




Metalografik Mikroyapı İncelemelerinde Kullanılmak Üzere Çok İstasyonlu Numune Zımparalama ve Parlatma Makinesinin Tasarımı ve İmalatı

Aybars Mahmat^{1*}, Nihat Tosun², Salih Açar¹

¹Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 62000, Tunceli, Türkiye

²Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 23000, Elazığ, Türkiye

*aybarsmahmat@munzur.edu.tr , ntosun@firat.edu.tr , salihagar@munzur.edu.tr 

Makale gönderme tarihi: 19.10.2020, Makale kabul tarihi: 29.12.2020

Öz

Teknolojinin sürekli değişip gelişmesiyle birlikte, birçok alanda yeni makine ve cihazlar insanlığın kullanımına sunulmaktadır. Bu çalışmada, metalografik incelemeler yapmak için, numune hazırlama aşamalarından biri olan ve tam otomatik olarak çalışacak bir numune zımparalama ve parlatma makinesinin tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Bu amaçla, daha önceden imal edilmiş numune zımparalama ve parlatma makineleri incelenerek, bu makinelerde görülen eksiklik ve aksaklıklar dikkate alınarak, yeni bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Yapılan tasarımda, makinenin otomatik olarak beş farklı istasyonda numuneyi zımpara üzerinde tutan basınç değeri ve zımparalama süresi ayarlanabilmektedir. Beş farklı istasyonda ve her istasyonda arzu edilen tane büyüklüğünde farklı zımparalar yerleştirilmek suretiyle istenilen kalitede numune yüzeyi elde edilecektir.

Anahtar Kelimeler: İmalat, metalografi, metalografik numune, numune hazırlama, parlatma, zımparalama

Design and Manufacture of a Multi-Station Sanding and Polishing Machine for Metallographic Microstructure Studies

Abstract

Together with the constant change and development of technology, new machines and devices are offered to humanity in many areas. In this study, a sample grinding and polishing machine, which is one of the sample preparation stages and which will operate fully automatically, has been designed and manufactured for metallographic examinations. For this purpose, previously manufactured sample sanding and polishing machines were examined and a new design was made by taking into account the deficiencies and malfunctions seen in these machines. In the design, the pressure value and the sanding time can be adjusted, which keeps the sample on the sandpaper in five different stations automatically. By placing different abrasives in the desired grain size at five different stations and at each station, the desired quality sample surface can be obtained.

Keywords: Manufacture, metallography, metallographic specimen, sample preparation, sanding, polishing

GİRİŞ

Numunelerin metalografik mikroyapı incelemelerinde, gerçek mikroyapı görüntülerini elde etmek için mümkün olduğunca düz ve yüksek kalitede bir yüzey elde etmek için bir zımparalama ve parlatma işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Metalografik numune hazırlama işleminde mekanik numune hazırlama işlemi yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemler parlatma ve zımparalama işlemleridir. Numune yüzeyinden ilk olarak zımparalama işlemi yapılarak mekanik malzeme alma işlemi gerçekleştirilir. Zımparalama

işleminde sonra yapılan parlatma işleminde, en kısa sürede malzeme yüzeyinde hasar meydana getirmeden pürüzsüz yüzeyler elde etmektir. Parlatma işleminde amaç her bir kademede oluşan hasarın giderilmesidir. Parlatma işleminde kullanılan ince tane boyutlu aşındırıcı parçacıklar bu hasarın giderilmesini sağlar (Samuels, 2003; Geels, 2007).

Metalografik zımparalama işlemi, numunenin özellikleri ve yapısıyla ilgilidir. Gelişi güzel şekilde yapılan numune hazırlama işlemi ile

Araştırma makalesi/Research article
 DOI: 10.29132/ijpas.812497

sistematik ve doğru sarf malzemeleriyle yapılan işlem arasında fark oldukça fazla olacaktır. Şöyle ki numune hazırlama işlemi sonunda mikroyapı incelemesi aşamasında hazırlamadan kaynaklanan birçok hata mikroyapının yanlış okunmasına sebep olabilir. Metalografik numune hazırlamada geçilen her kademedeki zımpara aşamasında, zımparanın tane boyutu kadar hasar verilerek ve zımpara tane boyutları küçültülerek hasar oranı düşürülür ve yüzey pürüzsüzleştirilir (Bülbül, 2011).

