



ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

SİKLONİK SİSTEMLİ ELEKTRİKLİ DİKEY SÜPÜRGE ENDÜSTRİYEL TASARIMI VE PROTOTİPİ ÜZERİNDE TESTLERİN YAPILMASI

Hakan MADEN^{1*}, Ömer Şaban KAMBER²

^{1*} İhlas Ev Aletleri İmalat San. Ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye.

² İhlas Ev Aletleri İmalat San. Ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: hakanmaden74@gmail.com

(Geliş/Received: 01.04.2019; Kabul/Accepted: 04.05.2019)

ÖZET: Elektrik ev aletleri hayatımızda en çok kullanılan cihazlardır. Bunlardan en çok kullanılan pratik kullanımı olan dikey süpürge grubudur. Dikey süpürgeler az yer kaplamaları pratik ve hızlı bir şekilde temizlik yapmasından dolayı tercih edilmektedir. Bu cihazlar piyasada şebeke elektriğiyle veya şarjlı pille kullanılmaktadır. Piyasada bulunan dikey süpürgeler ortamdaki kirleri emerek iç hazneye depolar, iç haznede bulunan elyaf filtreden hava geçerek dış ortama atılır. İç elyaf filtrenin gözenek boyutuna bağlı olarak dış ortama kirli partiküller dışarıya atılmaktadır. Bu kirli partikülleri önlemek amacıyla siklon sistemli bir dikeye elektrik süpürge tasarımı geliştirilmesi karar verilmiştir. Altı farklı kavram tasarımları yapılmış, kavram izleme/puanlama matrisi uygulanarak en uygun tasarım seçilmesi hedeflenmiştir. Belirlenen tasarım üzerine mühendislik çalışmaları yapılarak üretim yapılacak son hali ortaya çıkmıştır. Yapılan tasarımların prototip üretimi için gerekli model ve destek malzeme miktarı, prototip maliyeti hesabı yapılmıştır. Stratasys firmasının FDM 360MC makinasında prototip üretimleri yapılmış ve parçaların montajları yapılmıştır. Prototipten üretilip montaj edilen dikey süpürge üzerinde kalite kontroller yapılması, toz tutma ve ses ölçümleri testlerin yapılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: FDM prototip üretimi, Prototip maliyet hesabı, Siklon tasarım, Toz tutma, Yüzey işlemleri.

INDUSTRIAL DESIGN OF ELECTRICAL VERTICAL CLEANER WITH CYCLONIC SYSTEM AND MAKING TESTS ON ITS PROTOTYPE

ABSTRACT: Electrical household appliances are the most used devices in our lives. The most common of these is the vertical vacuum cleaner group. Vertical sweepers are preferred because of the fact that small floor coverings can be cleaned quickly and practically. These devices are used in the market with mains electricity or with a rechargeable battery. The commercially available vertical vacuum cleaners absorb the dirt from the environment and store them in the inner chamber. Depending on the pore size of the inner fiber filter, contaminated particles are expelled into the external environment. In order to prevent these dirty particles, it was decided to develop a vacuum cleaner design with a cyclone system. Six different concept designs were made and the concept tracking / scoring matrix was applied to select the most suitable design. Engineering studies were carried out on the design and the final production was made. The model and support material required for the prototype production and the prototype cost were calculated. Stratasys company's FDM 360MC machine has been prototyped and assembled. It is aimed to carry out quality checks on the vertical broom, which is produced and assembled from the prototype, to perform dust tests and sound measurements.

Keywords: Cyclone Design, Dust Holding, FDM Prototype Production, Prototype Cost Counting.

1. GİRİŞ

Dünyadaki teknolojinin değişmesiyle mevcut ürünlerinde bu gelişmeye ayak uydurması gerekmektedir. Aksi takdirde ürünlerin satış rakamlarında düşüş baş göstererek ve piyasadan ürünün üretimine son verilmesine kadar sürecektir. Teknolojiye ayak uyduran ürünler piyasada uzun zamanlar kalmasını sağlayacaktır. Ürünler teknolojiye ayak uydururken aynı zamanda ürünlerin tasarımları da o döneme uygun olarak yapılması gerekmektedir.

