

## Freze Tezgahı için Geliştirilen PLC Tabanlı Divizör

A. GÜLLÜ<sup>1</sup>, S. KAYA<sup>2</sup>, A. M. PİNAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Bölümü, Beşevler-ANKARA

<sup>2</sup>Seyyid Burhaneddin EML, Tesviye Bölümü, Melikgazi / KAYSERİ

**Özet:** Bu çalışma ile, freze tezgahı için PLC kontrollü yeni bir tip divizör geliştirilerek, freze tezgahlarında kullanılan klasik divizör tertibatındaki yardımcı elemanların (dişli, delikli ayna, makas, ara mil) kullanımını ortadan kaldırmak, daha kaliteli ve hatasız doğrusal ve açısız bölüntüler yapmak amaçlanmıştır. Bunun için yeni PLC kontrollü bir divizör tasarlanıp imal edilmiştir. Sistem için gerekli olan kod çözücü (step motor sürücüsü), operatör paneli ve oranı (sonsuz vida ağız sayısı/ karşılık dişlisi diş sayısı) 1/36 olan redüktör geliştirilmiştir. Böylece mekanik sistemle çalışan divizör, bilgisayar kontrollü divizör haline getirilerek, doğrusal ve açısız bölüntülerin yapılmasında kaçınılmaz olan bir takım hesaplamaların kolaylaştırılması ve dişli çark tertibatının ortadan kaldırılması sağlanmıştır. Yeni divizör prototipi imal edilmiş ve freze tezgahında kullanılarak denenmiştir. Kullanım sonucunda dişli açma işlemlerinde %260 ile %350 arasında süre kazancı sağlanmış olup, ayrıca klasik divizörle açılmayan konik helis dişlinin imalatı da gerçekleştirilmiştir. Prototip; düşük kesme kuvvetlerinden dolayı alüminyum, pirinç, plastik gibi yumuşak malzemeler için önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Step motor, Divizör, PLC tabanlı divizör, Dişli imalatı, Bölme.

## A PLC Based Dividing Head Developed for Milling Machines

**Abstract:** In this study, it is aimed to make more quality and correct linear and angular dividing operations by removing the use of supplementary components (gear, index plate, sector arm, supplementary shafts etc.) in the dividing head setup used on milling machines by developing a new type dividing machine. For this purpose, a new type PLC controlled dividing head is designed and manufactured. Step motor driver necessary for the system, operator panel and the reduction system that has 1/36 reduction rate (the rate between endless-screws and number of worm gears teeth) are developed. In this way, the removal of gear operation and the ease of some calculations necessary to make the linear and angular divisions are achieved by converting the dividing head working with a mechanical system into a computer-controlled dividing head. The new prototype dividing head is manufactured and tested. After its use, a time gain between %260 and %350 is obtained in the gear machining processes and the manufacturing of tapered helix gear which can not be machine by the traditional dividing head is achieved. The prototype is proposed for soft materials such as plastic, brass or aluminium due to low cutting forces.

**Key Words:** Step motor, Dividing head, PLC based dividing head, Gear manufacturing, Dividing.

### Giriş

Çevresinde birden fazla kesici uç bulunan dönel kesicilerle, malzeme üzerinden talaş kaldırmak suretiyle, biçim verme işlemlerine frezeleme denmektedir. Düzlem yüzey, profil, kanal, cep ve her türlü bölüntü/dişli açma operasyonlarını içeren geniş bir uygulama alanı mevcuttur. Klasik freze tezgahlarında hassas bölme ve dişli imalatı, divizör denilen cihazlarla gerçekleştirilmektedir. Divizörün en önemli olumsuzlukları; çok sayıda aparat ve donanım gerektirmesi, delikli aynanın kullanımı esnasında çok fazla dikkate ihtiyaç duyulması ve özellikle dişli açma işlemlerinin karmaşık hesaplar içermesidir. Literatürde divizörlerin modernizasyonuna yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Daha çok CNC işleme merkezlerinde karmaşık parçaların işlenmesine yönelik döner tablalar kullanılmaktadır. Bunlar ise dişli yapımına uygun değildir.

