.2024

Kabul Tarihi : 17.07.2024

Research Article

Submission Date : 29.05.2024

Accepted Date : 17.07.2024

Extended Abstract

Introduction

With the advancement of technology in contemporary society, electronic devices have become ubiquitous in both households and workplaces, significantly facilitating daily life. Discarded electronic products, whose operational lifespan has expired, are referred to as electronic waste. Electronic waste poses a substantial threat to environmental and human health due to the presence of heavy metals in their composition. The recycling of electrical and electronic waste is crucial not only for waste management but also for the recovery of valuable materials. The utilization of recycled materials, instead of pure metals, primarily contributes to noteworthy energy conservation. The proper disposal and recycling of electronic waste are imperative for safeguarding the environment and human well-being in the face of the escalating technological landscape.

Objectives/ Research Purpose

Combining the functionalities of a shredder and a hammer mill under a compact structure enables the crushing and grinding processes to be performed within the same equipment, resulting in significant gains in terms of cost, time, and efficiency. This integrated approach demonstrates the potential for substantial benefits in material processing. By consolidating shredding and hammering functions into a single unit, this innovative design not only enhances operational convenience but also establishes a novel concept where these processes can be seamlessly executed in a compact form for the first time.

Results/ Findings

The decision has been made to design four different equipment components within a compact structure. These components are:

1. Dual-Shaft Shredder
2. Hammer Mill Crusher
3. Vibrating Screen
4. Spiral Conveyor

The design of the dual-shaft shredder features multiple shafts to facilitate easier material intake during the shredding process. The blade sections are crafted in a hook shape to enhance material grip. The design specifications for the hammer mill crusher are based on research and various calculations, taking into account the number of hammers, their weight, and the required shaft diameters to achieve the desired torque.

In the vibrating screen section, the screen opening is set to 1mm to ensure the material is reduced to this size. Materials larger than 1mm are redirected back to the crushing section for reprocessing via the spiral conveyor. Once the desired dimensions are achieved, the equipment is designed to transfer the material from the vibrating screen to the collection container.

1. Giriş

Elektronik atıkların geri dönüşümü, çevre ve insan sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle elektronik devre kartlarında bulunan kıymetli metallerin geri dönüşümü, ciddi miktarda maddi kazanç sağlamakta birlikte zaman ve çevre kirliliği açısından da önemlidir. Elektronik devre kartlarından kıymetli metallerin geri kazanımının ilk aşaması, kırma ve öğütme işlemlerinin yapıldığı ekipmanlardır. Malzeme, öncelikle ön kırma işlemlerinden geçirildikten sonra konveyör yardımıyla ikincil bir kırıcıya aktarılır ve istenilen boyutlara getirilir. Ancak bu işleyiş, hem maddiyat hem de zaman açısından kayıplara yol açmaktadır. Yeni üretilen ürünlere olan hızlı talep, “elektronik atık” (E-atık) adı verilen yeni bir çöp sorununu ortaya çıkarmıştır. E-atıkların çevre ve insan sağlığına uygun olmayan yöntemler ve yasal olmayan kurum ve kuruluşlar tarafından toplanması, depolanması ve bertaraf edilmesi, ortaya çıkan ağır metallerin çevre ve insan sağlığı açısından toplumu olumsuz yönde etkilemesine neden olmaktadır. Bu araştırmanın amacı, e-atıklar hakkında bilgi vermek, atıkların çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini göstererek bu konuda bir tasarım projesi ortaya koymak ve topluma fayda sağlamaktır (Aydın, 2017). Çalışmamız, geri dönüşüm sektörüne bir ışık tutmayı, aynı zamanda hem canlılar hem de çevre sağlığı adına kıymetli metallerin geri dönüşümünü daha kolay bir yapı altında gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Bu tasarım projesi, saha ziyaretlerinden edinilen deneyimler ve literatür taramaları sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda hazırlanmıştır. Tasarımda hedef, tüm bu ekipmanları kompakt bir yapı altında toplamaktır. Bu çalışmanın hesaplamaları, makine elemanları göz önüne alınarak yapılmıştır (Şekercioğlu, 2011).

2. Elektronik Atıkların Zararları

5/8/2008 tarihli ve 26891 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Türkiye’de Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik uyarınca, dünyadaki atıkların %1’i elektronik atıklardan oluşmaktadır. Buna rağmen, topraktaki tehlikeli madde kirliliğinin %70’i e-atıklar sebebiyle meydana gelmektedir. Ayrıca, e-atıklardaki tehlikeli materyaller, atık biriktirme ve depo alanlarında doğrudan ya da geri dönüşüm işlemleri sırasında ortaya çıkabilmektedir. Bu zararlı maddeler solunduğunda, yutulduğunda veya cilde temas ettiğinde insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bu zararlı maddelerin neler olduğu, zararları ve nerelerde buldukları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Elektronik Devre Kartlarında Zararlı Materyaller (Ayşegül, K, Besim, A, 2011).

