IMSEC 2021 6th International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2021)
Alanya Lonicera Resort & Spa Hotel, October 25-27, 2021 – Alanya, Antalya / TÜRKİYE
Pages: 681-688, Paper ID:315

Conference Paper
Oral Presentation

Manuel Metal İşleme Tezgâhlarını CNC Tezgâhlara Dönüştüren Üniversal Dönüşüm Kitinin Geliştirilmesi

Kadir Aydın[1*], Sait Karasoy [2], Alkım Aydın[3], Onur Yıldız[4]

[1]Çukurova Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye; kdraydin@cu.edu.tr
[2]Temsa Skoda Sabancı Ulaşım Araçları A.Ş., Adana, Türkiye; sait.karasoy@temsa.com
[3]The University of Sheffield, Mechanical Engineering Dept., Sheffield, UK; aaydin1@sheffield.ac.uk
[4]Makoto Mühendislik Dan. İth. İhr. San. ve Tic. Ltd. Şti., Adana, Türkiye; oyildiz@makotoltd.com

Özet

Küçük boyutlardaki manüel (numerik kontrol ve yönetimi olmayan) metal işleme tezgâhları gerek az yer kaplamaları ve gerekse de ilk yatırım maliyetlerinin daha düşük olmaları nedeniyle Ülkemizde fazla miktarda tercih edilmektedir. İlk yatırım maliyeti farkı tezgâhtan tezgâha değişmekle birlikte; CNC tezgâhlar manuel tezgâhlardan en az üç-beş kat daha pahalıdır. Yapılan ön çalışmalarda manuel tezgâhların düşük maliyetlerle kolaylıkla CNC'ye dönüştürülebileceği görülmüştür. Dönüşümde kendi içerisinde dahili mikroişlemcisi ve görüntü işleme birimi olan entegre bir PCB kart, işleme programı ile anlık simülasyonunun her an görüntülenmesini sağlayan harici bir ekran, CNC'ye uygun vidalı miller ile uygun tork ve akım isterlerinde step motorlar kullanılmıştır. Bu çalışmada tüm torna ve freze tezgâhlarına uygulanabilecek 2 ve 3 eksen kontrollü CNC üniversal dönüşüm kitinin tasarımı yapılmış, 2 eksenli dönüşüm kiti bir manuel masaüstü torna tezgâhına ve 3 eksenli dönüşüm kiti ise manuel masaüstü freze tezgâhına uygulanarak bu iki tezgâhın da CNC'ye dönüştürülmesi sağlanmıştır. Dönüşümü yapılan CNC'lerde yaklaşık 1 yıldır sürdürülen performans ve ömür testleri sonucunda; her iki CNC tezgâhın da sorunsuz olarak çalıştığı, hassasiyetlerinde herhangi bir değişimin olmadığı, vidalı miller ve step motorlar soğutma sıvısı ve metal tozlarından korunduğu takdirde yıllarca görev yapabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metal işleme, CNC, tezgâh, masaüstü torna, masaüstü freze.

Development of a Universal Conversion Kit for Converting Manual Metalworking Machines to CNC Machines

Abstract

Small-sized manual (without numerical control and management) metalworking benches are highly preferred in our country due to their small footprint and lower initial investment costs. Although the difference in initial investment cost varies from machine to machine; CNC machines are at least two to three times more expensive than manual machines. In the preliminary study, it has been seen that manual machines can be easily converted to CNC within very low costs. An integrated PCB board with a built-in microprocessor and image processing unit, an external screen that allows instant simulation of the processing program to be displayed at any time, screw spindles suitable for CNC and stepper motors with appropriate torque and current requirements were used in the transformation. In this study, a CNC universal conversion kit with 2 and 3 axis control, which can be applied to all lathes and milling machines, was designed, the 2-axis conversion kit was applied to a manual desktop lathe and the 3-axis conversion kit was applied to a manual desktop milling machine, and these two machines were converted to CNC. As a result of the performance and life tests carried out for approximately 1 year in the converted CNCs; It has been determined that both CNC machines work smoothly, there is no change in their sensitivities, and the screw shafts and stepper motors can serve for years if they are protected from coolant and metal powders.

Keywords: Metalworking, CNC, bench, benchtop lathe, benchtop milling.

1. GİRİŞ

Günümüzde hassas metal işleme ancak CNC makineler ile yapılabilmektedir. Ancak Ülkemizde ucuz olması nedeniyle çok sayıda manüel metal işleme makineleri (torna, freze, matkap vb.) satın alınmış ve halen yoğun olarak da kullanılmaktadır. Ancak manuel metal işleme makinelerinde yapılan üretimler hem hassas olmamakta hem de operatör kalitesine bağlı olarak üretimlerde standart sağlanamamaktadır. Ülkemizde rekabet şartlarının hızla değişmesi nedeniyle de manuel metal işleme makinelerinin hızla CNC makinelerle değiştirilmesi gerekirken CNC fiyatlarının çok yüksek olması ve çok sayıdaki manuel metal işleme makinelerin hurdaya çıkarılmak zorunda kalınacak olması nedeniyle mevcut manuel cihazları cüzi maliyetlerle CNC makinelere dönüştürebilecek olan üniversal dönüşüm kitlerine yoğun ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaç doğrultusunda Ülkemiz ve Bölgemiz küçük sanayicilerinin ve atölyelerin ihtiyacını karşılamak amacıyla manuel makinelerin CNC'ye dönüştürülebilmesi için kendi içerisinde dahili mikroişlemcisi ve görüntü işleme birimi olan entegre bir PCB kart, bu kartın programlanması, işleme programı anlık simülasyonunun her an harici bir ekranda

*Corresponding author

görüntülenmesi ve mekanik olarak bu makinelerin CNC'ye uygun vidalı miller ile güncellenmesi, uygun tork ve akım isterlerine sahip step motorlar ile hibrit olarak sürülmesi sağlanmıştır. Geliştirilen bu dönüşüm kitleri ile ülkemizde bulunan manuel metal işleme tezgâhlarının hurdaya ayrılmadan düşük fiyatlarla CNC'ye dönüştürülebilmesi imkânı yaratılmış, böylelikle de hem KOBİ'lerin standart üretim yapması, hem de ülkemiz ekonomisine yadsınamayacak derecede ekonomik katkı sağlanması imkânı yaratılmıştır.