Yeni ürünler tasarlanmasında önemli bir adım kavramsal tasarımların üretilmesidir. Kavramsal tasarım sürecindeki tasarım fonksiyonları, yeni kavram geliştirme, yeni ürün düzenlemesi mühendisliği ve müşteri ihtiyaçlarına iyileştirilmesini içine alan teknik faaliyetler dizidir [1]. Ürün geliştirme aşamaları, birçok karar noktaları içine almaktadır. Kötü bir tasarım kavramı nadiren daha sonraki aşamalarında telafi edilebilmektedir. Bu nedenle en kritik karar noktalarını yönetmek için tasarım kavramı başlangıcında değerlendirilmelidir. Bu tasarım ilk aşamalarında uygulandığında ürün geliştirme maliyetinin %70'e kadar azaltılmaktadır. Başarılı bir tasarım kavramı maliyet ve ürün geliştirme zamandan tasarruf sağlamaktadır [2].

Bir ürünün amacı piyasada farklı, başarılı ve yenilikçi olmalıdır [3]. Yenilik değerlendirilirken, çeşitli ölçütler veya etkenler bize bir ürünün yenilikçi olup olmayacağını tahminde yardımcı olabilir. Değerlendirmedeki ölçütler ürün başarısı için bir dizi çeşitli bibliyografik referanslarla seçilmelidir [4]. Bu etkenler bir görev kontrol listesi halinde uygulandığı gibi puanlama şeklinde de yapılmakta, ölçütlere göre ürün geliştirmesinde dikkate alınmaktadır. Ürün geliştirmesi tamamlana kadar ürünün yenilikçi olup olmadığı bilinmemektedir [5]. Farklı kavramları değerlendirmek için dört farklı yöntemle analiz uygulamışlardır. Bu dört yöntem nitel aday çözümleri yapmaktır. Elde edilen karşılaştırmaların sonuçları tasarımcı ve / veya tasarım ekibi içinde bilgi birikimi deneyimi bağlıdır [6].

Konvansiyonel yöntemlerle numune ürün üretilmesi ve kontrollerin yapılması, ürün maliyetinin yüksek olmasına ve zaman almaktadır. Numune ürün üzerinde yapılan kontrollerde tasarım hataları varsa tasarım üzerinde değişiklikler yapılarak tekrar numune üretim yapılır. Fakat bu döngünün çok fazla olması istenmemektedir. Yeni gelişen teknoloji ile prototip üretilmesi için yapılan tasarım CAD yazılım programında stereolitografi (STL) formatında bir dosya olarak kaydedilir. Prototip makinası uyumlu bir programda kaydedilen dosyayı açar ve datayı tabana paralel kesitler dilimler. Yapılacak dilimler makinan iş alanına ve işleme yüksekliklerine uyumlu olmalıdır. Bu programlar prototip üretimde daha hassas ayarlamalar yapabilmesine sağlamakta hem de üretimin her aşamasını takip edilmesini sağlamaktadır [7].

Numune parçanın üretilmesindeki amaç seri üretim öncesi tasarımın doğrulanması, ergonomiye uygunluğu, antropometrik açıdan kontrolü, çalışma kontrolü, üretilebilir olma durumu ve montaj ve demontaj kontrol edilerek değerlendirme yapılması sağlamaktadır [8]. Yeni gelişen teknoloji yapılan imalat ile geleneksel yöntemler yapılan imalattaki gibi katı malzemeden talaş kaldırarak yapılmamakta, onun yerine tabandan katmanlar halinde tasarıma göre ekleme yaparak prototip üretimi yapmaktadır [9]. Oak Ridge şirketiyle üç ortak ve Teksas Üniversitesi bünyesinde kurulan üç boyutlu araştırma merkezi kurmuşlar, burada üç boyutlu yazıcı tasarımı geliştirilmesi yapılması hedeflenmiştir [10]. Gelecek yıllarda elektronik sistemler ve değişik malzemelerin bir araya getirilmiş ürünler üç boyutlu yazıcılardan üretileceği dile getirilmektedir. 2030 yılına kadar dövme, kalıplama ve konvansiyonel tekniklerin yerine geçeceği tahmin edilmektedir. Çoğu uçak üreten firmalar bazı parçalarını üç boyutlu yazıcılardan üreterek kullanmaktadır. Yeni gelişen bir teknoloji olmasına rağmen ASTM