Malzeme	Bulunduğu Yer	Zararları
Kurşun	Devre kartlarında	Kemik, Doku ve Beyin hasarı
Civa	Batarya, Lamba	Beyin, Karaciğer hasarı
Krom	Disk yerlerinde	Göz, Deri ve Mukoza tahrişi
Baryum	Baskı devre kartları	Beyin tümörü, Kas zayıflığı
Kadmiyum	Ekranlar, Bataryalar	Akciğer kanseri
Klorofloro Karbon	Soğutucu ünitelerde	Ozan Tabakası
Poliklorlu Bifeniller	Kondansatör, Transformator	Kanser, Sinir sistemi hasarı
Arsenik	Led	Deri hastalıkları
Fosfor	CRT tüplerinde	Solunumla zehirlenme
Berilyum	Anakart	Kanserojen

3. Elektronik Atıkların Geri Kazanılmasının Faydaları

Türkiye’de “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik,” Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 30/05/2008 tarihli ve 26891 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı, insan ve çevre sağlığı açısından elektrikli ve elektronik eşyalarda zararlı maddelerin kullanımının kısıtlanması ve bu kısıtlamadan muaf tutulacak uygulamaların belirlenmesidir. Ayrıca, elektrikli ve elektronik eşyaların ithalatının kontrol altına alınmasına dair idari, hukuki ve teknik esasları düzenleyerek elektrikli ve elektronik eşya atıklarının çevreyle uyumlu bir şekilde geri kazanılması ve bertaraf edilmesine ilişkin usul ve esasları belirlemektir (Akın, Kuru, 2011). Bu nedenlerle, elektronik atıkların geri dönüşümü oldukça önem taşımaktadır.

Elektronik atıkların geri kazandırılmasıyla enerji tasarrufu sağlanır ve doğal kaynaklarımız korunur. E-atık geri kazanımı, kullanım ömrü dolmuş elektronik eşyalardan kıymetli metallerin geri kazanılmasını ve yeni ürünlerde tekrar kullanılmasını sağlar. Bu durumda, enerji tasarrufu sağlanır ve çevre kirliliği önlenmiş olur (Çelik, 2009).

2018’de büyük ev eşyalarının %75’i, küçük ev aletlerinin %50’si, bilişim ekipmanları ve telekomünikasyon ekipmanlarının %65’i, elektrikli ve elektronik

aletlerin %50'si ile oyuncaklar, eğlence ve spor ekipmanlarının %50'sinin yönetmelik çerçevesinde geri kazanılması hedeflenmektedir. Bu sayede büyük bir ekonomik istihdam yaratılması öngörülmektedir (Akın, Kuru, 2011).

Geri dönüşüm, çevreyi korur: Elektronik atıklar içinde bulunan civa ve kurşun gibi zararlı materyaller geri kazanılarak çevre kirliliği önlenir. Yeni iş olanakları sağlar: E-atık geri kazanımı, sürekli gelişen bir sektör olarak yeni iş fırsatları yaratır ve geri dönüştürülen malzemeler için ikinci bir piyasa oluşmasını sağlar. Yeşil bir dünya için, e-atıkların geri dönüşümünden elde edilen kazançlar ile maden sektöründeki maliyetler göz ardı edilemeyecek kadar fazladır (Şentürk, 2019).

4. Elektronik Devre Kartlarındaki Değerli Metaller

4.1 Altın

Elektrik iletkenliği oldukça yüksek olan ve kolayca kimyasal tepkimelere girmeyen altın, en çok elektrik ve elektronik sanayilerde bağlantıların, baskı devrelerinin, transistörlerin ve yarı iletken kısımlarının kaplanmasında sıklıkla tercih edilmektedir (Çevikel B, 2009).

4.2 Gümüş

Gümüş, ışığı yansıtabilen, işlenebilen ve sünek bir metal malzemedir. Bir gram gümüşten 2 km uzunluğunda ince tel çekilebilir. Elektriksel sistemlerde küp ve altın olarak kristallenebilir. Elektrik iletkenliği ve dayanıklılığı oldukça yüksek olduğu için elektronik devre kartlarında kullanılmaktadır (Çevikel B, 2009).

4.3 Paladyum

Paladyum, kıymetli metaller arasında yer almakta olup beyaz altın elde etme işlemlerinde önemli bir role sahiptir. Piyasada maddi olarak değerinin oldukça fazla olduğu bilinmektedir ve gümüş gibi parlak bir yapıya sahiptir (Çevikel B, 2009).