İlk aşındırıcı makineler SKF Steel AB (İsveç) firması tarafından 1970'ten önce üretilmiş ve daha sonra Struers firması tarafından düzenlenen 1970'teki sempozyumda otomatik numune hazırlama için ilk fikir ortaya atılmıştır (URL-1, 2014). Bu fikir SKF Steel AB (şimdi Ovaka Steel AB) çelik firması tarafından ortaya atılmış ve düşük hızlı ilk düzlem kaba zımparalama işlemi yapan prototip 1971 yılında üretilmiştir. Barbuto (1993) seramiklerin parlatılması için Struers otomatik parlatma makinesini dikkate alarak incelemiş ve farklı prosedürler geliştirmişlerdir. Bu prosedürler sonucunda çok kaliteli ürünler elde etmişlerdir. Furukawa ve ark. (1996) endüstriyel bir robotun bileğine monte edilmiş bir numune tutucu kullanarak otomatik bir parlatma sistemini araştırmışlardır. Bu sistem, üç boyutlu bir yüzeyin parlatılması için kullanılmıştır. Wang ve Wang (2009) taguchi yöntemini kullanarak yüzey pürüzlülüğünü incelemek için özel bir parlatma makinesi geliştirmiştir. Erinle ve ark. (2011) düz ve pürüzsüz bir yüzey elde etmek için metalleri zımparalayan ve parlatan metalografik parlatma makinesini incelemiş ve geliştirmiştir. Kandpal ve ark. (2012) zımparalama sırasında farklı zımpara kâğıdı türlerini dikkate alarak metal aşındırma oranını inceleyerek bir zımparalama makinesi üretmişlerdir. Akinlabi ve ark. (2013) bir laboratuvar parlatma makinesi geliştirmiştir. Metalik numunelerin parlatılması için kendi yerli teknolojilerini geliştirdiler. Metalografi endüstrisinde son kullanıcılar tarafından geliştirilen bir makinenin kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır.

İlk üretilen parlatma cihazları tamamen insan faktörüne bağlı olarak düşük hassasiyete sahip olan makinelerdir. İlerleyen süreçte üretilen parlatma makineleri hassasiyet bakımından çok yüksek düzeylere ulaşmış ve bu makinelere insana bağlı olmadan, otomatik olarak çalışabilme yeteneği kazandırılmıştır. Ancak birçok parlatma işlemi seri halde yapılamamaktadır. Tek istasyonlu makinelerde

zımparalama kâğıtlarının değişimindeki zaman kaybı olması ve farklı meshlerde otomatik olarak çalışılması mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmanın özgün değeri; tam otomatik bir parlatma makinesi geliştirilerek metalografik numunelerin zımparalanması ve parlatılmasının çok istasyonlu otomatik bir şekilde gerçekleştirilmesi, hem hassasiyet ve zamandan kazanç hem de en önemli insan gücü gereksinimini minimize etmesidir.

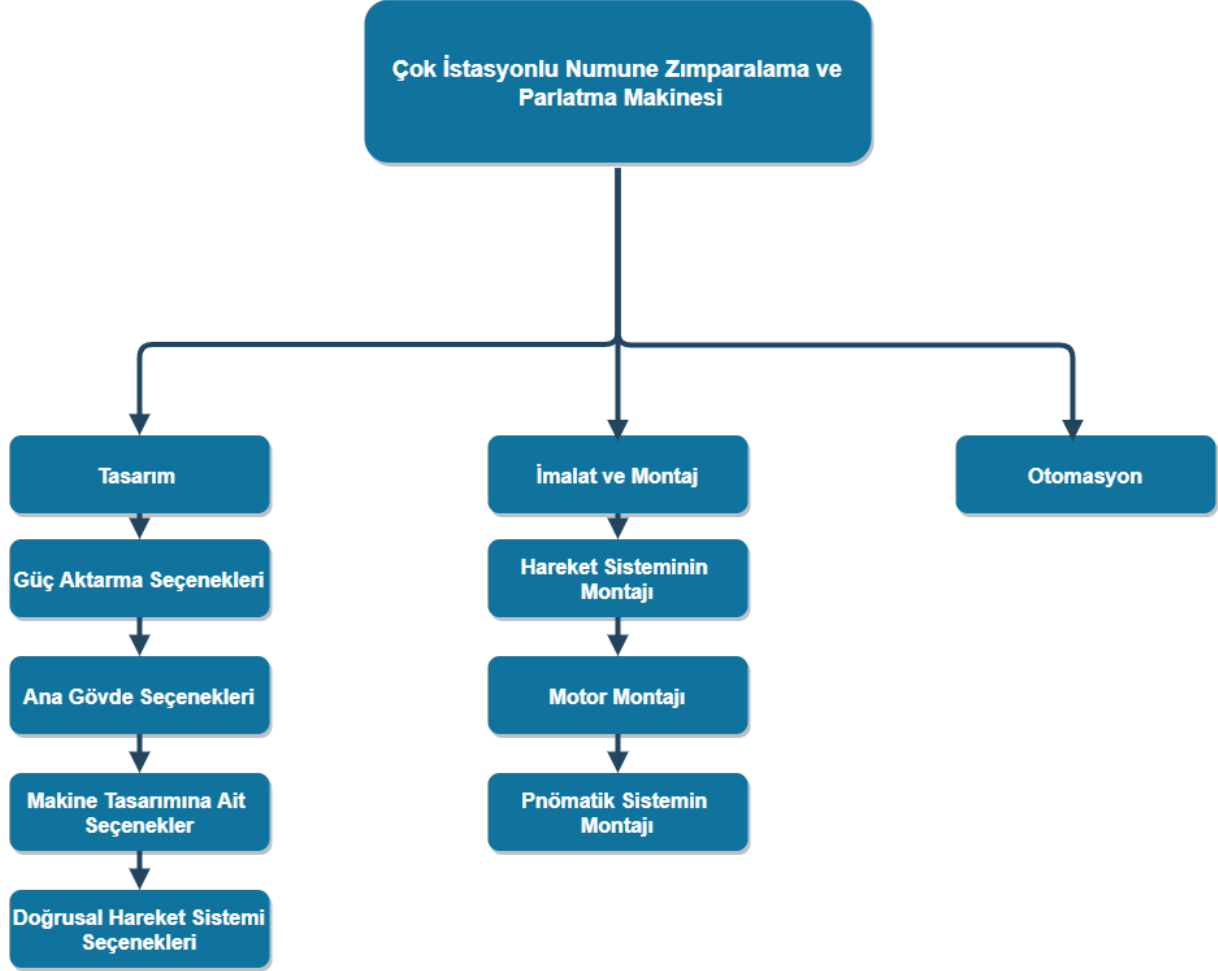
İmalat sanayiindeki gelişmeler ve teknolojinin durdurulamaz ilerleyişiyle birlikte birçok alanda olduğu gibi, numune zımparalama ve parlatma makinelerinin de ihtiyaçlar doğrultusunda teknolojik olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, dünya ve ülkemiz sanayisinin taleplerine uygun olarak otomatik olarak çalışan, metalografik incelemeler için bir numune zımparalama ve parlatma makinesinin tasarımı, imalatı ve otomasyonu yapılmıştır. Bu amaçla, CAD programları kullanılarak makinenin tasarımını takiben imalatı, montajı ve otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, daha önceden imal edilmiş numune zımparalama ve parlatma makineleri referans alınarak bir takım hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmadaki tasarımın farkı, numunenin parlatma işleminin 5 farklı kademede otomatik olarak gerçekleştirilmesidir. Ayrıca her zımparadaki basınç değeri ve süresi otomatik olarak değiştirilebilmektedir.