Teknoloji geliştikçe karmaşık parçaların, daha seri ve daha hassas olarak imal edilmesi gerekmektedir. Bilgisayar desteği ile çalışan CNC torna makinası sayesinde tezgâhın çalıştırılmasının, durdurulmasının, takım değiştirilmesinin, eksen hareketlerinin ve buna benzer tezgâhın çalışması ile ilgili tüm işlerin bilgisayardaki bir kontrol ünitesi sayesinde otomatik olarak kontrol edilmesi sağlanabilmekte ve aynı hassasiyetle seri üretim yapmayı mümkün kılmaktadır. CNC takım tezgâhları, metal, plastik ve ahşap gibi ham madde halinde olan bir malzemeyi işleyerek bunlara belirli bir şekil veren üretim araçlarıdır. Nümerik programa göre çalışan takım tezgâhlarına ise nümerik kontrollü (NC-Numerical Control) takım tezgâhı denir ve NC tezgâhlara bilgisayar kontrolü eklenmesi ile CNC (Computer Numerical Control) takım tezgâhları oluşmuştur. CNC takım tezgâhlarında genelde x ve z ekseni olmak üzere iki temel eksen bulunmaktadır. İşleme kapasiteleri daha geniş olan CNC torna tezgâhlarında eksen sayıları 3 ya da difüzör eklenerek daha fazla olabilir. Eksenler hareket ettiği doğrultu boyunca hassas bir şekilde otomatik olarak pozisyonlandırmakta, parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılabilmektedir. CNC tezgâhlarda NC tezgâhlardan farklı olarak program durdurulabilir, değiştirilebilir, değiştirilmiş olan program son şekliyle hem işletilebilir hem de hafızaya alınabilir, sistemde takım parçaları, boyutları vs. operatör tarafından CNC takım tezgâhına tanımlatılabilir ve tüm bu parametrelerin kontrol ünitesine bir kere tanımlanması yeterlidir. Bu nedenle CNC takım tezgâhlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir. Operatörlerin birden fazla tezgâh ile çalışma imkânı bulunmaktadır.

CNC kontrol ünitesi genellikle bir güç kaynağı ile beslenir ve herhangi bir enerji kesintisinde program saklanmaktadır. Ayrıca CNC takım tezgâhlarında parça işlenmesi sırasında operatör müdahalesine gerek yoktur ve böylece hem operatör hataları minimize edilmekte, hem de maksimum iş güvenliği sağlanmaktadır. İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkün olabilmektedir. Böylece parça imalatına geçiş çok daha süratlidir. Ayrıca CNC takım tezgâhlarında iş parçası hassas ve devamlı aynı ölçüde çıkar, yani CNC takım tezgâhlarının tekrarlama ve pozisyonlama hassasiyeti çok yüksektir.

CNC takım tezgâhlarının avantajları yüksek verimlilik ve parça kalitesi, kolay kalite kontrol, ek aparat ihtiyaç ve stokunun az olması ve tek bağlamada birden fazla işlem yapılabilmesidir. CNC takım tezgâhlarında işlem süreleri sabit olduğundan üretim plan, takip ve denetimi de kolay, ayrıca üretimde bozuk parça yüzdesi oldukça azdır. Üretilen her parçanın kalitesi ve süresi ile tezgâhın çalışma temposu yüksek ve aynıdır, kullanılan kesici takımların ömrü daha uzundur. Önceden zaman ve maliyet tespit imkânı CNC takım tezgâhlarına çalışma ve tasarım esnekliği sağlamaktadır. Operatörden kaynaklanan kişisel hatalar ortadan kalkmakta, işleme zamanı kısalmakta, gereksiz hız aralığı değiştirilmeleri ortadan kalmaktadır. Bir program yazılımı ile karmaşık parçaların işlenme kolaylığı elde edilmekte ve yeni teknolojik gelişmelerin tezgâha aktarılması da mümkün olmaktadır.

CNC takım tezgâhlarından bazıları; CNC torna tezgâhları, CNC freze tezgâhları, CNC dik işleme merkezleri, taşlama tezgâhları, CNC oyma makineleri, CNC metal işleme makineleri vb. seklinde sıralanabilmektedir. Bütün CNC tezgâhların kendine has kapasite/operasyon yetenekleri bulunmakta, CNC takım tezgâhları; mobilya, uçak ve helikopter sanayi, otomotiv başta olmak üzere çok çeşitli makina sanayi kollarında kullanılmaktadır. Günümüzde imalatın yapıldığı hemen hemen her alanda ve özellikle de hassas kalıp imalatında CNC sanayi tezgâhları kullanılmaktadır.

Ülkemiz ve Bölgemizdeki küçük sanayiciler ve atölyelerde bulunan manüel metal işleme tezgâhları ile çağımızın hassas üretim isterleri karşılanamamakta, ayrıca bu tezgâhları işletecek deneyimli operatör temininde de sorunlar yaşanmaktadır. Artık günümüzde tüm tasarım ve çizimler 3 boyutlu olarak yapılmakta olup, bu tezgâhlar ucuz maliyetlerle CNC'ye dönüştürülebildiği takdirde 3 boyutlu çizimler direk bu makinelere aktarılabilecek ve operatör yeteneğine bağlı olmadan hassas üretimler yapılabilecektir. Bu amaçla klasik metal işleme tezgahlarını CNC'ye dönüştürmek için kendi içerisinde dahili mikroişlemcisi, görüntü işleme birimi olan entegre bir PCB kart kullanılmış, bu kartın programlanması yapılmış, işleme programı anlık simülasyonunun her an harici bir ekranda görüntülenmesi sağlanmış ve mekanik olarak bu makinelerin CNC'ye uygun vidalı miller ile güncellenmesi yapılmıştır. Böylelikle modernize edilen metal işleme tezgâhlarının uygun tork ve akım isterlerinde step motorlar ile hibrit olarak sürülmesi sağlanmıştır. Bu proje ile tüm metal işleme tezgâhlarına uygun üniversal dönüşüm kitlerinin tasarımı ve sanayiye dönüşümü sağlanmıştır. Ülkemize yurt dışından ithal edilerek getirilen bazı dönüşüm kitleri mevcut olup, bu kitler marka bazlı olduğu için genel olarak kullanılamamakta, ayrıca fiyatlarının çok yüksek olması nedeniyle de yaygınlaşamamaktadır.