4.4 Bakır

Bakır, elektrik iletkenliği oldukça yüksek bir malzemedir. Kolay işlenebilir olması, kullanım alanlarını yaygınlaştırmıştır. Isı iletkenliği ve aşınmaya karşı direnci yüksek bir malzemedir (Çevikel B, 2009).

Elektronik atıklardaki değerli metallerin geri dönüşümü, çevre, insan sağlığı ve maddi kazanç açısından oldukça önemlidir. Günümüzün en büyük sorunlarından biri çevre kirliliğidir ve bu kirliliğin canlılar üzerindeki olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle, hayatımızın her aşamasında geri dönüşüm işlemi önemli bir role sahiptir (Çevikel B, 2009).

Tablo 2. Elektronik Devre Kartlarında Değerli Metaller (Tanısalı E, Özer M, Burat F, (2019)

Elektronik Atık	Ağırlık (%)					Ağırlık (ppm)		
	Fe	Cu	Al	Pb	Ni	Ag	Au	Pd
TV kart hurdası	28	10	10	1	0,3	280	20	10
PC kart hurdası	7	20	5	1,5	1	1000	250	110
Cep telefonu hur- dası	5	13	1	0,3	0,1	1380	350	210
	23	21	1	0,14	0,03	150	10	4
DVD çalar hurdası	62	5	2	0,3	0,05	115	15	4
Hesap makinesi hurdası	4	3	5	0,1	0,5	260	50	5
TV anakart hur- dası	4,5	14,3	2,8	2,2	1,1	639	566	124
Baskı devre kartı hurdası	12	10	7	1,2	0,85	280	110	
TV hurdası (CRT'si ayrılmış)		3,4	1,2	0,2	0,038	20	<10	<10
Elektronik hurdası	8,3	8,5	0,71	3,15	2	29	12	
PC hurdası	20	7	14	6	0,085	189	16	3
Genel elektronik hurdası	8	20	2	2	2	2000	1000	50
E-atık örnek 1	37,4	18,2	19	1,6		6	12	
E-atık örnek 2	27,3	16,4	11	1,4		210	150	20
Baskı devre kartı	5,3	26,8	1,9		0,47	3300	80	
E-hurda (1972 örneği)	26,2	18,6				1800	220	30
Karışık e-atık	36	4,1	4,9	0,29	1			

5. Elektronik Atıkların Geri Kazanım Prosesi

Günümüz teknolojisi ile geri kazanım prosesi, gelişmiş ekipman çeşitleri ve teknolojiler kullanılarak gerçekleştirilen bir geri kazanım işlemidir. Günümüz şartlarında oldukça yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Tercih edilmesinin en büyük sebebi, çevre ve insan sağlığına herhangi bir tehdit oluşturmamasıdır. Metal ekipman çeşitleri, konveyör ve kimyasal bileşenler kullanılarak yapılan ayrıştırma işlemi, elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşümünde büyük önem taşır. Ön işlem aşamalarının temel anlamda üç amacı vardır. Birincisi, malzemenin tane boyutunun küçük olması gerektiğidir. Ayrıştırma işlemi için bu önemli

dir çünkü küçük tane boyutları, büyük tane boyutlarına göre daha iyi tutunma ve birleşme sağlamaktadır. Kırma işlemi, yaygın olarak kullanılan parçalayıcı bıçakları bulunan hareketli bir ekipman ile başlar. İkinci aşamada çekiçli veya darbeli tip kırıcılar kullanılmaktadır. Elektronik devre kartlarındaki metaller, farklı ebatlardaki serbestleşme kabiliyetlerinden ötürü kırma ve öğütme işlemleri sırasıyla gerçekleştirilmektedir. İstenilen ölçüde serbestleşen metaller, plastik ve seramik malzemeler, fiziksel zenginleştirme yöntemleri kullanılarak plastik kısımdan ayrılır. Metaller, bükülebilir ve işlenebilir özellikte oldukları için serbestleşme boyutunun altına geçemez ve yalnızca şekil değiştirirler. Zenginleştirme çalışmalarında kullanılacak malzemeyi uygun tane boyutuna getirmek amacıyla, öncelikle kırma işlemi gerçekleştirildikten sonra elek kullanılarak malzeme iki ayrı boyuta sınıflandırılmalıdır. Tane boyutunun istenilen 1 mm'ye gelmesi için, ikinci kade-me kırma işleminde çekiçli kırıcı kullanılmakta ve titreşimli elekten geçerek 1 mm çap sağlanması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, elde edilen malzemelerin tane boyutu, proses için önem taşımaktadır (Özkan, 2018).