MATERYAL VE METOT

Numune zımparalama ve parlatma makinesine ait iş akış şeması Şekil 1'de görülmektedir. Numune zımparalama ve parlatma makinesi çeşitli bileşenlere ayrılarak tasarım ve imalatlar gerçekleştirildi. Daha sonra tüm bileşenlerin montaj işlemleri gerçekleştirildi. Montaj işlemlerini takiben otomasyon sistemi hazırlandı.

Tasarım

Zımparalama ve parlatma makinesinin resmi Şekil 2'de görüldüğü gibidir. Zımparalama ve parlatma makinesi 1600x650x400 ebatlarında olup tasarımı yapılırken alt ve üst kısım olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Parlatma pistonu (pnömatik silindir) (9), X ekseninde lineer yataklar üzerinde hareket etmektedir. Z ekseninde ise parlatma diskinde (1) baskı kuvveti uygulamak için bir pnömatik silindir kullanılmıştır.



Şekil 1. İş akışı şeması

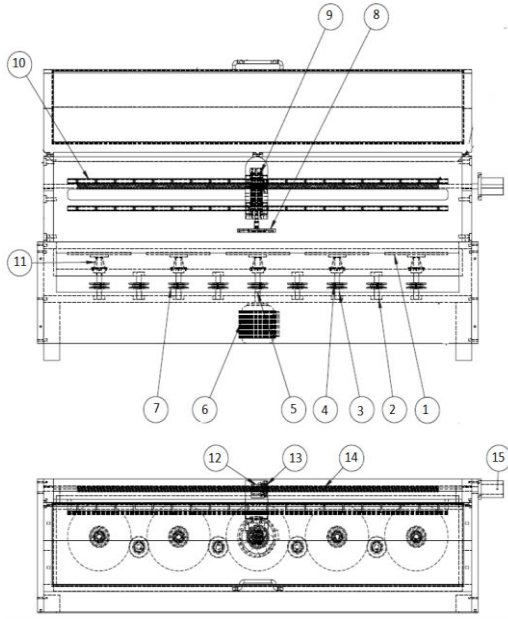
Metalik numunelerin bağlı olduğu numune tutucu (8), pnömatik silindirin miline monte edilmiştir. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, her bir diskte işlem yapmak için pnömatik silindirin gezer halde olması gerekmektedir. Bu maksatla makinenin X ekseninde pnömatik silindirin hareketini sağlayan lineer yataklar (10) yerleştirilmiştir.

Parlatma pistonu, X ekseninde öteleme hareketini gerçekleştirmek için X eksenine bir vidalı mil (14) yerleştirilmiştir. Vidalı milin dönme hareketini, parlatma pistonuna doğrusal hareket olarak aktarmak için vidalı mil somunu (13) ve vidalı mil somun gövdesi (12) kullanılmıştır. Vidalı mili tahrik etmek için bir servo motor (15) kullanılmıştır. Parlatma diskleri 150 mm çapında

olup beş adettir. Böylece zımparalama ve parlatma işleminin maksimum beş farklı zımparalama/parlatma aşamada yapılabilecektir. Ayrıca soğutma suyunun alt kısma geçmesini önlemek için her bir diskin altına huni (11) yerleştirilmiştir. Alt plakada ise, parlatma disklerine hareket ve güç iletmek amacıyla triger kayış sistemi tercih edilmiştir.