1.1. CNC Tezgâhların Parçaları

CNC tezgâhlar 6 ana guruptan oluşmaktadır. Bunlar:

1- Gövde ve kızaklar

2- Bilgisayarlı kontrol ünitesi

3- İş mili motoru ve eksen motoru ünitesi

4- Bilyeli vida

5- Takım magazini

6- Yardımcı fonksiyon elemanları ve aksesuarlardır.

1) Gövde ve Kızaklar: Klasik tezgâhlarda olduğu gibi CNC tezgâhların da ana gövde malzemesi olarak dökme demir yaygın olarak kullanılmaktadır. Dökme demirin ucuz alma özelliğinin yanı sıra istenilen şeklinde üretilebilmesi avantajlı gözükmekte, ayrıca iyi bir sönümleme ve kendi kendine yağlama özelliği bulunmaktadır. Çelik malzemelerde CNC tezgâh imalatında en fazla kullanılan malzemeler arasındadır. Çelik yapılar dökme demirden daha hafif buna karşı yaklaşık iki kat dayanıklıdır. Bu nedenle özellikle büyük tip tezgâhlarda çelik gövdeler tercih edilmektedir. Son dönemlerde CNC tezgâhlarında ağırlıklı olarak görülen kutu biçimli çelik gövde yapılar simetrinin sağlanabilmesini sağlamakta, simetri ise denge ve sağlamlık sağlamasının yanı sıra düşük maliyeti de tezgâh gövdesi olarak kullanılmasını yaygınlaştırmaktadır. Düz yüzeyli kızakların yük taşıma kapasiteleri daha yüksek olup, bu nedenle de CNC tezgâhlarında çoğunlukla düz yatak düzeyler kullanılmaktadır. Ayrıca tezgâh kızaklarının aşınmaya karşı direncinin düşük olması istenmektedir. Bunun için kızak yüzeyleri serleştirilmekte ve genellikle teflon ile kaplanmaktadır. Ayrıca sürtünmeyi ve aşınmayı azaltmak için basınçlı yağlama sistemi de kullanılmaktadır. Düz kızak yüzeylerinde sürtünmeyi azaltmak için ise dönme hareketi sağlayan iğne bilyeli rulmanlar kullanılmaktadır. Ancak iğne bilyelerin tezgâh kızağına oturarak yapışma sorunu yaratması nedeniyle bu sistem büyük ve ağır tezgâhlar için uygun değildir.

2) Bilgisayarlı Kontrol Ünitesi: Bu ünite ekran tuş takımı ana işlem kartı (CPU) eksen kartları ve diğer birçok elektronik devre elemanlarından oluşmaktadır. İş mili motoru eksen motorları, takım magazini ve diğer yardımcı elemanlar buradan kumanda edilmektedir. Bu aygıtların programlanan şekilde hareket etmesi, çalışması ya da durması bu ünite tarafından sağlanmaktadır. Kontrol ünitesinde yer alan aritmetik ünite programda gerekli olan tüm hesaplamaları yapmakta, ayrıca tüm fonksiyonları ve elektronik aygıtların doğru çalışıp çalışmadığını, hareket konumlarının doğru olup olmadığını sürekli olarak kontrol etmektedir. Bir CNC tezgâhının güncelleştirilmesi belleğindeki yonganın değiştirilmesiyle kolayca sağlanabilmekte, böylelikle de CNC tezgâhları demode olmadan uzun yıllar çalışabilmektedir.

3) İş Mili Motoru ve Eksen Motoru Üniteleri: İş mili motoru torna tezgâhlarında aynaya ya da özel bir aparatla iş miline doğrudan bağlanan iş parçasının dönmesini sağlamakta, freze tezgâhlarında ise iş mili tezgâh tablosuna bağlanmış olan iş parçasında talaş kaldıran kesici takımların dönmesini sağlamaktadır. İş mili motoru dönme hızını ve yönünü belirten komutu bilgisayarlı kontrol ünitesinden almakta ve torna tezgâhlarında kesme hızının sabit kalması için çap küçüldükçe devir sayısını artması sağlanmaktadır. Bu işlem; iş mili motorunda hareket alan enkoderin motor hızını devamlı izlemesi ve bu bilgileri geri besleme ile kontrol ünitesine iletmeyle sağlanmaktadır. Eksen motorları olarak küçük CNC tezgâhlarda ucuz oldukları için enkoderli step motorlar, büyük tezgâhlarda ise servo motorlar kullanılmaktadır. Bu motorlar tezgâhın ana ve yardımcı eksendeki hareketlerini kontrol ünitesinden aldıkları komutlara göre yönetmekte, doğrusal eksen hareketleri motora bağlı olan sonsuz bilyeli milin dönüşü ve bu milin üzerindeki rulmanlı yatağın hareketi ile sağlanmaktadır.

4) Yardımcı Elemanları ve Aksesuarları: CNC'lerde kullanılan yardımcı elemanları ve aksesuarları aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır.

A) **Karşı Punta:** CNC torna tezgâhında iki tip karşı punta (manuel kumandalı tornalar ve programlanabilir puntalar) kullanılmakta, manuel kumandalı puntalarda puntanın ileri çıkması kontrol ünitesindeki tuş kontrolü ile hidrolik olarak sağlanmakta, gövdenin hareketi ise sabitleme cıvataları gevşetilerek el ile yapılmaktadır. Programlanabilir puntalar, genellikle mil tornalamalarda kullanılmakta, punta gövdelerinin sabitlenmesi hidrolik olarak, hareketi ise taret yardımıyla sağlanmaktadır. Punta pinolünün ileri hareketi ve iş parçasının punta yuvasına girdikten sonra kilitlenmesi ise kontrol ünitesi içerisindeki program içerisinde yer alan komutlara bağlı olarak gerçekleşmektedir.