6. Elektronik Atıkların ve Kıymetli Metallerin Geri Kazanımı İçin Tasarlanan Ön Kırma ve Öğütme Ekipmanı

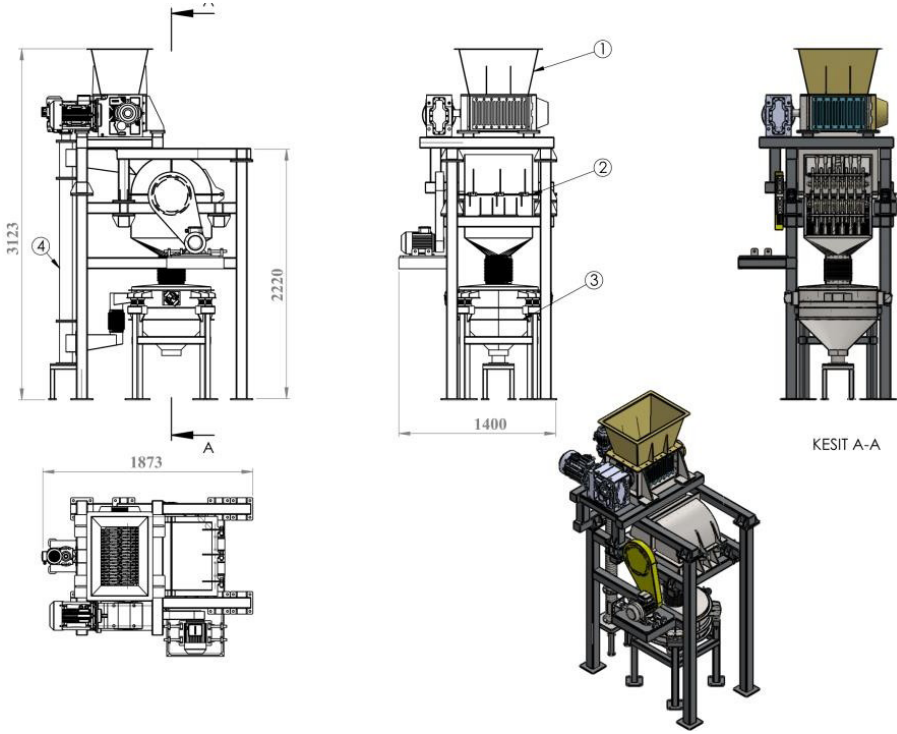
Bu çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Elektronik atıkların geri dönüşümü ve kıymetli metallerin geri kazanımı için çeşitli yollar mevcuttur. Ön kırma ve öğütme ekipmanının çalışma prensibi, materyallerin parçalayıcı makinenin üst kısmından fan, fork-lift veya manuel (el ile) besleme ile konulmasıdır. Ekipmana aktarılan malzemeler shredder bıçaklarına doğru düşer. Burada parçalama işlemi gerçekleşir ve malzeme, direkt olarak bir chute yardımıyla hummer kırıcıya aktarılır. Daha sonra, vibrasyonlu bir elekten geçerek dikey helezon yardımıyla tekrar hummer kısmına iletilir. Bunun sebebi, malzemenin istenilen tane boyutlarına getirilmesidir. Bu çalışmanın amacı, piyasadaki ürünlerden farklı olarak shredder ve hammer (çekiçli kırıcı) makinelerini kompakt bir yapı altında toplayarak kırma ve öğütme işlemlerini aynı ekipman içinde gerçekleştirmektir. Böylece zaman, maddi ve verim açısından kazanç sağlamayı hedeflemektedir (Şekil 1).

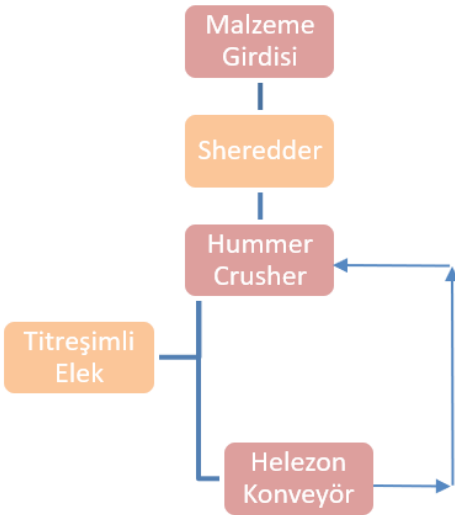
Ön kırma ve öğütme ekipmanı 4 kısımdan oluşmaktadır;

- Shredder (Parçalayıcı)
- Hummer mill crusher (Çekiçli kırıcı)
- Vibrasyonlu Elek
- Dikey helezon konveyör

Prosesin akış şemasını Şekil' de görebilirsiniz.