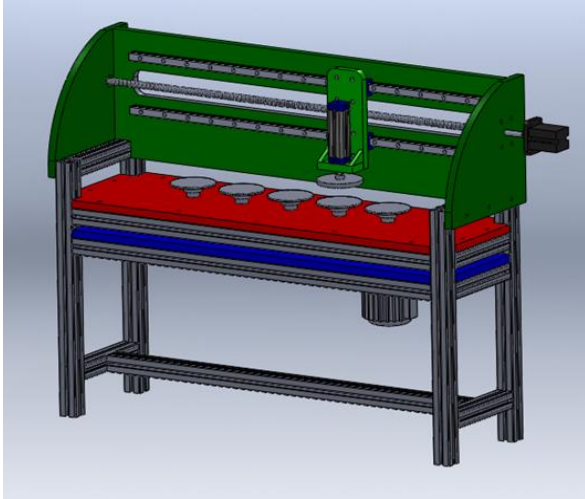
Kayış kasnakların düzgün çalışması için gergi kasnakları (7) kasnaklarla ana aktarma mili (2) arasındaki bağlantıyı kuracak olan kasnak mili (3) ve kasnak kaması (4) kullanılmıştır. Ayrıca motor mili ile triger kayış sistemi arasında güç aktarımı için aktarma mili (5) kullanılmıştır. Parlatma disklerinin hareket ve güç iletimi için, bir elektrik motoru (6) monte edilmiştir.

Araştırma makalesi/Research article
DOI: 10.29132/ijpas.812497



Şekil 2. Zımparalama ve parlatma makinesinin önden ve üstten görünüşü

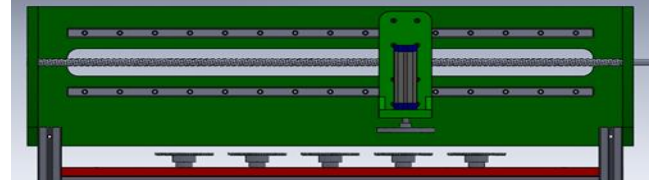
Şekil 3, 4, 5 ve 6'da zımparalama ve parlatma makinesinin SolidWorks de çizilmiş montaj resimleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Zımparalama ve parlatma makinesinin perspektif resmi

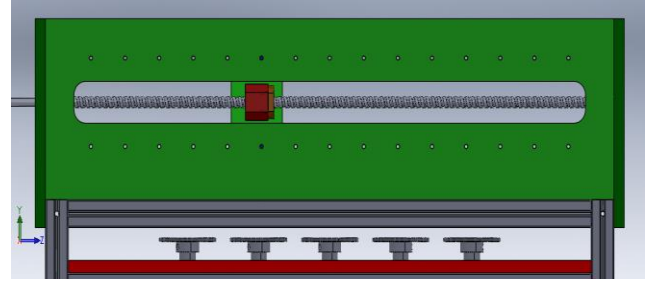
Ana gövdenin seçiminde; mukavemet, çevresel etkilere karşı uzun ömürlü olması ve maliyet kriterleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu kriterler göz önünde bulundurularak konstrüksiyon açısından ana

gövde imalatında köşebent kullanılması uygun görülmüştür. Bunun nedeni çok ağır işlemler yapılmayacağı için maliyet göz önüne alınarak bu seçim yapılmıştır. Sistemde profiller arasında yerleştirilecek olan ve sistem elemanlarının monte edildiği levha olarak alüminyum levha düşünülmüştür.



Şekil 4. Solid Works'te çizilmiş doğrusal hareket elemanlarının montaj resminin önden görünüşü

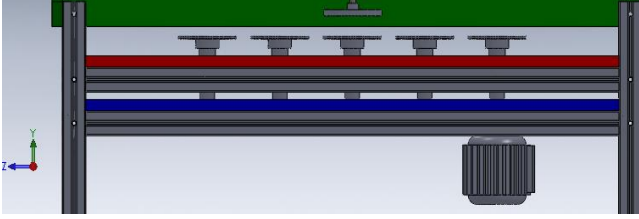
Parlatma diskleri yerleştirilirken, doğrusal veya dairesel şekilde yerleştirilmesi düşünülmüştür. Disklerin bir daire biçiminde yerleştirilmesi estetik açıdan güzel olmasına karşın disklerin bağlı olduğu tablaya dönme hareketi verme gerekliliği nedeniyle imalat ve maliyet göz önünde bulundurulduğunda, tablanın sabit olarak tasarlanması ve disklerin ise doğrusal bir hat boyunca yerleştirilmesi daha uygun bulunarak bu şekilde bir tasarım tercih edilmiştir.



Şekil 5. Solid Works'te çizilmiş doğrusal hareket elemanlarının montaj resminin arkadan görünüşü

Parlatma disklerinin tahrikinde bir mono faz AC elektrik motoru kullanılmıştır. Parlatma disklerine hareket ve güç iletmek amacıyla, tasarım seçeneklerinden triyer kayış-kasnak sistemi seçilmiştir. Kullanılan 3 fazlı bir AC motoru 220V gerilime, 1.1 kW ve 1400 dev/dak dönme hızına sahiptir. AC motorunu uygun devirlerde çalıştırarak parlatma millerinin kontrolü sağlanır ve parlatma işlemi yapılacak numuneye göre parlatma milinin devirleri belirlenir.