B) **Takım Magazini:** CNC tezgâhlarında birden fazla kesici takım kullanılmaktadır. Bu kesiciler magazin olarak adlandırılan bir takımlıkta bulunmakta ve programda yer alan sıraya göre tezgâh tarafından otomatik olarak değiştirilerek iş parçasından talaş kaldırılmaktadır (torna tezgâhında taret, dik işlem tezgâhında ise magazin alarak adlandırılmaktadır). Takım magazini tezgâhın yapısına göre hidrolik, pnömatik ya da servo motor tahrikiyle çalışmaktadır. Magazin dönerek pozisyona gelmesi komutunu kontrol ünitesinden almakta ve bu ünite aynı zamanda da takımın bağlandığı istasyonun pozisyona gelip gelmediğini denetlemektedir.

C) **Talaş Konveyörü:** CNC tezgâhlarında kesicinin iş parçasından çıkardığı talaşların etkili bir şekilde tezgâhtan dışarı atılması ve temiz bir çalışma ortamının sağlaması gerekmektedir. Bu işlem için talaş konveyörü kullanılmakta, talaş konveyörü kontrol ünitesinde bulunan butonlar kullanılarak ya da talaş konveyörünün ileri ve geri hareketi program içerisinde verilecek kodlara bağlı olarak çalıştırılabilmektedir. En yaygın olarak yürüyen

bant konveyörü ve dönen bant konveyörü sistemleri kullanılmaktadır. Bazı tezgâhlarda talaş konveyörü üzerinde zaman rölesi bulunmakta, bu zaman rölesi ayarlanan zamanda konveyörü çalıştırılarak operatörün müdahalesi olmadan talaşların dışarı atılmasını sağlamaktadır.

D) **Soğutma Sıvısı:** CNC tezgâhında programın içerisinde komutlara bağlı olarak çalışan soğutma sıvısı motoru bulunmakta, soğutma sıvısı motoru kontrol ünitesinde bulunan buton kullanılarak da çalıştırılabilmektedir. Soğutma sıvısı kesme anında kesici takımın ısınmasını ve çıkan talaşların parçadan uzaklaşmasını sağlamaktadır. Soğutma sıvısını açma komutu tezgâhın iş milini çalıştırma komutundan sonra verilmelidir, aksi halde soğutma sıvısı iş mili yataklarına girebilmekte ve hasarlara neden olabilmektedir. Soğutma sıvısı tezgâhın kızak gibi çalışan kısımlarında paslanmaya neden olamaması için bu kısımların koruyucu yağ ile yağlanması gerekmektedir. Derin delik delme gibi bazı uygulamalarda soğutma sıvısı motorunun sağladığı kesme sıvısının basıncı yeterli olmayabilir, böyle durumlarda ise kesicinin içinden gelen soğutma sıvısı daha sağlıklı sonuç alınmasını sağlayacaktır.

E) **Takım ve İş Parçası Ölçme Tertibatı:** CNC tezgâhlarında taret, üzerindeki kesici takımların uçları koordinat değerleri üretici firma tarafından tanımlanmış olan bir referans noktaya göre belirlenmesini sağlamaktadır. Takım ucu, takım ölçme tertibatının hassas ölçme kafasına x ve z yönlerinde dokundurulmakta, kontrol ünitesi de bu noktayı hafızasına kaydetmekte, üretim anında bu değerleri hesaba katarak hareketleri yönlendirmektedir. Torna tezgâhında ise işlenen parçanın iç ya da dış çaplarının dokunma duyarlığı kullanılarak ölçüm yapılmakta, eğer ölçülen değer olması gereken değerden farklı ise kontrol ünitesi bu farkı hesaplayarak takımların hareketlerini otomatik olarak düzeltmektedir. Dik işleme merkezinde ise takım ölçme tertibatı ile yalnız kesici takımların boyları ölçülmekte, kesicilerin çap bilgisi ise kontrol ünitesine elle girilmektedir. Eğer birden fazla kesicinin boyu ölçülecek ise bu kesicilerin magazindeki istasyon numaraları verilmekte ve ölçme programı çalıştırılarak işlem tanımlanmaktadır.

F) **Otomatik Kapı:** CNC torna tezgâhlarında kapının açık ya da kapalı olduğu bir algılayıcı ile kontrol ünitesine iletilmekte, kapı açık olduğunda tezgâhın otomatik pozisyonda çalışmasına müsaade edilmemektedir. Eğer çalışırken kapı açılırsa tezgâh otomatik olarak durmaktadır. Otomatik işleme başlatma tuşuna basıldığında bu kapı kendiliğinden kapanmakta, parçanın işlenmesi tamamlandığın da ise açılmaktadır. Çubuk sürücülü CNC torna tezgâhlarında çubuktan otomatik olarak parça işlenebilmesi için çubuk bir sürücü tertibatla sürülmekte, çubuk sürücüsü ise programda yer alan çubuk sürme komutuna bağlı olarak çalışmaktadır. Parça tutuculu CNC torna tezgâhında çubuktan işleme yapılıyorsa kesilen paçalar tezgâhın içine ya da konveyöre düşmektedir, bu istenilmeyen durumu ortadan kaldırmak için parça tutucular kullanılmaktadır.

G) **Döner Tabla:** Dik işleme merkezinde döndürücü eksen olarak ta adlandırılmakta, döner tabla komutları ile kendi ekseni etrafında 360 derece dönebilmektedir. Değişik açılarda işlenmesi gereken parçalar için her konumlama hassasiyeti 1 derecedir.