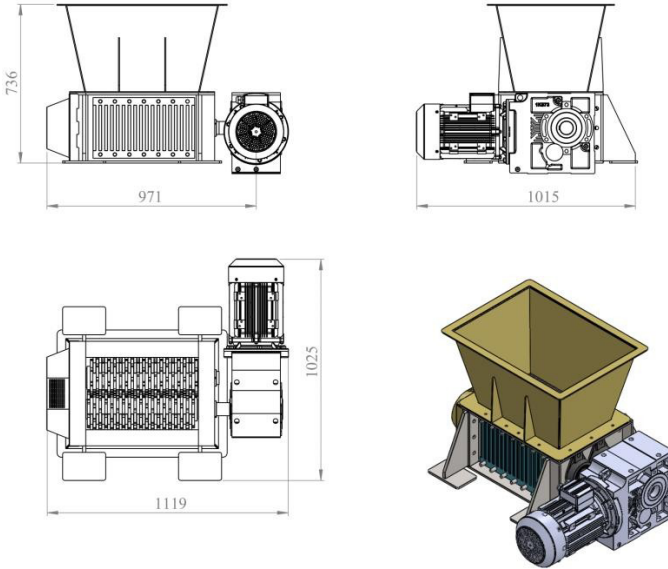
Şekil 1.Ön Kırma Öğütme Ekipmanı



Şekil 2. Akış Şeması

6.1 Shredder

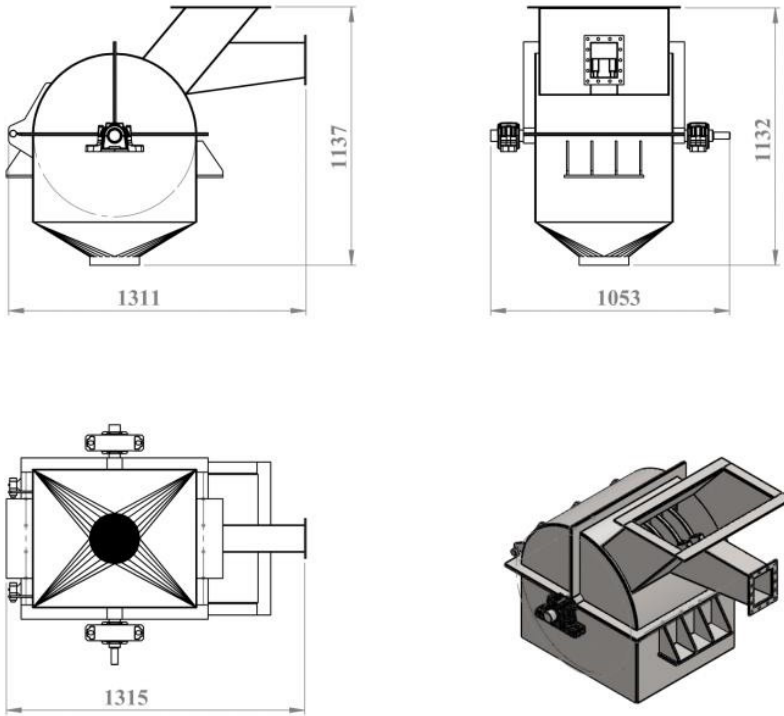
Plastik kaplar, poşetler, naylon, plastik şişeler, plastik parçalar, hafif çelikler, gıda ve tahıl ürünleri gibi materyaller, bıçaklar yardımıyla parçalanarak geri dönüşüm işlemine hazırlanır. Bu bıçaklar, güçlü motorlar sayesinde gelen malzemeyi parçalar ve aktarım elemanı olan chute'a doğru yönlendirir. Parçalanmış malzemeler, herhangi bir taşıma aracına ihtiyaç duymadan yer çekimi kullanılarak hummer kırıcıya aktarılabilir. İlk aşama, shredder kısmının tasarlanmasıdır. Piyasada birçok benzeri olan shredder'ların farklı çeşitleri bulunmaktadır. Farklı tasarımlar arasındaki en temel fark, bıçak millerinin sayısı ve kullanılan ekipmanlardır. İncelenen öğütücülerin çoğu ya tek ya da çift şaftlı olarak tasarlanmıştır; ancak bazı büyük tonajlı malzemeler için öğütücüler dört şaftla kullanılabilir, bu da daha yüksek motor gücü sağlar. Birden fazla bıçak şaftına sahip olmanın çeşitli avantajları vardır; örneğin, kesme eylemlerinin sayısı şaft sayısı ile birlikte artar, bu da prosesin hızını artırır. Bununla birlikte, birden fazla şaftın en büyük avantajı, malzemeyi makineden çekme yeteneğinde gözle görülür bir fark yaratmasıdır. Yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda bu sonuca ulaşılmıştır. Hem maliyet hem de istenilen özellikleri sağladığı için çift şaftlı shredder tasarlamaya karar verilmiştir. Shredder kısmı, iki şaft üzerine dizilmiş ve tek bir tahrik gücü kullanılarak çalışan bir yapıdan oluşmaktadır. Bıçaklar, malzemenin atlamasını engellemek adına kanca biçiminde bir forma sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Parçalayıcıdan geçen malzeme, bir aktarım chute'u aracılığıyla çekiçli kırıcıya aktarılır (Oluwatobi I, Damilola A, Olawale O, 2018) (Şekil 3).