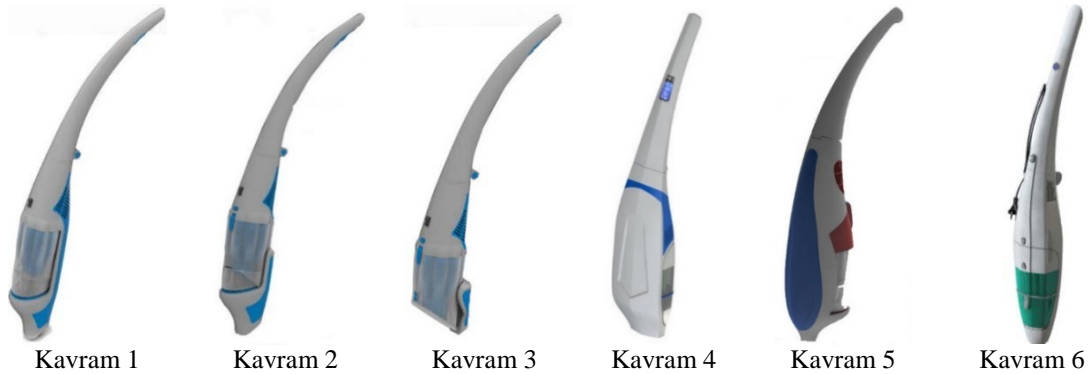
(American Society for Testing and Materials - Amerikan Malzeme ve Test Cemiyeti) standart geliştirmesi yapmaktadır. [11].

Ortalama yzey kalitesi ve modelin üretim sürelerini amaç olarak belirleyerek çok kriterli bir genetik algoritma geliştirmişler ve değişik yönelimleri simule etmişlerdir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde; önceden seçilmiş parça oryantasyonlarının kullanılması yerine tüm muhtemel oryantasyonların gözden geçirilerek buna göre en uygun yönelimin seçilmesi gerektiği anlaşılmıştır [12-14]. Pandey'in çalışmasına benzer olarak yzey pürüzlülüğünü azaltmayı amaçlayan en uygun parça oryantasyonunun belirlenmesinde, bulanık mantık tabanlı bir genetik algoritma kullanmışlardır. Yzey pürüzlülüğünü en aza indirecek üretim yönünün aynı zamanda destek malzemesinde ve üretim sürelerinde de azalmayı sağlayacağını belirtmişlerdir [15]. Masood ve ark. FDM tekniği ile parçaların üretilmesi esnasında karşılaşılan hacimsel hataları ölçerek minimum hacimsel hata ile en iyi parça yönelimini elde edecek bir yöntem geliştirmişlerdir [16-18].

Yapılacak bu çalışmada gelişen teknolojiyle siklon sistemli el süpürgesi kavram tasarımları yapılmıştır. Geliřtirilen kavram tasarımları kavram izleme/puanlama matrisiyle en uygun tasarımı belirlenmesidir. Seçilen kavram üzerinden mühendislik çalışmaları (hareket mekanizması, montaj için gerekli imalat boşlukları, kitleme tırnak yapıları ve bağlantı vida yuvaları) yapılmıştır. Mühendislik çalışmaları yapılan parçaların prototip destek malzeme miktarları ve zamanları hesaplanması hedeflenmiştir. Prototip makinasın ölçülerine göre plastik parçaların üretimleri hedeflenmiştir. Daha sonra bu parçalar bir araya getirilerek montajlar yapılarak mühendislikteki hatalar tespit edilmesi hedeflenmiştir. Cihaz çalıştırılarak süpürme, hareket ve toz tutma testleri yapılması hedeflenmiştir.

2. ELEKTRİKLİ DİKEY SÜPÜRGENİN KAVRAM TASARIMI

Siklon sistemli elektrikli dikey süpürgesi geliştirilmesi için altı farklı kavramsal tasarımları solidworks programıyla yapılmıştır. Şekil 1'de bu kavramlar gösterilmiştir. Bu kavramlar hepsi tutma kolları kırılabilir şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 1. Kavram tasarımlar







2.1. Kavram Değerlendirme Matrisi Yapılması

Yapılmış altı farklı kavram tasarımları Kavram İzleme ve Kavram Puanlama Matrisleri ile karşılaştırma yapılmıştır [19]. Bu karşılaştırma Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

Kavram seçimi ürün geliştirme işleminin bir parçasıdır. Kavram İzleme Matrisiyle referans olarak seçilen kavrama belirlenen ölçütlere göre "+", "-“ ve “0” olarak değerlendirilir (Tablo

1). Kavram İzleme matrisinden seçilen kavramlar Puanlama matrisiyle referans olarak belirlenen kavrama belirlenen ölçütlere göre 1'den 5 'e kadar puanlandırılıp ölçütlerin ağırlık oranına hesaplanır (Tablo 2'de Kavram Puanlama matrisinden en yüksek puan alan kavram seçilen kavramdır).