1.2. CNC'lerde Kontrol Tipleri

İlk takım tezgâhları manuel (elle) işlemeye göre tasarlanmıştır. Başlangıçta pedal ile kumanda edilen iş mili daha sonra yerini elektrik motorlarına bırakmış, ancak kızak hareketleri hala insan tarafından kontrol edilmektedir. İnsanların göz ve kulakları sensörlerin, kol ve bacakları servo motorların ve beyin merkezi ise kontrol biriminin işlevlerini üstlenmiştir. Mikroişlemci teknolojisindeki gelişmelerin sonucu olarak tezgâh hareketleri operatörün beceresinden çıkartılarak sayısal denetimine geçirilmiş olup, CNC tezgâhlarında kontrol tipleri genel olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

1) İş Mili Devri Kontrolü: İş mili tahrik mekanizması kesme işleminde gerekli olan gücü sağlamakta, NC tezgâhlarında kullanılan iş mili tahrik mekanizması şu fonksiyonları yerine getirmesi gerekmektedir. Mekanik güç iletimi nedeniyle oluşan sürtünme kayıklarını karşılamalı, özellikle düşük hızla yüksek talaş kaldırma işlemlerinde, sabit gücün sağlanması için yüksek gücün çıktısı verilmelidir. Ayrıca torna tezgâhlarında işlenen parçanın çapı değiştikçe iş mili devrini sürekli olarak değiştirerek sabit kesme hızı sağlanmalıdır. NC tezgâhlarının yukarıda belirtilen fonksiyonları yerine getirebilmesi servo motorlar ile mümkün olup, bu nedenle tezgâh mili tahrik mekanizması için servo özellikte elektrik motorları kullanılmaktadır. Bu motorlar DC (Doğru Akım) elektrik motorları ya da AC (Alternatif Akım) elektrik motorlar olup, hız değişimleri DC motorlarda voltaj değiştirilerek, AC motorlarda ise kaynak frekansı değiştirerek sağlanmaktadır.

2) Kızak Hareketi Kontrolü: CNC tezgâhlarında ilerleme hızı hassas olarak sürekli kontrol edilmeli, örneğin eğik bir yüzeyin işlenmesinde her iki eksenin hareketi kontrol edilerek programlanan kesme hızı sağlanmalıdır. Üç eksende ya da eğrisel hareketlerin kontrolü çok daha güç olup, bir CNC tezgâhlarının en temel fonksiyonu otomatik, hassas ve tam bir hareketi sağlamasıdır. Kızak hareketleri elektrik ya da hidrolik güç kullanarak sağlanmakta, ancak en yaygın olarak DC ve AC servo elektrik motorları kullanılmaktadır. Ayrıca bu projede de olduğu gibi eğitim amaçlı

kullanılan küçük tezgâhlarda kızak hareketi, ucuz olmaları nedeniyle step motorları ile hareket ettirilmektedir.

3) Kızak Pozisyonu Kontrolü: Servo motorlarda giriş sinyalindeki artışa göre kızak hızında artış sağlanmaktadır. Ancak giriş sinyalinin motor hızına yansıma miktarı tam olarak hesaplanamadığı için servo motorlarda motorun hızını ölçen bir aygıta gerek bulunmaktadır. Ölçülen değer geri besleme ile komparatöre gönderilmekte, böylece de motor hızında gerekli olan hız artımı sağlanmaktadır.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

Öncelikle CNC'ye dönüşümü yapılacak Optimum marka TU2506 tipi torna (Şekil 1) ve Optimum marka BF20 Vario tipi freze tezgâhının (Şekil 2) kesme kuvveti, kesme gücü, kesme kavrama açısı, kesme hızı ve ilerleme, ortalama talaş kesiti hesaplanmış, bu veriler kullanılarak vidalı milin adımı, vidalı mil çapı, vidalı mil uzunluğu, vidalı mil somunu hesaplanarak vidalı milin rijitlik kontrolü yapıldıktan sonra vidalı mil ve somununun tasarımı yapılmış, vidalı mil için izin verilen maksimum devir sayısı, vidalı mil üzerine gelen yükler de hesaplanarak vidalı mili sürecek olan step motorların torkları belirlenmiştir. Daha sonra x, y ve z yönündeki kuvvetler, kesme momenti, ivmelenme momenti ve toplam araba kuvvetleri hesaplanarak ray ve araba seçimi yapılmıştır. Motor güçleri belli olduktan sonra bu motorları sürecek step motor sürücüleri ve güç kaynakları belirlenmiştir. Vidalı mil ve somunu ile tüm mekanik ve elektronik sistemler tezgâhlara monte edilmiş ve kontrol kartımı sürecek olan programın yazılımı hazırlanmıştır. Elektronik kontrol kartları ile mekanik sistemlerin uyumu ve kalibrasyonları yapıldıktan sonra yazılım test edilmiş, yazılım üzerinde gerekli sıfırlama ve testler yapılmış, elde edilen sonuçlara göre yazılım güncellenmiştir.

Motor Gücü	750 W, 230 V
Banko Üzeri Çap	250mm
Puntalar Arası Mesafe	550
Fener Mili Çapı	26
İş Mili Koniği	MK 4
Hız	125 - 2000 dev/dak
Kademe	6
Gezer Punta Koniği	MK2
Gezer Punta Hareketi	65
Ölçüleri (UxGxY)	1250 x 650 x 420 mm
Ağırlık	125 kg.



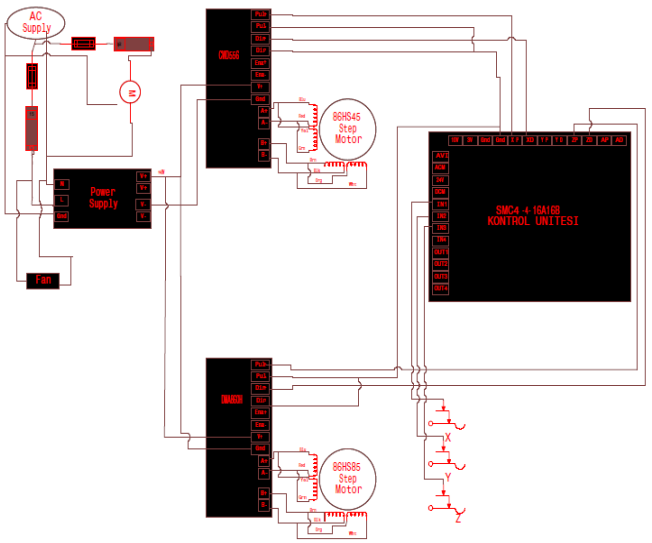
Şekil 1. Dönüşümü yapılan Optimum TU2506 masaüstü torna tezgâhı ve teknik özellikleri.