Şekil 3. Shredder Ekipmanı

6.2 Hummer Mill Crusher (Çekiçli Kırıcı)

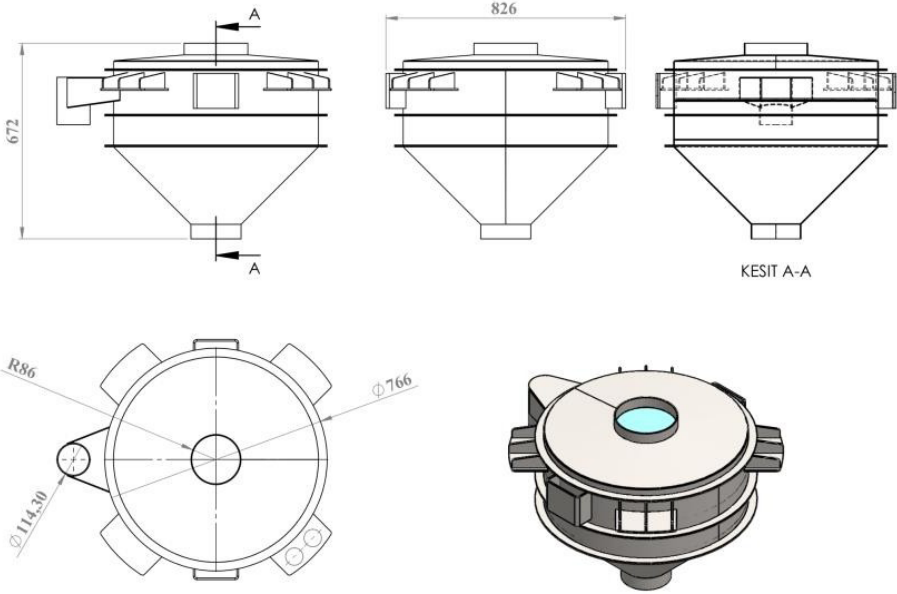
Hızlı bir şekilde dönerek hareket sağlayan ve çekiç adı verilen metal parçaların malzemeye çarpmasıyla kırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Çekiçlerin hızla dönmesi, tanelerin ufalanmasını sağlar. Kırma işleminin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için kırıcı alt bölümde delikli bir ızgara veya elek yerleştirilebilir. Bu elek, malzemenin tane boyutunu istenilen ölçüye getirmeye yardımcı olur. Parçalayıcı kısımdan dökülen malzemeler, aktarım chute'undan geçtikten sonra çekiçli kırıcıya dökülmektedir. Çekiçli kırıcı, tek bir shaft üzerinde bulunan dairesel metal plakalar ile çalışır. Bu plakalar, bağlı çekiç parçalarının konumlandırılması için milden geçirilir ve salınım yapmaları amacıyla ara plakalar, burçlar ve diğer parçalar kullanılarak üzerine takılır. Mekanizmayı çalıştırmak için de bir redüktör motor kullanılmaktadır. Çekiçli kırıcının alt kısmında yer alan elek, malzeme çekiçler yardımıyla parçalandıktan sonra elekten geçerek vibrasyonlu elek ekipmanına aktarılmasını sağlar (Annoussamy, M. G., Richard, S., Recous, J., & Guerif, J., 2000) (Şekil 4).



Şekil 4.Çekiçli Kırıcı Ekipmanı

6.3 Vibrasyonlu Elek

Vibrasyonlu elek, dairesel yönde titreşimler yaparak aktarılan malzemeyi çeşitli tane boyutlarına sınıflandırır ve bu malzemenin aktarımını ayırım ekipmanlarına sağlar. Aynı anda birden fazla ürünün ayrıştırma işlemi gerçekleştirilebilir. Vibrasyonlu eleklerin kapasiteleri, eleme yapılacak malzemenin tipi, nem oranı ve yıkanma özelliklerine göre değişiklik gösterebilir. Vibrasyon motorları, ekipmanın gövde kısmına yay ile montaj edilerek kullanılır. Vibrasyonlu elek kısmı, kademeli bölmelerden oluşacak şekilde tasarlanmıştır ve içinde 1 mm açıklığında delikler bulunan elek bulunmaktadır. Malzeme istenilen tane boyutlarına ulaştığında, döküş kısmına geçerek ön kırma ve eleme işlemi tamamlanmış olur. Ancak, malzeme 1 mm'den büyükse, farklı bir aktarım kısmından dikey helezonlu konveyöre aktarılır ve tekrar işleme alınmak üzere çekiçli kırıcıya yönlendirilir (Şekil 5).