Tablo 1. Kavram İzleme Matrisi





	KAVRAMLAR					
	Kavram 1	Kavram 2	Kavram 3	Kavram 4	Kavram 5	Kavram 6
Bağıl Derecelendirme + : Referanstan iyi 0 : Referansta aynı - : Referanstan kötü						
(Referans)						
Estetik Görünüm	0	-	-	+	0	+
Kolay Taşınabilirlik	0	0	-	0	0	+
Az Yer Kaplaması	0	0	0	0	-	0
Teknolojik Özellikler	0	0	0	+	+	+
Cihazın Dik Durması	0	-	-	0	+	+
Parça Ağırlığı [g]	0	+	+	-	-	-
“+” ların toplamı	0	1	1	2	2	4
“0” ların toplamı	8	3	2	3	2	1
“-“ ların toplamı	0	2	3	1	2	1
Toplam Puan	0	-1	-2	1	0	3
Sıra	3	5	6	2	4	1
Devam?	Geliştir	İptal	İptal	Geliştir	Geliştir	Devam

2.2. Kavram Tasarımının Belirlenmesi

Siklon sistemli elektrikli dikey süpürgesi için kolay kullanım ve estetik bir görünüm gibi özellikler göz önüne alınarak altı farklı kavram tasarım yapılmıştır. Kavram İzleme Matrisinde estetik görünüm, kolay taşınabilirlik, az yer kaplaması, teknolojik özellikler, cihazın dik durması ve parça ağırlığına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede Kavram 3 ve Kavram 2 başarısız bulunmuş, diğer kavramlar Puanlama Matrisine geçilmiştir.

Kavram Puanlama Matrisinde seçim ölçütlerine ağırlıklar atanarak, Tablo 2'de birbirleriyle kıyaslanmıştır. Kavram Puanlama Matrisinden çıkan sonuca göre Kavram 6 diğer tasarımlara göre daha yüksek puan almıştır.

Tablo 2. Kavram Puanlama Matrisi

	KAVRAMLAR								
	Kavram 1	Kavram 4	Kavram 5	Kavram 6					
Bağıl Derecelendirme									
1: Referanstan oldukça kötü									
2: Referanstan kötü									
3: Referansla aynı									
4: Referanstan iyi									
5: Referanstan oldukça iyi									
	(Referans)								
Seçim Ölçütleri	Ağırlık	Derece	Ağırlık Puanı	Derece	Ağırlık Puanı	Derece	Ağırlık Puanı	Derece	Ağırlık Puanı
Siklon Âdeti	%20	3	0,60	4	0,80	5	1,00	4	0,80
Toz Hazne Kapasitesi	%40	3	1,20	4	1,60	4	1,60	5	2,00
Estetik Görünüm	%40	3	1,20	4	1,60	3	1,20	5	2,00
Toplam Puan			9,0		16,0		15,0		23,2
	Sıra		4		2		3		1
	Devam?		İptal		İptal		İptal		Seçilen Kavram

Kavram 6'ün seçilmesinden en önemli etkenin estetik görünüm en yüksek olması ve toz haznesinin yüksek olmasıdır. Müşteri için öncelikli olan ürünün dış görünüşü ve toz haznesi boşaltmadan tek seferde temizlik yapabilmesidir. Bu da toz haznesinin yüksek olması gereksinimi ortaya koymaktadır.

3. MÜHENDİSLİK TASARIMLARIN YAPILMASI

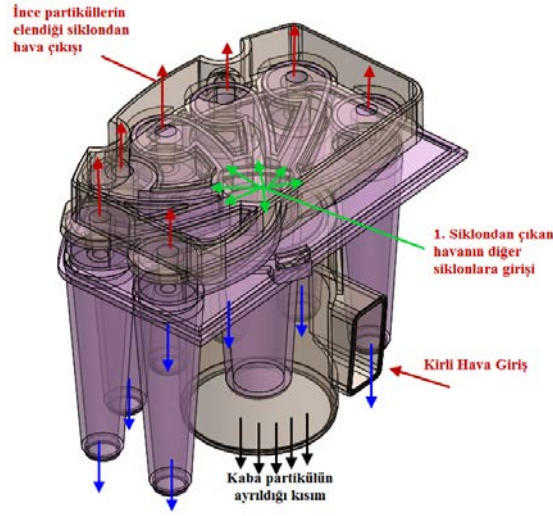
Seçilen kavram tasarımı üzerinde mühendislik çalışmaları yapılmıştır. Yapılan mühendislik çalışması sonucunda toplam 32 adet plastik parça kalıbı yapılarak kendimiz üretimini yapacağız, 30 adet parça dışarıdan bizim belirleyeceğimiz özellikler hazır alınması planlanmıştır.