Motor Gücü	850 W, 230 V
Delme Kapasitesi (maks.)	16mm
Yüzey Freze (maks.)	Ø 63 mm
Parmak Freze (maks)	Ø 20 mm
İş Mili Koniği	MK 2
İş Mili- Sütun Arası Maks. Mesafe	185 mm
Hız	90-3000 d/dak
Kademe	2 (Potansiyometre ile hız değişimi)
Tabla Ölçüleri	500 x 180
X Eksen Hareketi	280mm
Y Eksen Hareketi	175mm
Z Eksen Hareketi	280mm
Ölçüleri (UxGxY)	745 x 565 x 935 mm
Ağırlık	103 kg.

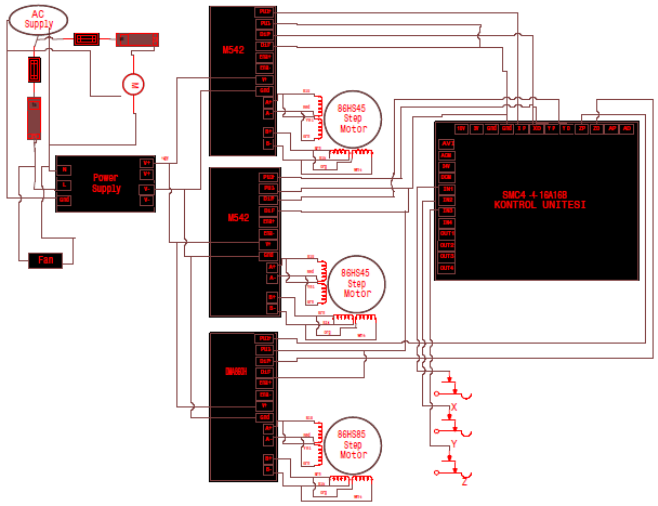


Şekil 2. Dönüşümü yapılan BF20 Vario masaüstü freze tezgâhı ve teknik özellikleri.

Öncelikle Optimum TU2506 torna ve Optimum BF20 Vario freze tezgâhlarının operatöre ihtiyaç duymadan, parçaların işlenmesini sağlamak için ihtiyaç duyulan malzeme listesi oluşturulmuş ve sipariş edilen ürünler ile panoların montajı ve pano içi kablolamalar yapıldıktan sonra panoların sızdırmazlık testleri yapılmıştır. Optimum TU2506 torna panosunun kablolama şeması Şekil 3'de, Optimum BF20 Vario freze tezgâhın panosunun kablolama şeması Şekil 4'de ve hem torna hem de frezenin duvara monte edilen kontrol panoları ise Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Optimum TU2506 torna panosunun kablolama seması.



Şekil 4. Optimum BF20 Vario freze panosunun kablolama seması.



Şekil 5. Optimum TU2506 torna ve Optimum BF20 Vario frezenin duvara monte edilen kontrol panoları.

Projede freze ve torna için kullanılan step motorların kontrolünde günümüzde pek çok alanda kullanılan Smc4-4-16a16b kontrol ünitesi, step motorların ve sistemin çalışabilmesi için ise NDR-480-48 480 W, 48 VDC güç kaynağı kullanılmıştır. Torna için kullanılan step motorlar ve sürücüleri Tablo 1'de ve freze için kullanılan step motorlar ve sürücüleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

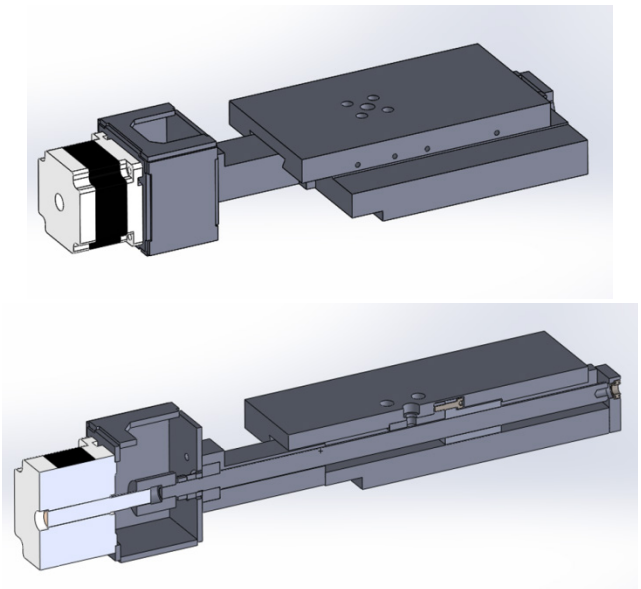
Tablo 1. Torna dönüşümünde kullanılan step motor ve sürücüleri.

Step Motor	Kuvvet	Step Motor Sürücüsü
86Hs45	4.2 Nm	CWD556
86Hs85	8.5 Nm	DMA860H

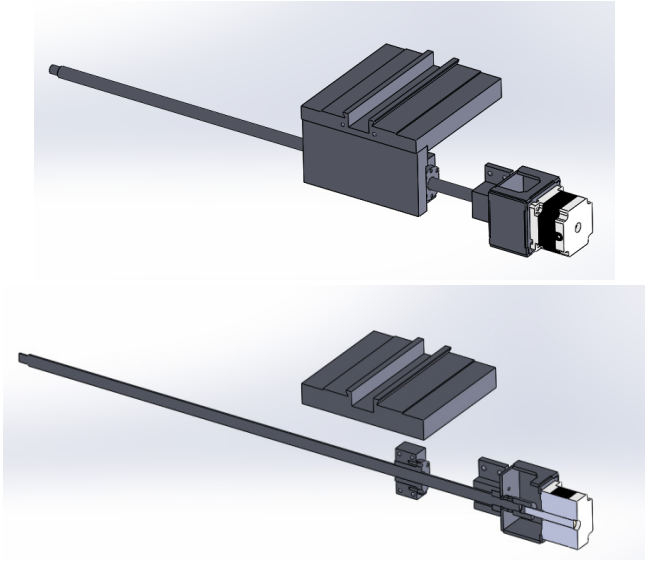
Tablo 2. Freze dönüşümünde kullanılan step motor ve sürücüleri.