Araştırma makalesi/Research article
DOI: 10.29132/ijpas.812497

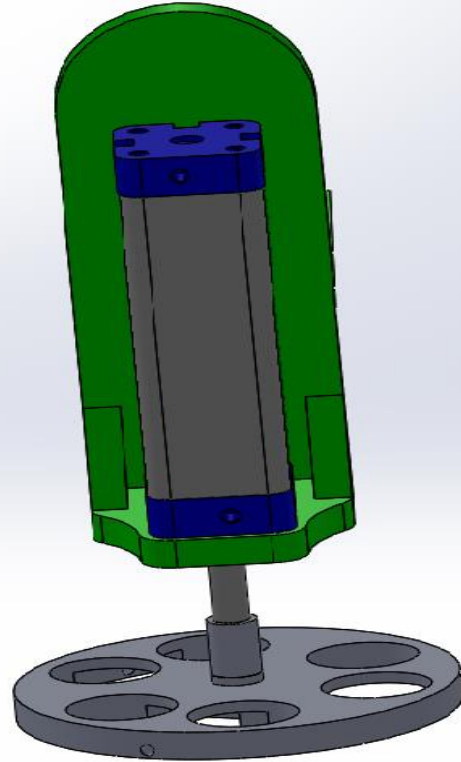


Şekil 6. Montajı yapılmış doğrusal hareket elemanlarının önden görünüşü

Numunenin bağlı olduğu parlatma pistonu, lineer yataklar üzerinde vidalı bir mil ile hareket etmektedir. Numunelerin yerleştirildiği tutucunun, dönen bir diske belirli bir kuvvetle bastırılması gerekmektedir. Bu iş için, 32 mm piston çapına, 100 mm strok boyuna 6 bar çalışma basıncına sahip olan ve 435 N kuvvet üretebilen dönmez milli pnömatik bir silindir Z eksenine yerleştirilmiştir. Pnömatik silindirin ucuna montajı yapılan numune tutucu; bakalite alınmış veya alınmamış maksimum 6 adet numunenin sabitlenmesi ve numunelerin tam ve eşit düzeyde zımparalama ve parlatma yapılmasını sağlamaktadır. Numune tutucunun geometrik şekli dairesel olduğu için numunenin geometrik şekli ne olursa olsun maksimum 50 mm çapında bakalite alınarak dairesel olarak tutucuya bağlanır. Numunelerin homojen ve eşit yüzeyde zımparalanması ve parlatılması için tutucuya istenilen açıda ve yönde bağlanabilmektedir. Şekil 7’de numune tutucunun SolidWorks de çizilmiş resimleri gösterilmiştir.

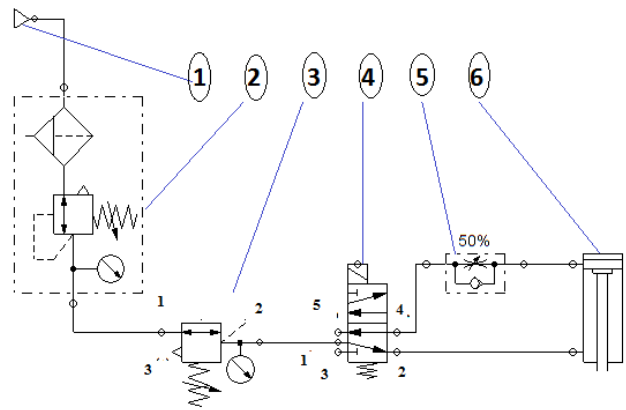
Pnömatik sistemin devre şeması, Şekil 8’de görüldüğü gibi çift etkili silindir için tasarlanmıştır. Kompresörden (1) gelen basınçlı hava, hava servis ünitesinden (2) geçip basınç kontrol valfine (3) gelmektedir. Basınç kontrol valfi, ayarlanan basınç değerinden fazlasının devreye iletilmesini engellemektedir. Basıncı sabit hale gelmiş hava, 5/2 yön kontrol valfinden (4) valf konumuna göre 2 yolundan geçerek pnömatik silindire (6) veya 4 yolundan geçerek tek yönlü hava akış kontrol valfine (5) ulaşmaktadır. Akış kontrol valfi, vananın konumuna göre hava debisini sabitlemektedir (Şekil 8).

Sistemde zımpara ve çuhaların bağlı olduğu beş adet disk, kayış kasnak sistemiyle hareket ettirilmektedir. Bu şekilde, hareket ve güç iletimi sessiz ve sağlıklı bir şekilde sağlanmaktadır.



Şekil 7. Numune tutucunun parlatma pistonuna montaj halinin Solid Works’te çizilmiş resmi

Kuvvet nakli kayış ile kasnak arasındaki sürtünme sayesinde olur. Dar V kayış mekanizmaları kama etkisi nedeniyle daha büyük moment aktarmak mümkündür. Kayış yuvaları yerleştiği için mekanizma hangi konum da olursa olsun kayışın



Şekil 8. Pnömatik sistem devresi

Araştırma makalesi/Research article
DOI: 10.29132/ijpas.812497

kasnaktan çıkma ve ayrılma tehlikesi yoktur. Hem mekanizmanın kaplayacağı hacim, hem de fiyat açısından dar V kayışı tercih edilmiştir.

İmalat ve Montaj

Tasarım ve gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra imalat ve montaj kısmına geçilmiştir. Bu kısımda farklı tasarım seçenekleri ve seçim kriterleri bölümündeki mukayeseler göz önünde bulundurularak belirlenen malzemeler ışığında gerekli imalat ve montajlar yapılmıştır.