Şekil 2. Seçilen kavramın mühendislik çalışması

Şekil 2'de kavram 6'nın mühendislik çalışması görünmektedir. Emiş motorun etrafına yapılan izolasyon sayesinde cihazın ses seviyesi düşürmesi düşünülmüştür. Bu cihazımızda 7+1 siklon sistemi düşünülmüştür. Emilen kirli hava ilk önce ortadaki büyük siklona girerek kaba kirleri burada elemektedir. Daha sonra bu siklondan çıkan kirli hava diğer 7 siklona aynı anda giriş yaparak ince tozlarına burada elenmektedir. Bu siklonlardan çıkan hava hepa filtreden geçerek

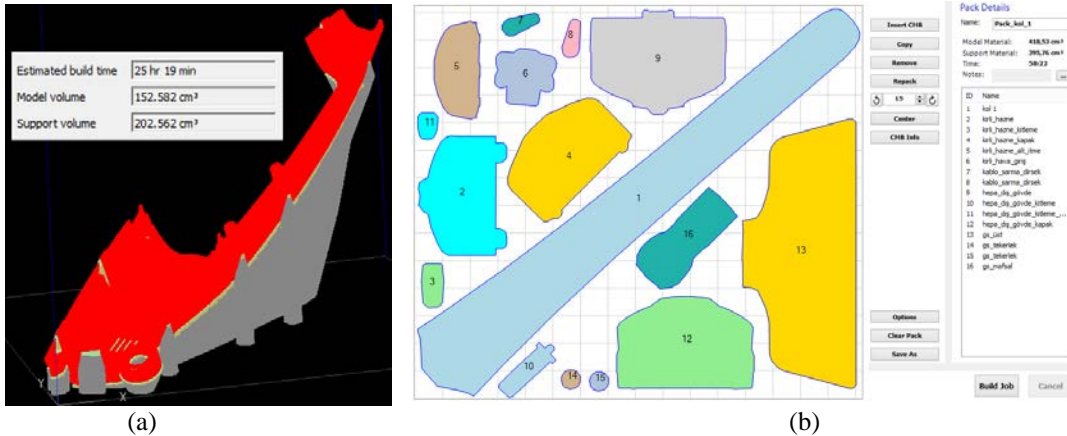
motor üzerinden geçerek tekrar hepadan geçirilerek dış ortama atılmaktadır. Şekil 3’de siklon sistemi görülmektedir.



Şekil 3. Seçilen kavramın siklon yapısı

4. PROTOTİP ÜRETİMİ İÇİN GEREKLİ MALZEME VE MALİYET ANALİZİ






Mühendislik çalışması yapılan süpürge için 32 parçası STL uzantılı dosyaları hazırlanmıştır. Bütün parçaların şekil 4-a’da gösterildiği gibi model ve destek malzemenin takım yolları oluşturulmuştur. Şekil 4-b’de gösterildiği prototip makinasının tablasına parçaların yerleştirilmesi yapılarak prototipleri üretilmiştir.



Şekil 4. a) Prototipin takım yolu b) Prototiplerin tezgâh tablasına yerleşimi

Takım yolu oluşturulan parçaların Şekil 4-a’da gösterildiği gibi model, destek malzeme miktarları ve zamanları görülmektedir. Tablo 3’de bütün en büyük 5 parçanın ve diğer parçaların toplam değerleri gösterilmiştir. Bir kartuş model ve destek malzeme toplam 1510 cm³ hacindedir. Bir kartuş model malzeme 504,4 USD, destek malzeme 540,8 USD değerindedir.

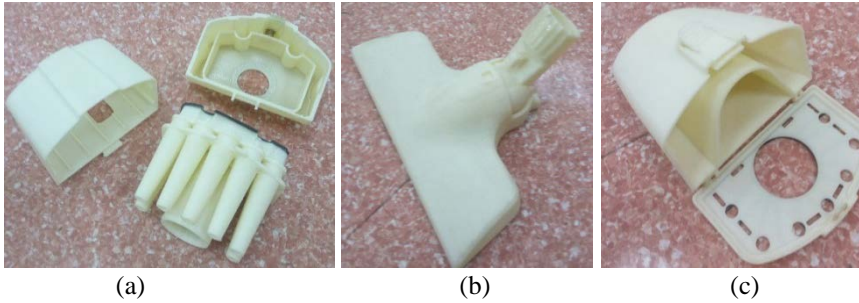
Tablo 3. Prototip malzeme kullanım miktarı ve maliyeti