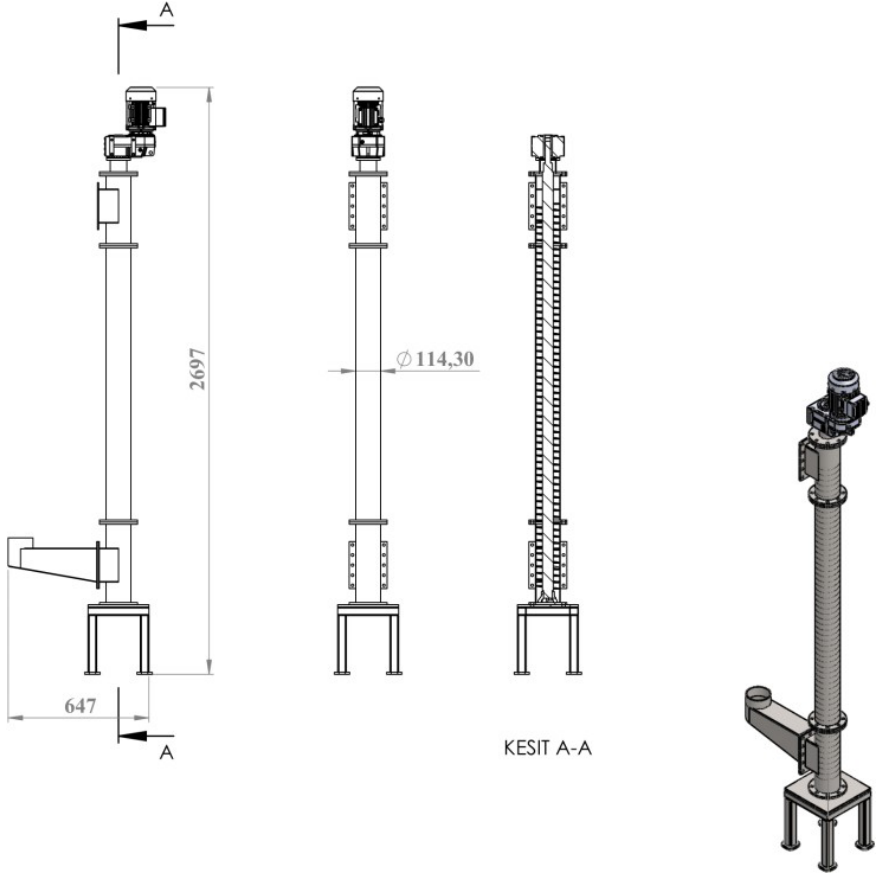


Şekil 5. Vibrasyonlu Elek

6.4 Helezon Konveyör

Helezon konveyör, giriş ve çıkış kısımlarına sahip bir borudan oluşur. Bu borunun içinde, sabitlenmiş yani yataklanmış bir mil üzerinde helezon şeklinde sarılmış iletici sac parçaları bulunmaktadır. Mil, bir ucundan tahrik sistemi ile hareket ettirilir; bu tahrik sistemi, motor, kaplin ve/veya dişli kutusundan oluşabilir. Mekanizmanın içine dökülen plastik malzeme, kendi ağırlığı ve sürtünme etkisi

ile mekanizmanın alt kısmına çöker. Aynı zamanda, dönmeyen dairesel hareket yapan helisel kanatlar sayesinde, doğrusal hareket yaparak ileriye doğru yatay, dikey veya farklı açılarda iletim sağlar. Bu yapı, kırıcıdan dökülen parçaların tekrar geri besleme için aktarım elemanı olarak kullanılmasına olanak tanır. Ayrıca, istenilen kısımlarda dikey iletim için de kullanılabilir. Helezon taşıyıcılar, birçok endüstri alanında (madenlerde, çimento, kireç, şeker ve yem fabrikalarında, plastik, un ve tahıl değirmenlerinde vb.) kısa iletim uzunluklarında kullanılır. Helezon, toz, taneli ve plastik parçalardan oluşan malzemelerin yanı sıra orta tane büyüklüğündeki malzemelerin aktarımını da gerçekleştirebilir. Vibrasyonlu elek kısmında elekten geçmeyen 1 mm'den büyük malzemeler, elek üzerinde bulunan aktarım kısmından dışarı çıkarak eğimli olarak bulunan chute kısmına dökülür. Dikey helezon üzerindeki helisler ve tahrik mekanizması yardımıyla bu malzemeler tekrar çekiçli kırıcı kısmına aktarılır (Şekil 6).