Bilgisayar destekli bölme işlemleri ve dişli açma yöntemleri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. CNC dik işleme merkezinde yapılan bir çalışmada makro programlar kullanılarak düz dişlilerin imalatı gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmada, FANUC programlama dili kullanılarak bir makro program geliştirilmiş, modülü 8 ve diş sayısı 14 olan bir düz dişli

yapılmıştır. Kesici takım olarak parmak freze çakısı kullanılmış ve yüzey pürüzlülükleri istenen değerlere yakın çıkmıştır. Ayrıca dişlinin, diğer yöntemlere nazaran daha uzun sürede imal edildiği görülmüştür (1).

Düz, helisel, konik ve sonsuz vida dişli mekanizmalarının bilgisayar yardımıyla boyutlandırılması, analizi ve CNC tezgahlarda imalatı çalışılmış, bilgisayar programı ile dişli çark tasarımıdaki hesap aşaması kolaylaştırılmış ve işlem süresi kısaltılmıştır (2, 3). Gerilme analizinde kullanılmak üzere, helisel dişli çarkların üç boyutlu modelini yapmak için temel matematiksel denklemler elde edilmiştir (4, 5).

Yapılan her çalışma ve ortaya çıkan her yeni ürün beraberinde yeni özellikleri de getirmektedir. Kalite iyileşmesi yanında, pratiklik, ekonomiklik ve fonksiyonellik, aranan ve beklenen özellikler arasındadır. Bilindiği üzere freze tezgahlarında, silindirik yüzeyler üzerinde kanallar, profiller, çizgiler, dişli çarklar, freze çakıları, raybalar, özel bazı vidalar gibi bölme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bu bölmeleri yapabilmek için, bazı aparatlara ihtiyaç vardır. Bu aparatlar; sadece belirli sayıdaki bölmeleri yapabilen basit bölme aparatları ve her türlü bölme işlemlerine uygun olan universal bölme

aparaları şeklinde iki gruba ayrılır (6). Üniversal bölme aparatları, bir sonsuz vida çarkı sistemi ile çalışmakta ve bazı durumlarda da bunlara takılan ek dişli çarkların aracılığı ile farklı bölme işlemleri yapabilmektedir. Bölmeleri yapabilmek için, aparatın temelini oluşturan delikli aynalar kullanılır. Şekil 1.'de görülen, içerisinde genellikle diş sayısı 40 olan sonsuz vida çarkı ile onu çeviren delikli aynanın çevirme koluna bağlı sonsuz vidadan oluşan divizör adlı bu aparat, freze tezgahlarının önemli bir elemanıdır (7, 8).

Divizör ile bölme işlemlerinin yapılabilmesi için yardımcı dişli çark tertibatları ve bunların uygun şekilde

## PLC Tabanlı Divizör ve İmalatı

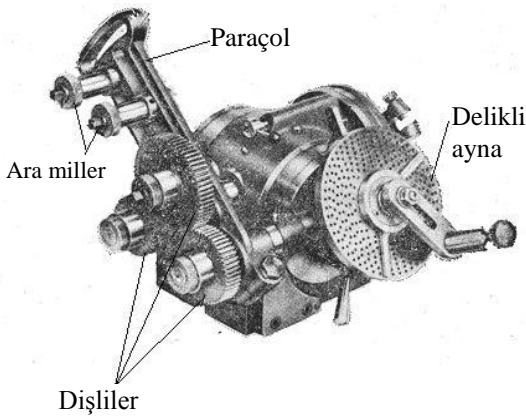
Klasik freze tezgahında kullanılan divizörlerde fener mili (iş mili) ile delikli ayna arasındaki hareket, sonsuz vida ve karşılık dişlisi ile gerçekleştirilmektedir. Vidanın ağız sayısı ile çarkın diş sayısı sistemin iletim oranını sağlamaktadır. Klasik divizörlerde en çok 1/40 oranı kullanılmakla beraber 1/60, 1/80, 1/90 ve 1/120 oranlı divizörler de bulunmaktadır. PLC tabanlı divizör (Şekil 2) ise, klasik divizörlerden farklı olarak içerisinde 1/36

bağlanmalarını sağlayan paraçol gibi çeşitli elemanlara da ihtiyaç duyulmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi divizörle bölme işlemlerinin yapılabilmesi için dişli çark ve benzeri donanımın uygun şekilde doğru olarak tasarlanması, hesaplanması ve bağlantı elemanlarıyla takılması ekstra bir zaman ve işçilik gerektirir.