Parça Resmi/Adı	Birim Fiyatı (USD)	Kullanılan Malzeme Miktarı	Zaman	Maliyet
1  Ana Gövde Sağ	Model Malzeme	504,4	25 saat 19 dakika	194 ₺
	Destek Malzeme	540,8		202,562
2  Ana Gövde Sol	Model Malzeme	504,4	23 saat 32 dakika	189 ₺
	Destek Malzeme	540,8		190,187
3  Tutma Kolu Üst	Model Malzeme	504,4	10 saat 40 dakika	137 ₺
	Destek Malzeme	540,8		78,047
4  Tutma Kolu Alt	Model Malzeme	504,4	16 saat 40 dakika	130 ₺
	Destek Malzeme	540,8		228,046
5  Ana Gövde On Panel	Model Malzeme	504,4	13 saat 55 dakika	106 ₺
	Destek Malzeme	540,8		80,5
6 27 Diğer Parça	Model Malzeme	504,4	93 saat 2 dakika	893 ₺
	Destek Malzeme	540,8		397,69
Toplam	Model Malzeme	504,4	185 saat 8 dakika	1.649 ₺
	Destek Malzeme	540,8		1177,032
PROTOTİP TOPLAM MALİYET VE ZAMAN			7 gün 17 saat	3.250 ₺

Tablo 3’de görüldüğü gibi el süpürgenin plastik parçaların prototip imalatı için model malzemeden 1298 cm³, destek malzemeden 1177 cm³ gerekmektedir. Buda yaklaşık 1 kartuş model ve 1 kartuş destek malzeme gerekmektedir. Dikey süpürgesinin üretimi yaklaşık olarak hiç durmadan 8 gün gibi süre alacak ve sadece malzeme maliyeti 3 250₺ olacaktır.

5. PROTOTİP İMALATI VE TESTLERİN YAPILMASI

Prototip imalat için gerekli takım yolları oluşturulduktan sonra parçaların üretimleri yapılmıştır. Parçaların destek malzemeleri temizlendikten sonra parçaların montajları yapılmıştır.



Şekil 5’de dikey süpürgesinin parçalarından siklon grubu, günlük süpürgenin ve kirli toz haznesinin yapılmış prototipleri ve birbiri ile montajlanmış halleri görülmektedir.



Şekil 6. Bütün parçaların prototipleri ve kol kitleme kısmı

Şekil 6’da üretilen bütün prototipleri ve parçaların montajları yapılmış durumları görülmektedir. Kol kısmını kitleme mekanizması görülmektedir.



Şekil 7. El süpürgesinin prototip montajlanmış hali

Şekil 7’de dikey süpürgesi montajı yapılmış ve mekanizma hareketleri çalışır vasıyetteki hali görülmektedir. Prototipi montaj yapılan ürün üzerinde teknik incelemeler (mekanizma hareketleri, siklon hazne montajı, kirli toz hazne montaj/demontaj kolaylığı, süpürme hareket kolaylığı, dik durma ve kol kırma hareketi) yapılmıştır. Bu incelemeler sonucunda kirli toz haznesi biraz zor montaj/demontaj edilmekte ve koldaki tutma yeri antropometrik ölçülere uygun olmadığı görülmüştür. Bu kısımları mühendislik tasarımında değiştirerek tasarım iyileştirmesi yapılacaktır.

Montajı yapılan ürün üzerinde teknik incelemeler bittikten sonra toz tutma ve ses seviye ölçümleri yapılacaktır. Şekil 8’de toz tutma testin yapılacağı cihaz [20], şekil 9’da ses seviyesinin ölçüleceği cihaz görülmektedir [21].