Şekil 6. Helezon Konveyör

7. Sonuç ve Öneriler

Tasarlanan ekipman, piyasada bulunan benzer işlemlere sahip ekipmanlardan farklı olarak ön kırma, öğütme, eleme ve aktarım işlemlerini aynı kompakt yapı altında gerçekleştirmektedir. Ekipmanla ilgili tüm parametreler matematiksel olarak hesaplanmıştır; gerekli veriler, saha ziyaretleri, tecrübe ve talepler doğrultusunda harmanlanarak dizayn edilmiştir. İstenilen tane boyutlarına ulaşmak için elek tasarımı veya ekipmanın içindeki bıçak ve çekiç tasarımlarında değişiklikler yapılabilir. Ekipman tasarımının temel amacı, piyasadaki bu tür ürünlerden farklı olarak shredder ve hammer (çekiçli kırıcı) makinelerini kompakt bir yapı altında birleştirerek kırma ve öğütme işlemlerini aynı ekipman içinde gerçekleştirip zaman, maliyet ve verim açısından kazanç sağlamaktır. Üretilen ekipmandan amaçlanan diğer bir hedef, ürünün 1 mm boyutunda olmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda, piyasada yer alan kırma ekipmanlarının çeşitli tane boyutlarına, maliyetlere ve parça büyüklüklerine göre birçok çeşidi bulunmaktadır. Ön kırma elemanı olan shredder'ların bıçak sayıları, şaft sayıları ve elek kısımları açısından birbirinden ayrıldığı belirtilmelidir. Ön araştırmalara göre, dikkat edilmesi gereken hususlar arasında bıçakların sayısı, şaft sayısı, bıçakların tasarımı, kırma işlemlerinde bıçak kısımlarının zarar görmesi ve aşınması, malzemenin ön kırma ekipmanı içerisinde atlama yapmaması ve ekipman içinde sıkışma olmaması yer almaktadır. Bu nedenle, tork hesabının, redüktör gücünün hesaplanmasının yanı sıra, bıçak kısımlarının malzemeyi tutma açısından uygun bir tasarıma sahip olması ve elek kısmının tıkanma olmaması için dikkatli bir şekilde tasarlanması önem taşımaktadır. Ön kırma ve çekiçli kırıcının kompakt bir yapıda olabilmesi için tasarımın bu gereksinimlere uygun şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Yapılan tasarımda dört ekipmanın bir yapı altında toplanarak kompakt bir yapı elde edilmiştir. Bu yaklaşım, hem yer tasarrufu sağlamakta hem bakım ve işletme maliyetlerini düşürmekte hem de maddi anlamda kazanç elde etmeyi hedeflemektedir.

Kaynakça

- Annoussamy, M., Richard, G., Recous, J. ve Guerif, J. (2000). Change in mechanical properties of wheat straw due to decomposition and moisture. *Applied Engineering in Agriculture*, 16(4), 475-479. doi: <https://doi.org/10.13031/2013.5366>
- Aysun, Ö. (2018). Atık baskılı devre kartlarından değerli metal geri kazanım yöntemlerinin çok ölçütlü karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(2), 3-7. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akufemubid/issue/43970/541295>
- Ayşegül, K. ve Besim, A. (2011). Elektrikli ve elektronik atıkların zararları, yöneti-

- mi ve Türkiye'deki uygulamalarının değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 62(3), 1-12. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iaud/issue/30057/324522>
- Banu, Ç. (2009). *Elektronik atıklardan değerli metal geri kazanımı* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12619/81068>
- Çiğdem, A. (2017). Elektronik atıklar ve çevre sağlığı. *Mühendis ve Makina*, 58(1), 3-5. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/adusbfd/issue/36645/418223>
- Esra, T., Mustafa, Ö. ve Fırat, B. (2019). Baskı devre kartlarındaki değerli metallerin cevher zenginleştirme yöntemleri ile kazanımı. *Mühendis ve Makina*, 60(4), 4-7. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/madencilik/issue/51193/666380>
- İlknur, Ş. (2019). Elektrikli ve elektronik eşya atıklarının geri dönüşümü konusunda halkın bilinç düzeyinin ölçülmesi: Sivas ili örneği. *Mühendis ve Makina*, 57(18), 2-6. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/opus/issue/44324/548371>
- Oluwatobi, I., Okunola, O., Damilola, A. ve Oyebade, D. A. (2018). Development of shredding and washing machine for polyethylene terephthalate (PET) bottles pelletizer. *International Journal of Engineering Science and Application*. <https://www.acarindex.com/international-journal-of-engineering-science-and-application/development-of-shredding-and-washing-machine-for-polyethylene-terephthalate-pet-bottles-pelletizer-1159866>
- Tezcan, Ş. (2021). *Makine Elemanları*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık, s. 48-102.