Step Motor	Kuvvet	Step Motor Sürücüsü
86Hs45	4.2 Nm	M542
86Hs45	4.2 Nm	M542
86Hs85	8.5 Nm	DMA860H

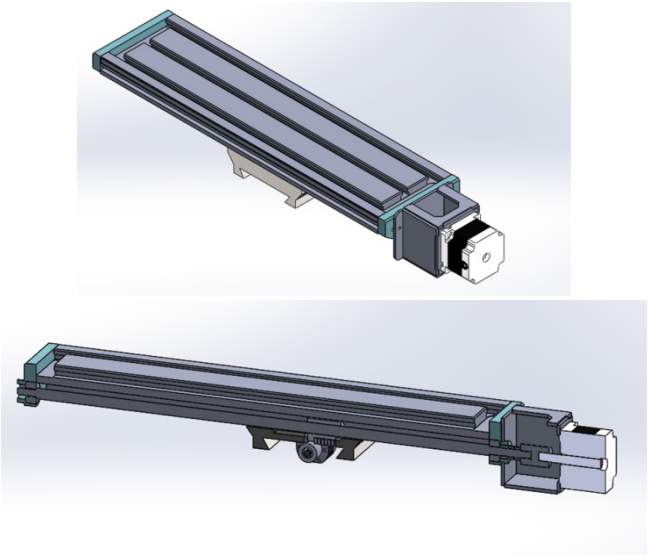
Optimum TU2506 torna ve Optimum BF20 Vario freze tezgâhının mevcut vidalı milleri sökülmüş, Optimum TU2506 torna tezgâhının yeni vidalı miller ve step motorlar ile tasarlanan x ekseninin genel ve kesit görünümü Şekil 6'da, y ekseninin genel ve kesit görünümü ise Şekil 7'de, Optimum BF20 Vario freze tezgâhının yeni vidalı miller ve step motorlar ile tasarlanan x ekseninin genel ve kesit görünümü Şekil 8'de, y ekseninin genel ve kesit görünümü Şekil 9'da ve z ekseninin genel ve kesit görünümü ise Şekil 10'da gösterilmiştir. Optimum TU2506 torna ve Optimum BF20 Vario freze tezgâhlarının CNC dönüşümünde kullanılan mekanik parça listesi Tablo 3'de verilmiştir. Üretilen panoların torna ve freze üzerine montajları ve denemeleri yapılmıştır. Bilgisayar ortamında tasarlanan 3 boyutlu katı model parçalar Solidcam programı kullanılarak G-koda dönüştürülmüş ve bilgisayar ortamında bu G-kodlar kontrol ünitelerine yüklenerek operatöre ihtiyaç duyulmadan parçaların otomatik olarak işlenmesi durumu test edilmiştir. CNC'ye dönüştürülen torna ve frezenin ince ayarları yapılarak ömür testleri için sürekli olarak kullanılmaya başlanmıştır.



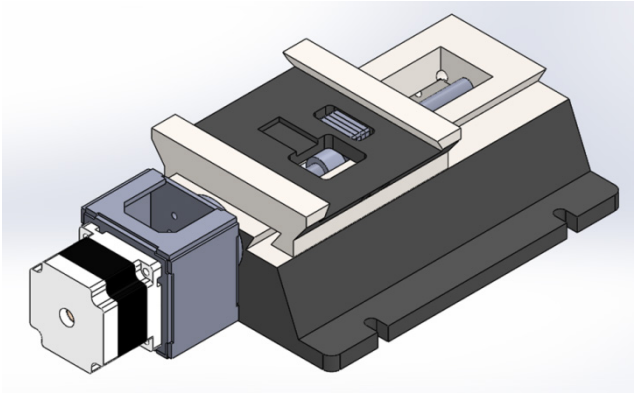
Şekil 6. Optimum TU2506 tornamın x ekseni dönüşümü genel ve kesit görünümü.

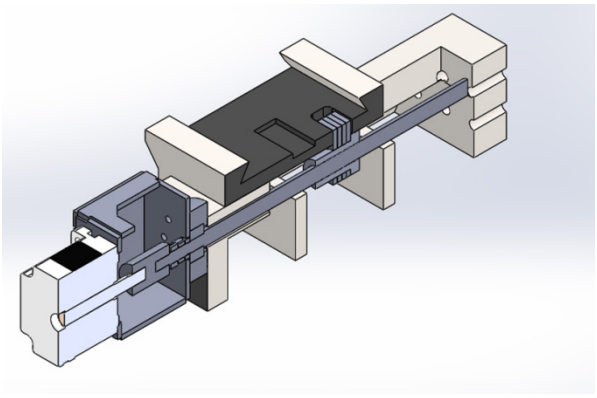


Şekil 7. Optimum TU2506 tornamın y ekseni dönüşümü genel ve kesit görünümü.

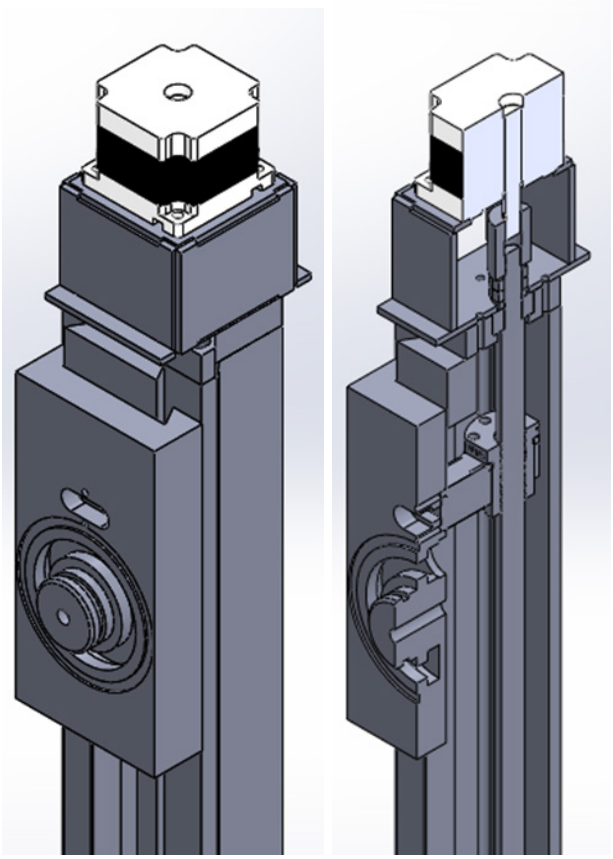


Şekil 8. Optimum BF20 Vario frezenin x ekseni dönüşümü genel ve kesit görünümü.