Öncelikle makinenin ana gövdesinin imalat ve montajı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra parlatma disklerine hareket ve güç iletmek amacıyla kullanılan triger kayış kasnak sisteminin montajı için miller ve yatak yuvalarının imalatı ve montajı yapılmıştır. Parlatma disklerinin bağlı olduğu millerin kontrolü için kullanılacak olan AC motorun ana hareket mili ile motor mili arasına kaplin bağlantısı gerçekleştirildi ve ana gövdeye sabitlenerek montajı gerçekleştirilmiştir. Pnömatik silindirin X eksenı boyunca yerleştirilmiş olan disklerin üzerinde konumlanmasının yapılabilmesi için kızak, yatak ve vidalı milin montajı gerçekleştirilmiştir. Vidalı mil tahrik etmek için kullanılacak olan servo motorun bağlantıları ve montajı gerçekleştirilmiştir. Pnömatik silindirin miline numunelerin bağlı olduğu bir numune tutucu yerleştirilmiştir.

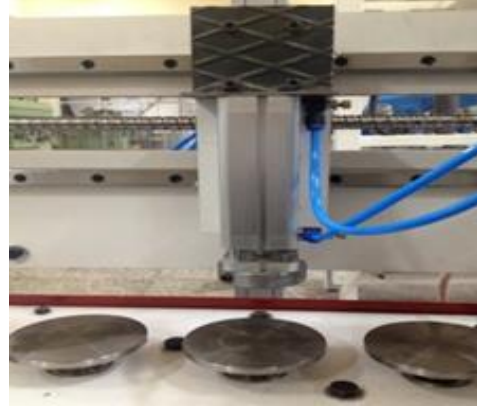


Şekil 9. Zımparalama ve parlatma makinesinin basınç ayar ve yön kontrol valfi montajı

Parlatma diskinin Z ekseninde baskı kuvveti uygulayarak zımparalama ve parlatma işlemi yapabilmek için pnömatik silindir kullanılmıştır. Pnömatik silindirin kontrolünde 5/2'lik yön kontrol valfi, basınç ayar valfi ve iki adet kısma valfi kullanılmıştır (Şekil 9).

Pnömatik silindir montajında basınç ayar valf ve kısma valflerinin önemi büyüktür çünkü pnömatik

silindir belirlenen hızlarda yukarı aşağı hareket yapmaktadır. Basınç ayar valfleri sistem basıncını önceden belirlenen basınç değeri seviyesine getirmeyi, kısma valfleri ise yukarı aşağı hız kontrolünü sağlamaktadır (Şekil 10).



Şekil 10. Zımparalama ve parlatma makinesi pnömatik silindir montajı

Otomasyon

İmalat ve montajı yapılan zımparalama ve parlatma makinesini kontrol etmek ve otomatik olarak çalışması için otomasyon işlemi yapılmıştır. Zımparalama ve parlatma makinesinin otomasyon sisteminde PLC SIMATIC S7-1200 kullanılmıştır. PLC'nin programlamasında PASCAL yazılım dili kullanılmıştır. Makinenin kontrolü manuel ve otomatik olmak üzere iki kademededen oluşmaktadır.

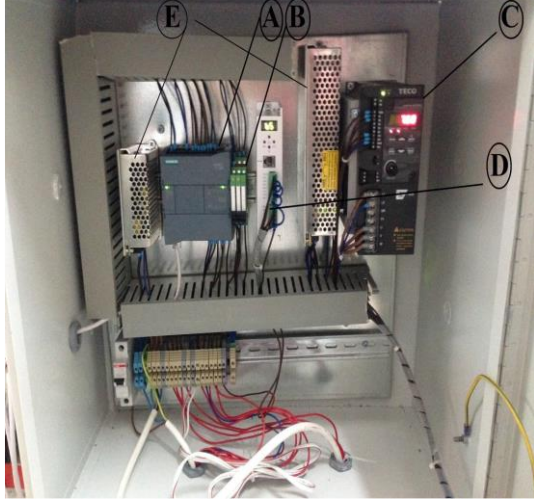
Zımparalama ve parlatma makinesinin kontrolü PLC S7 1200 (A) ile sağlanmaktadır. Sisteme gücü veren 12 V ve 24 V olan iki adet güç kaynağı (E) vardır. Bunun sebebi valfler 12 V ile geriye kalan diğer elemanlar ise 24 V ile çalışmaktadır. Parlatma disklerini döndüren elektrikli motorun çalışması, dönme yönünü ve valfleri kontrol etmek için 3 adet röle (B) kullanılmıştır. Vidalı milin hareketini kontrol etmek ve parlatma disklerinin hareketini sağlamak için sürücüler (C;D) kullanılmıştır (Şekil 11).

Makinenin otomatik kademesi seçildiğinde programın ara yüzünde belirlenen özelliklere göre zımparalama ve parlatma işlemi tam otomatik olarak yapılmaktadır.

Ara yüz ayarları içerisinde vidalı milin bağlı olduğu step motorun adım hızı (jog hızı), hareket hızı, kalibrasyon yaklaşım hızı, kalibrasyon ayar hızı, step motorun hızlanma, yavaşlama ve durma süresi,

Araştırma makalesi/Research article
DOI: 10.29132/ijpas.812497

pistonun disklerde bekleme süresi ve parlatma pistonunun diskler üzerinde durma konumu yer almaktadır (Şekil 12).