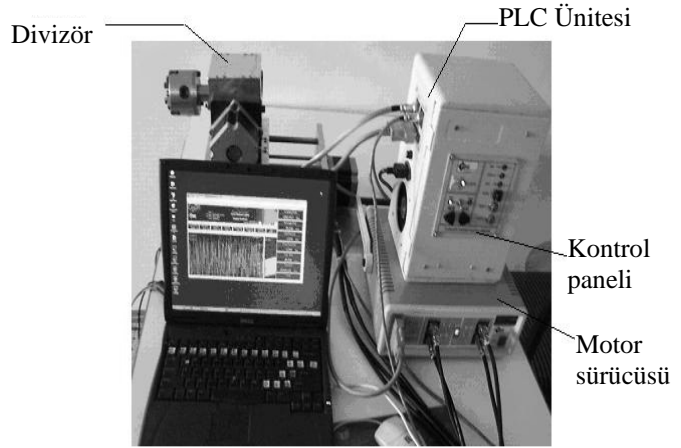
Bu çalışmada, endüstride kullanılmakta olan klasik divizör yerine, daha hızlı ve hassas olarak işlevini yapabilen fonksiyonelliği artırılmış ve bilgisayar destekli hale getirilmiş PLC tabanlı bir divizör geliştirilmiştir.

oranlı redüktöre sahip, step motorlarla doğrudan tahriklenen, kontrolü PLC ile gerçekleştirilen bir sistemdir (9).

İmalat için öncelikle gerekli torku karşılayabilecek step motor seçimi yapılmıştır (10). Sistemde, piyasada yaygın olan iki adet step motor kullanılmıştır (Çizelge 1).



Şekil 1. Klasik divizör (9).



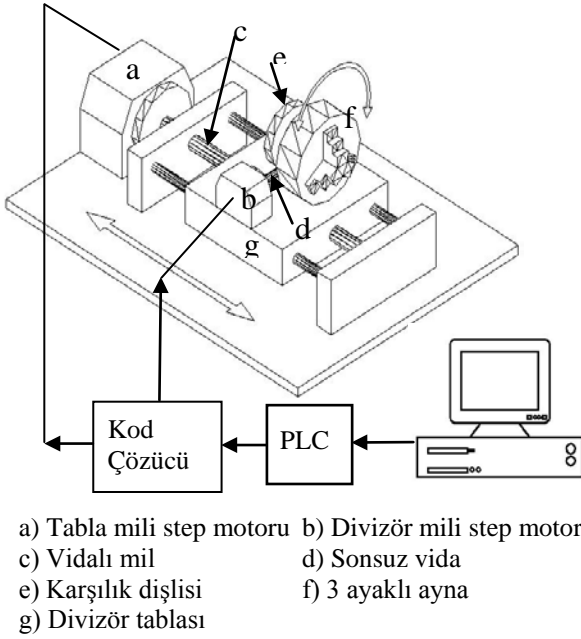
Şekil 2. PLC tabanlı divizör (9).

Çizelge 1. Kullanılan step motorun özellikleri

Hassasiyet	Tork	Adım	Rotor ataleti	Ağırlığı	Çalışma sıcaklığı
1,8	4,5 Nm	200 darbe	1,4 kg.cm <sup>2</sup>	2,2 kg	-40°C +55°C

Bu motorlardan biri divizör miline, diğeri ise yatay eksen hareketli tabla miline bağlanmıştır. Bölüntünün genişliğine ve çakı yavaşlama ve çıkış mesafesine göre, talaş kaldırma işlemini otomatik olarak gerçekleştirmek için tabla mili hareketli yapılmıştır. Klasik divizörün kullanıldığı dişli operasyonlarında bu işlem genellikle elle yapılmakta ve herhangi bir dalgalılıkta divizör ve tezgah

zarar görebilmektedir. Step motorları sürebilmesi için gerekli elektronik devre elemanları ve PLC yazılımı gerçekleştirilmiştir. Gerekli bölüntü için kullanıcı tarafından girilen veriler seri porttan PLC'ye gönderilir. PLC tarafından yorumlanan bilgiler ise, motorları tahrikleyen kod çözücüye uygun elektrik sinyali olarak yolların (Şekil 3).