Şekil 9. Optimum BF20 Vario frezenin y ekseni dönüşümü genel ve kesit görünümü.



Şekil 10. Optimum BF20 Vario frezenin z ekseni dönüşümü genel ve kesit görünümü.

Tablo 3. Tezgâhlarının CNC dönüşümünde kullanılan mekanik parçaların listesi.

Miktar	Tanım
2	Vidalı Mil Somun SFUR 2005
1,7	Vidalı Mil SCR 2005 (metre)
3	Vidalı Mil Somun SFUR 1605
1,6	Vidalı Mil SCR 1605 (metre)
2	Gs14 Kaplin 30 mm x 40 mm Kaplin 12.7 x 12.7 mm
3	Gs14 Kaplin 30 mm x 40 mm Kaplin 10X12.7 mm
2	3202 Rulman
3	3201 Rulman

3. SONUÇ

Küçük boyutlardaki manüel metal işleme tezgâhları özellikle KOBİ'ler ve küçük işletmeler tarafından yoğun

olarak kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji artık operatör yeteneğine bağlı olan manüel metal işleme tezgâhlarının modernize edilerek CNC'lere dönüşümünü zorunlu kılmaktadır. Yurtdışında masaüstü torna ve frezeleri CNC'ye dönüştürmek için marka bazlı dönüşüm kitleri satılıyor olmasına rağmen gerek fiyatlarının çok yüksek olması ve gerekse de marka bazlı olması nedeniyle her torna ve frezeye adapte edilememesi nedeniyle fazla tercih edilmemektedir. Bu çalışmada Optimum marka TU2506 tipi torna ve Optimum marka BF20 Vario tipi freze tezgâhı CNC'ye dönüştürülmek için kullanılmış, torna için 2 eksenli, freze için de 3 eksenli olmak üzere 2 adet dönüşüm kiti geliştirilmiştir. Öncelikle Optimum marka TU2506 tipi torna ve Optimum marka BF20 Vario tipi freze tezgâhının kesme kuvveti, kesme gücü, kesme kavrama açısı, kesme hızı ve ilerleme, ortalama talaş kesiti hesaplanmış, bu veriler kullanılarak vidalı milin adımı, vidalı mil çapı, vidalı mil uzunluğu, vidalı mil somunu hesaplanarak vidalı milin rijitlik kontrolü yapıldıktan sonra vidalı mil ve somununun tasarımı yapılmış, vidalı mil için izin verilen maksimum devir sayısı, vidalı mil üzerine gelen yükler de hesaplanarak vidalı mili sürecek olan step motorların torkları belirlenmiştir. Daha sonra x, y ve z yönündeki kuvvetler, kesme momenti, ivmelenme momenti ve toplam araba kuvvetleri hesaplanarak ray ve araba seçimi yapılmıştır. Dönüşümde kendi içerisinde dahili mikroişlemcisi ve görüntü işleme birimi olan entegre bir PCB kart, işleme programı ile anlık simülasyonunun her an görüntülenmesini sağlayan harici bir ekran, CNC'ye uygun vidalı miller ile uygun tork ve akım isterlerinde step motorlar kullanılmıştır. Vidalı mil ve somunu ile tüm mekanik ve elektronik sistemler tezgâhlara monte edilmiş ve kontrol kartımı sürecek olan programın yazılımı hazırlanmıştır. Elektronik kontrol kartları ile mekanik sistemlerin uyumu ve kalibrasyonları yapıldıktan sonra yazılım test edilmiş, yazılım üzerinde gerekli sıfırlama ve test sonuçlarına göre yazılım güncellenmiştir. Bu çalışmada geliştirilen üniversal dönüşüm kitlerinin tüm masaüstü torna ve freze tezgâhlarına uygulanabileceği, daha büyük ve güçlü mekanik torna ve frezelerin de sadece tezgâhın büyüklüğüne göre uygun vidalı miller, servo motorlar ve motor sürücüleri kullanılmak suretiyle bu CNC üniversal dönüşüm kitleri kullanılarak CNC'ye dönüştürülebileceği belirlenmiştir. Dönüşümü yapılan CNC'lerde yaklaşık 1 yıldır sürdürülen performans ve ömür testleri sonucunda; CNC'ye dönüşümü yapılan her iki masaüstü tezgâhın da sorunsuz olarak çalıştığı, hassasiyetlerinde herhangi bir değişimin olmadığı, vidalı miller ve step motorlar soğutma sıvısı ve metal tozlarından korunduğu takdirde yıllarca sorunsuz olarak görev yapabileceği belirlenmiştir.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2020-11540 proje kodu ile desteklenmiştir.

5. REFERANSLAR

[1] Ö. Acar, D.B. Tükel, CNC Torna ve İşleme Merkezi Kontrol Sistem Tasarımı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Kongresi-EEMKON 2015 Bildiri Kitabı s.248-252, 2015.

[2] https://www.goksumakine.com/urunler/universal-dik-torna-tezgahinin-cncye-cevirimi/

[3] S. Alan, CNC Eğitim Seti Tasarımı, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006.

[4] M. Olam, Mobilya ve Dekorasyon Endüstrisinde Kullanılacak Bilgisayar Destekli Freze Tezgâhı Tasarımı, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012.