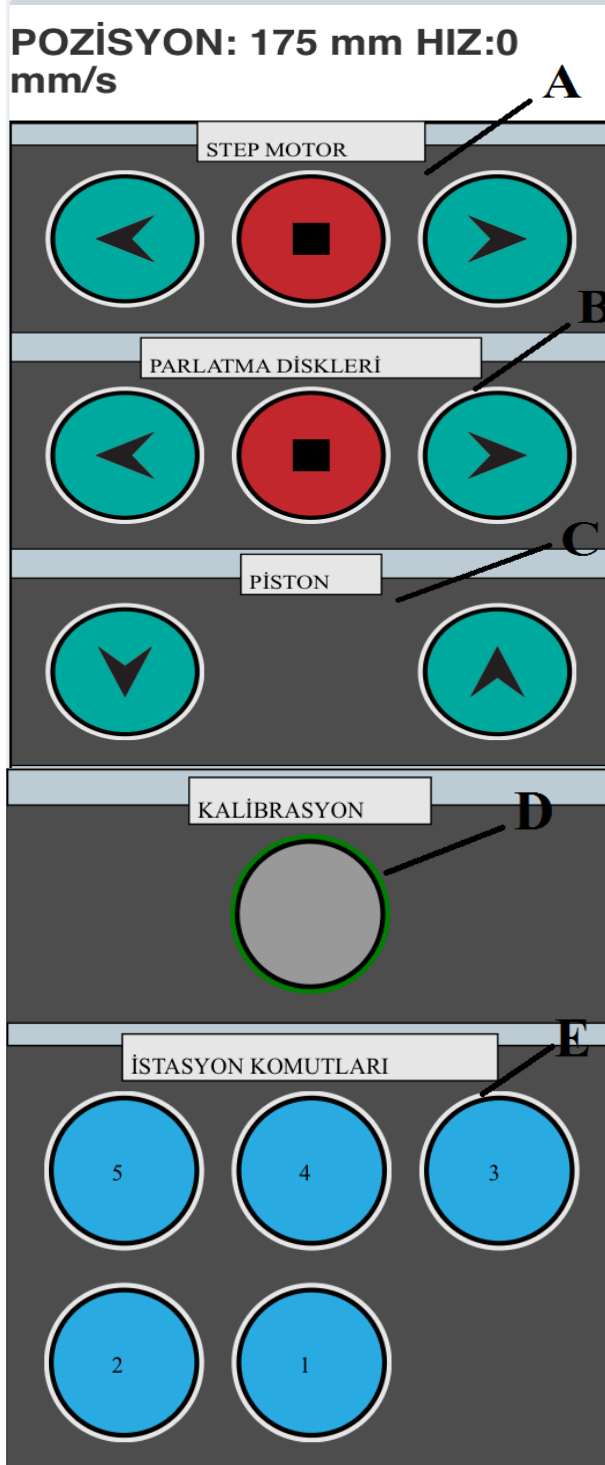
Şekil 11. Zımparalama ve parlatma makinesi güç paneli

Manuel kademede ise pistonu istediğimiz disk konumuna hareket ettirilmesi sağlanmaktadır. Manuel kademe seçilerek Şekil 12’de gösterildiği gibi elektronik cihaz ara yüzünde, step motorun tahrikiyle vidalı milin üzerindeki parlatma pistonunun ileri geri gitmesinin ayarlanması (A), parlatma disklerinin saat yönüne veya tersine hareket etmesini (B), pistonun aşağı yukarı hareketinin sağlanması (C) ve parlatma pistonunun istenilen disklere hareket etmesini (E) sağlanmaktadır (Şekil 13). Ayrıca kalibrasyon butonu (D) sayesinde acil bir durumda sistemin kapatılması yada işlemlerin bitmesi sonucunda sistemi başlangıç konumuna getirilmesi sağlanmaktadır.

Bu kontroller pano dışında elektronik cihazlarla da gerçekleştirilmektedir. PLC ethernet kablosunun kablosuz modeme bağlandığında, kablosuz modem vasıtasıyla elektronik cihazlar PLC’nin ara yüzüne bağlanarak bilgisayar, akıllı telefon ve tablet gibi elektron cihazlarla da makine kontrol edilmektedir.