Şekil 3. Sistemin şematik çalışma prensibi

Divizörün iç ve dış tasarımı yapılırken iki unsur dikkate alınmıştır. Bunlardan birincisi sistemin hafifliği, ikincisi ise hareketli kısımların mümkün olduğu kadar boşluksuz olmasıdır. Step motor divizöre direkt bağlanmış ve step motorun üreteceği torktan maksimum seviyede yararlanılabilmesi amacıyla, ağırlık, alüminyum malzemeler kullanılarak azaltılmıştır. Divizörün iç kısmındaki redüktör, oranı 1/36 olan sonsuz vida ve karşılık dişlisidir. Böylece, step motorun her adımda 1,8 derece açı ile dönmesi 1/36 kat hassaslaştırılarak sistem, her darbeye 0,05 derece dönebilir hale getirilmiştir. Sonsuz vida transmisyon malzemenen, karşılık dişlisi ise polyamid malzemenen imal edilmiştir. Sonsuz vida mili ile karşılık dişlisine bağlı olan miller rulmanlarla yataklanarak gövdeye bağlanmıştır. Step motor mili sonsuz vida miline, sonsuz vida ile çalışan karşılık dişlisi mili ise üç ayaklı universal aynaya bağlanmıştır. Divizöre bağlı üç ayaklı universal aynanın dolayısıyla iş parçasının her adımdaki (1 darbe için) dönüş hassasiyeti teorik olarak 0,05 derecedir. Tabla imalatında da alüminyum malzeme kullanılmıştır. Hareketi sağlayan vidalı milin adımı 25,4 mm ve ağız sayısı 5 dir. Step motorla hareket eden tablanın ilerleme hassasiyeti teorik olarak 0,0635 mm'dir (400 darbeye = 25.4 mm).

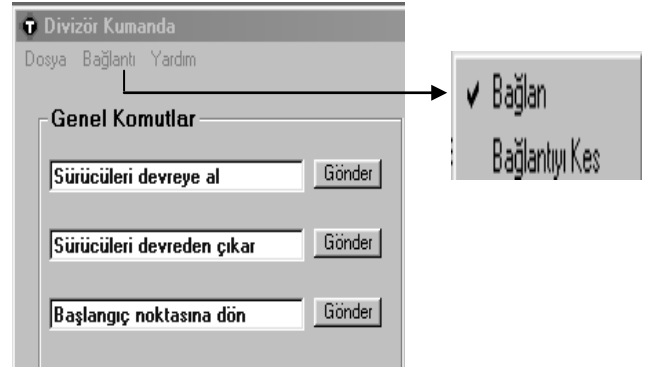
Hareketin başlama ve bitiş noktalarını belirlemesi için tablaya sınırlayıcı takılmıştır. Sistem ilk olarak çalıştırıldığında tabla sınırlayıcıya doğru hareket eder ve sınırlayıcıya dokunduğu an başlangıç noktası belirlenmiş olur. Sınırlayıcı hassasiyeti 20, tablanın hassasiyeti ise 63,5 mikrondur. Tablanın toplam hareket mesafesi 1400 darbe olarak sınırlandırılmıştır (1400 darbe  $\cong$  90 mm).

### PLC Tabanlı Divizörün Çalışma Prensibi

Sistem, bilgisayardan almış olduğu veriler sayesinde doğrusal ve açısız bölüntüleri otomatik olarak yapabilecek şekilde üretilmiştir. Tablanın doğrusal bölüntüleri için en düşük hızı 60 adım/saniyedir. Başka bir ifadeyle tabla her adımda 0,0635 mm ilerleyeceğinden en düşük hız 3,81 mm/s olmaktadır.

Doğrusal bölüntüleri yapabilmek için bilgisayarda hazır olan menüye, adım cinsinden araba mesafesi ve işlem hızını, adet olarak da bölüntü sayısını girmek yeterlidir. Örneğin diş sayısı 36 olan bir düz dişli yapılması için, hangi modül freze çakısı ile işlenecekse ona göre bir dişli taslağı hazırlanıp divizörün aynasına bağlanmalıdır.

Gerekli hazırlıklar yapıldıktan sonra sırasıyla step motor sürücü devresi, PLC ve bilgisayarın divizör kumanda menüsünü açılır. Son olarak da PLC ile bilgisayarın haberleşmesi için, bağlantı ayarlarından *bağlan* tuşuna basılarak sistem hazır hale getirilir (Şekil 4).