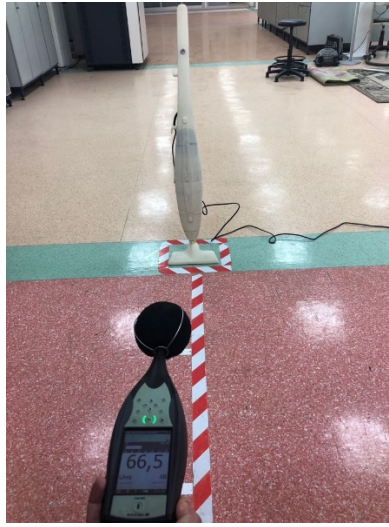


Şekil 8. Airy Technology model P311 partikül ölçüm cihazı



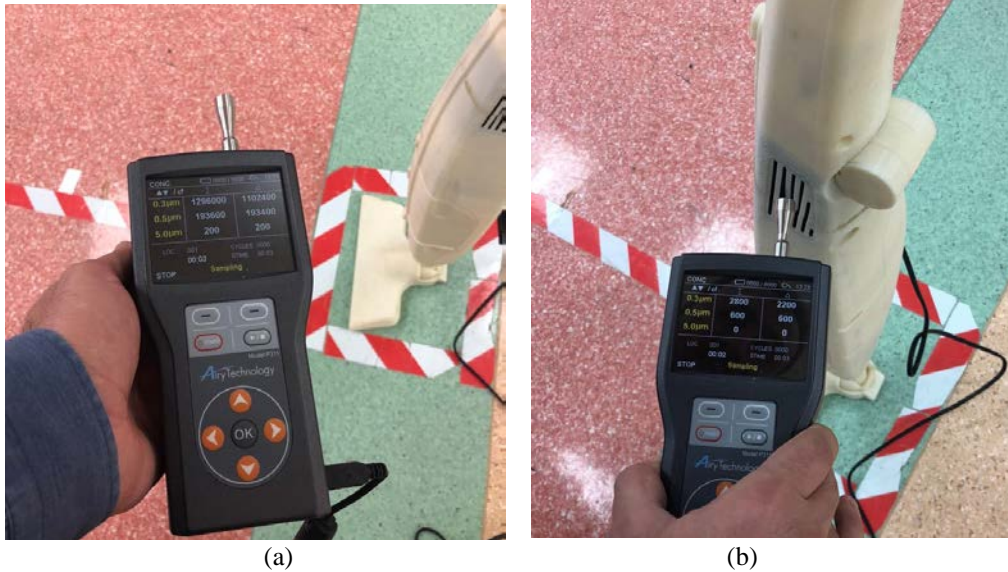
Şekil 9. Brüel kjaer 2250-S ses ölçüm cihazı

Dikey süpürgesinde kullanılan motorun normal ses seviyesi 85dB olarak ölçülmüştür. Motor prototip üzerinde montaj yapıldıktan sonra yapılan ölçümlerde 66,5dB olarak ölçülmüştür. Şekil 10’da ses ölçümü görülmektedir. Bu ses seviyesi prototip malzemeden dolayı biraz daha yüksek çıkmaktadır. Motorun etrafında kullanılan polipropilen malzeme kullanılacaktır. Bu malzeme ses titreşimleri az miktarda olsa absorbe edecektir. Ses seviyesinin seri imalata geçildiğinde 64-65dB olması ön görülmektedir.



Şekil 10. Ses ölçümü yapılması

Cihazın girişinden ve çıkışından partikül ölçümleri yapılarak siklon sisteminin ve hepa filtrelerinin işlevini yerine getirip getirmediği kontrol edilir. Şekil 11’de cihazın giriş ve çıkışında partikül sayıları görülmektedir.



Şekil 11. (a) Ortamdaki partikül seviyesi (b) Cihaz çıkış partikül seviyesi

Yapılan partikül ölçümlerinde siklon sistemli el süpürgesi tasarımı yüksek miktarda toz tutma işlevini yerine getirdiği görülmüştür.

Tablo 4. Prototipli cihazın toz tutma oranı

	Giriş Toz Seviyesi	Cihaz Çıkış Toz Seviyesi	Toz Tutma Oranı
0,3 µm	1296000	2800	99,782
0,5 µm	193600	600	99,69
5,0 µm	200	0	100

Tablo 4’de ortamdaki toz miktarı ve cihazın hava çıkışındaki ölçülen toz miktarları görülmektedir. Dikey süpürgenin toz tutması %99,7 oranda olmaktadır. FDM yöntemiyle prototiplerin üretimi yapıldığından yüzeydeki pürüzlülüklerden dolayı toz kaçakları olabilmektedir. Parçaların normal üretimi olduğunda toz tutma miktarı daha fazla artacaktır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada siklon sistemli elektrikli dikey süpürgesinin 7 farklı kavram tasarımları yapılmıştır. Bu yapılan kavram tasarımları arasında kavram izleme matrisi, kavram puanlama matrisi uygulanmış ve tasarımlardan bir tane seçilmiştir. Seçilen tasarımın üzerinde mühendislik çalışmaları yapılmıştır. Dikey süpürge cihazı toplamda 32 adet plastik parça ve 30 adet hazır parçadan oluşmaktadır. Plastik parçalarının prototip için takım yolları hazırlanmıştır. Prototip üretimi için malzeme maliyeti 3250₺ olarak hesaplanmış ve zaman olarak 8 günde üretim sürecektir. Bütün parçaların prototip imalatı yapılarak montajları yapılmıştır. Yapılan montaj ve teknik kontrolden sonra parçanın mühendislik çalışmasının tasarım iyileştirmesi yapılamaya karar verilmiştir. Eğer ürünün prototipi yapılmadan direk olarak kalıpları yapılmış olsaydı, bize kalıp tadilat /yeni kalıp maliyeti yüksek ve zaman kaybında neden olacaktır. Prototip üretimi sayesinde hem maliyet hem de zamandan tasarruf sağlamış olmaktadır. Ürün üzerinde ses ve toz tutma testleri yapılmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre cihazın sesi 66,5dB olarak ölçülmüştür. Partikül ölçümünde cihaz çıkışında %99,7 oranında toz tutma yaptığı görülmüştür.