Durma Süresi (1s)	<input type="text"/>
Step motor durdurma komutu geldikten sonra motorun durma hızına ulaşma süresini belirler.	
Piston Bekleme Süresi (2s)	<input type="text"/>
Otomatik konumda parlatma süresini belirler.	
Konum Ayarları	
Disk 1 Pozisyon Değeri (0mm)	<input type="text"/>
Disk 1 başlangıç konumuna olan uzaklığı belirler.	
Disk 2 Pozisyon Değeri (175mm)	<input type="text"/>
Disk 2 başlangıç konumuna olan uzaklığı belirler.	
Disk 3 Pozisyon Değeri (350mm)	<input type="text"/>
Disk 3 başlangıç konumuna olan uzaklığı belirler.	
Disk 4 Pozisyon Değeri (525mm)	<input type="text"/>
Disk 4 başlangıç konumuna olan uzaklığı belirler.	
Disk 5 Pozisyon Değeri (700mm)	<input type="text"/>
Disk 5 başlangıç konumuna olan uzaklığı belirler.	
Hız Ayarları	
Jog Hızı (15mm/s)	<input type="text"/>
Sistem manuel konumdayken step motor adım hızını belirler.	
Hareket Hızı (20mm/s)	<input type="text"/>
Sistem otomatik konumdayken veya motor konumlama yaparken step motor hızını belirler.	
Kalibrasyon Yaklaşım Hızı (12mm/s)	<input type="text"/>
Kalibrasyon esnasında motor başlangıç konumuna yol alırkenki yüksek hızı belirler.	
Kalibrasyon Ayar Hızı (11mm/s)	<input type="text"/>
Kalibrasyon esnasında motor başlangıç konumu civarında ince ayar hızını belirler.	
Süre Ayarları	
Hızlanma Süresi (3s)	<input type="text"/>
Step motor ilk kalkıştan ayarlanan hızza ulaşma süresini belirler.	
Yavaşlama Süresi (3s)	<input type="text"/>
Step motor mevcut hızından durma hızına ulaşma süresini belirler.	

Şekil 12. Ara yüz ayarları



Şekil 13. Manuel çalışmada kullanılan butonlar

Makinenin imalat ve otomasyonunun da kullanılan makine ve ekipmanların maliyet analizi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan makine ve ekipmanların maliyetleri

Maliyetler	TL	DOLAR
Ana Gövde İmalat Maliyeti	1.790,30 ₺	237,12 \$
Güç Aktarma Sistemi Maliyeti	2.894,17 ₺	383 \$
Pnömatik Sistem Maliyeti	940,65 ₺	124,58 \$
Otomasyon Maliyeti	6.210,81 ₺	822,62 \$
TOPLAM	11.835,93 ₺	1.567,3 \$

*Dolar -TL kur değeri TCMB resmi sitesinin 28.12.2020 tarihindeki döviz kurlarından alınmıştır.

SONUÇLAR

Makinenin tasarımı, imalatı ve otomasyonu, aynı görevi yapan zımparalama ve parlatma makinelerinden olabildiğince farklı ve kullanışlı tutulmuştur. Makinenin tasarımı SolidWorks programı kullanılarak yapılmıştır. Otomasyon sistemi PLC ile kontrol edilmiştir. Bu çalışmada tasarımı yapılan makinedeki zımparalama ve parlatma işlemleri, 5 farklı kademede hem otomatik hem de manuel olarak gerçekleştirilebilmektedir. Her istasyondaki basınç değeri ve süresi otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Ethernet bağlantı özelliğine sahip PLC S7-1200’ün kablosuz modeme (WiFi) bağlantısı sayesinde, sistem bilgisayar, akıllı telefon ve tabletler üzerinden kontrol edilebilmektedir. Yapılan deneme testleri sonucunda makinenin istenilen şekilde manuel ve otomatik çalıştığı görülmüştür. Diskler üzerine yerleştirilen zımparanın tane boyutuna bağlı olarak istenilen yüzeyler elde edilebildiği görülmüştür. İthal durumunda olan bu tür cihaz/makinelerin ülkemiz de üretilmesi sayesinde hem ekonomik kazanımlar sağlanacak hem de bilgi birikime katkı sağlayacaktır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu çalışmada herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan ederim.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan ederim.

KAYNAKLAR

Akinlabi, O., Abel, B., Emmanuel, O.O., 2013. Development of a laboratory metallographic grinding/polishing machine. *Advances in Research*, 17(6):1-13.

Araştırma makalesi/Research article
DOI: 10.29132/ijpas.812497

- Barbuto, A.T.**, 1993. Automated polishing procedure for the metallographic preparation of high-temperature superconducting ceramics. *Materials Characterization*, 30(1):71-74.
- Bülbül, B.**, 2011. Metalgrafik numune zımparalama & parlatma işlemi. *Metal Dünyası Dergisi*, 216:2-3.
- Erinle, T.J., Awopetu, O.O., Ukoba, O.K.**, 2011. Development of metallographic specimen polishing machine. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 12:2.
- Frukawa, T., Rye, D.C., Dissanavake, M.W.M.G., Barratt, A.J.**, 1996. Automated polishing of an unknown three-dimensional surface. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 12(3):261-270.
- Geels, K.**, 2007. Metallographic and Materialographic Specimen Preparation, Light Microscopy, Image Analysis and Hardness Testing. ASTM International, USA.
- Kandpal, B.C., Verma, R.K., Malhotra, D., Kumar, A., Kumar, A., Taneja, M.**, 2012. Fabrication of wet grinding machine and measure the metal removal rate using different grades emery paper. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(3):21-27.
- Samuels, L.E.**, 2003. Metallographic Polishing by Mechanical Methods. ASM International, USA.
- URL-1**, 2014. <http://www.als.com.tr/elmas-urunleri>. Zımparalama ve Parlatma Cihazları. 5 Kasım 2014.
- Wang, G., Wang, Y.Q.**, 2009. Research on polishing process of a special polishing machine tool. *Machining Science and Technology-An International Journal*, 13(1):106