Şekil 4. Divizör kumanda menüsü (9).

Sistemin kullanımı sırasında gerekli olan dönüşüm ve hesaplamalar Visual Basic yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Böylece düz ve helis dişli elemanlarının sisteme girilecek pals değerleri belirlenir. Elde edilen pals değerleri PLC vasıtası ile kod çözücüye iletilerek süreç başlatılır

### Deneysel Çalışmalar

Freze tezgahına PLC tabanlı divizör bağlanarak, önceden hazırlanmış dişli taslakları üzerinde doğrusal/açısız bölüntüler özellikle de klasik divizörde açılmayan konik helis dişli imal edilmiştir.

Klasik divizörden farklı olarak sistemde iş miline açı verilebildiğinden konik helis dişli kolaylıkla imal edilebilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Konik Helis dişlinin imalatı (9)

Çakı seçiminde önceki sistemde de olduğu gibi, diş sayısına uygun modül freze çakıları seçilmiştir. Bunlar modül 1 ve 1,5 freze çakılarıdır.

Doğrusal ve açılmal bölüntüler yapılırken malzeme cinsine bağlı olarak 0,5 mm talaş derinliği verilmiş, tezgah devri 800-1500 devir/min olarak ayarlanmıştır.

Geliştirilen PLC tabanlı divizörün prototip olması, talaş kaldırma işlemi esnasında bazı kısıtlamalar getirmiştir. Bunlar, helis dişli yapımında tablanın ilerleme hızının ve kurs boyunun sabit olmasıdır. Bütün açılmal bölüntülerde tabla 3,175 mm/s sabit hızla ilerlemekte ve yine aynı hızla geri dönmektedir. Tablanın çalışma kursu 63,5 mm olduğundan bir kurs 20 saniyede tamamlanmıştır. Diğer bir bölüntüye geçiş zamanı da 5 saniye olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla bir bölüntünün toplam talaş kaldırma süresi 45 saniyedir. Doğrusal bölüntülerde ise tablanın ilerleme hızı en düşük 3,81 mm/s olarak tasarlandığından, dişlinin genişliğine bağlı olarak ilerleme hızı artırılıp azaltılabilmektedir.

Helis dişlide tabla hızının ve kursun sabit olmasının sebebi ayna dönüşünün tabla hızı ile senkronize olarak

hareket ettirilmesi gereğidir ki bu da helis açısını vermektedir. Klasik divizör sistemindeki boşluktan dolayı, helis dişli açarken her bir bölüntü yapıldıktan sonra frezenin tablası aşağıya indirilip freze çakısının parçadan uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu sistemle dişlilerden kaynaklanan boşluklar elimine edilmiş olup hassas step motorlar kullanıldığından, tabla aynı helisel kanal üzerinden geri dönmektedir. Bu sonuç, aynanın hem saat yönü hem de tersi dönüşlerinde step motorun dönme hassasiyeti sınırlarında elde edilmektedir.

PLC Tabanlı divizörle diş sayısı 37 olan bir düz dişli çarkın açılması örneklenecek olursa; bu işlem için öncelikle dişli taslağı hazırlanıp divizörün universal aynasına bağlanır. Daha sonra bilgisayarda “divizör kumanda” programı açılır.

Örnek uygulama için aşağıdaki düz dişli verileri kullanıcı tarafından girilir. Bu değerler; düz dişli araba hızı ve araba mesafesi için darbe sayısı cinsinden, diş sayısı da adet cinsinden yazılır.

Diş sayısı = 37,

Dişli genişliği = 20 mm,

Kesici giriş/çıkış emniyet mesafesi = 5,4 mm,

Araba mesafesi = 20 + 5,4 = 25,4 mm (400 darbe)

Araba hızı = 4,445 mm/s (70 darbe/saniye),

Veriler girilip gönder butonuna basılarak bölüntü verileri sırasıyla PLC, kod çözücü ve step motorlara ulaştırılır. Sonrasında divizörün bağlı bulunduğu freze tezgahı uygun devirde çalıştırılarak operatör panelinden “başlat” butonuna basılır. Böylece 37 bölüntü bitene kadar hiçbir ek işlemin yapılmasına gerek kalmaksızın sistem otomatik olarak çalışır ve durur.