7. KAYNAKLAR

- [1] Li, W., Li, Li., Wnag, J.and Liu, X. (2010) The Process Model to Aid Innovation of Products Conceptual Design. Expert Systems with Applications, 4, 3574-3587.
- [2] Nevins, J. and Whitney, D. (1989) Concurrent design of products and processes: A strategy for the next generation in manufacturing. McGraw-Hill Companies. New York.
- [3] Schumpeter, J. (1990) Capitalism, Socialism and Democracy. Harper. New York.
- [4] Popp, D. (2005) Lessons from patents: Using patents to measure technological change in environmental models. Ecological Economics, 54, 209-226.
- [5] Daniel, J., Rosario, V., Eñaut, A., Vicente F. and Ester, V.J. (2007) Evaluation Method For Selecting Innovative Product Concepts With Greater Potential Marketing Success. International Conference On Engineering Design, Iced’07, Paris, Fransa, 318-330
- [6] Ullman, D.G. (1992) The mechanical design process. McGraw-Hill, Inc. New York.
- [7] Ashby, M. and Johnson, K. (2002) Materials and Design. Elsevier, London, s.256,257.

- [8] Özgür, B. (2006) Hızlı prototipleme teknikleri ile kompleks yapıdaki parçaların üretilebilirliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans tezi, Makine Eğitim Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- [9] Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır M.K. and Duysak, (2013) A. Rapid prototyping technologies and application areas. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 31, 53-70.
- [10] Greenemeier, L. (2013) To Print the Impossible, Will 3-D printing transform conventional manufacturing. Scientific American, 5,44-47.
- [11] TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, (2018). Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi. Erişim Tarihi: 20.12.2018. Link: http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi168/d168_3540.pdf.
- [12] Thrimurthulu, K., Pandey, P.M. and Reddy, N.V. (2004) Optimum part deposition orientation in fused deposition modeling. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 44(2), 585-594.
- [13] Thrimurthulu, K., Pandey, P.M. and Reddy, N.V. (2004) Optimal part deposition orientation in FDM by using a multicriteria genetic algorithm. International Journal of Production Research, 42(19),4069-4089.
- [14] Pandey, P.M., Reddy, N.V. and Dhande, S.G. (2007) Part deposition orientation studies in layered manufacturing. Journal of materials processing technology, 185(2), 125-131.
- [15] H.S. Byun and K.H. Lee, "Determination of the optimal part orientation in layered manufacturing using a genetic algorithm," International journal of production research, vol. 42, no. 13, pp. 2709-2724, 2005.
- [16] Masood, S.H., Rattanawong, W. and Iovenitti, P. (2000) Part build orientations based on volumetric error in fused deposition modelling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 16(3), 162-168.
- [17] Masood, S.H., Rattanawong, W. and Iovenitti, P. (2001) A volumetric approach to part-build orientations in rapid prototyping. Journal of Materials Processing Technology, 119(1), 348-353.
- [18] Masood, S.H., Rattanawong, W. and Iovenitti, P. (2003) A generic algorithm for a best part orientation system for complex parts in rapid prototyping. Journal of materials processing technology, 139(1), 110-116.
- [19] Göloğlu, C., Aldemir, İ. ve Yılmaz, G. (2006) Özgün Ürün Tasarımı ve İmalat Süreç Planlaması. Teknoloji Dergisi, 9(4), 253-261.
- [20] Handheld Particle Counter Model P311, (2018). Erişim Tarihi: 20.12.2018. Link: <http://airytechnology.com/model-p311-handheld-particle-counters/>.
- [21] Handheld Analyzer Type 225, (2018). Erişim Tarihi: 20.12.2018. Link: <https://www.bksv.com/en/2250>.