#### Deneysel Sonuçlar

Deneysel çalışmalarda genellikle step motorların torkunun düşük olması sebebiyle polyamid, alüminyum ve pirinç malzemeler tercih edilmiştir.

Çizelge 2. Dişli operasyonlarının klasik ve PLC tabanlı divizörle dakika olarak süreleri (9).

Yapılan İşlem	Klasik Divizör			PLC Tabanlı Divizör		
	Düz Dişli	Helis Dişli	Konik Dişli	Düz Dişli	Helis Dişli	Konik Dişli
Dişli taslağının elemanları ve dişli çark donanımı için hesaplamalar	11	14	20	0,1	0,1	1
Hesaplanan dişli çark donanımının Paraçol ve benzeri yardımcı elemanlarla hazırlanması ve takılması	14	16	16	3,5	4,5	5
Dişli taslağının torna tezgahında hazırlanması	8	8	8	8	8	8
Dişli taslağının (iş parçası) divizöre bağlanması	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
İş parçası üzerinde kesicinin sıfırlanması ve talaş derinliğinin verilmesi (0,1 mm)	1,5	1,5	1,5	1	1	1
Divizörde her bir bölüntü için harcanan süre	1	2	2	0,2	0,7	0,7
Bütün bölüntüler için harcanan toplam süre	37	64	64	7,4	25,9	25,9
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>72</b>	<b>104</b>	<b>110</b>	<b>20.5</b>	<b>40</b>	<b>41.4</b>

Çizelge 3. Üretim Sürelerinin karşılaştırılması (9).

Dişli tipi	İşleme Metodu		Süre tasarrufu (%)
	Klasik Divizör	PLC tabanlı divizör	
Düz dişli	72	20,5	351
Helis dişli	104	40	260
Konik dişli	110	41,4	265
Konik helis dişli	Yapılamıyor	41,4	-

PLC tabanlı divizörle açılan düz, helis ve konik dişliler klasik divizörle de tekrar aynı modül ve diş sayılarında açılmış olup, kronometre ile yapılan süre ölçüm sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur. Bu değerlerin yüzde olarak karşılaştırılmaları Çizelge 3’de verilmiştir.

### Tartışma ve Öneri

Klasik sistemde doğrusal veya açısız bir bölüntü imalatında, bölüntünün tipine, sayısına ve modülüne göre bir takım hesaplamalar yapılmaktadır. Hesaplanan sonuca göre divizör çevirme kolunun ne kadar döndürüleceği belirlenir. Her bir bölüntü aralığı için divizör delikli aynası üzerindeki delik sayısına bağlı olarak, divizörün çevirme kolu döndürülür ve pim uygun deliğe oturtulur. Bu işlem her bir bölüntü için tek tek yapılır. Divizör çevirme kolu bir delik sayısı kadar bile ileri veya geri hatalı çevrilirse bölüntü eşit olmaz. Oysa yeni sistemde, ilerleme hızları ve ayna dönme hızları Visual Basic yazılımı kullanılarak hesaplanmakta, her bir adımın ilerlemesi eksiksiz ve otomatik olarak yapılmaktadır.

Açısız veya helisel bölüntüler yapılırken klasik divizörde her bir bölüntü için talaş kaldırma işlemi bitirildikten sonra freze tezgahı durdurulur ve tezgahın tablası “Z” ekseninde aşağıya doğru indirilerek kesicinin iş parçasından uzaklaştırılması sağlanır. Diğer bir bölüntünün işlenebilmesi için divizörden çevirme işlemi yapıldıktan sonra, tabla “Z” ekseninde aynı miktarda yukarıya kaldırılır ve talaş kaldırma işlemine devam edilir. Bu işlem her bir bölüntü için tekrarlanır. Oysa yeni sistemde, her paso için verilen talaş derinliği bölüntü sayısı tamamlanmaya kadar devam eder. Toplam derinlik elde edilmeye kadar bu işlem her paso için tekrarlanır. Klasik divizörde her bir diş için yapılan işlem bu sistemde her bir tur için yapılmış olur. Bölüntünün tamamı bitene kadar başka hiçbir işlemin yapılmasına gerek kalmaz.

Klasik divizör sisteminde doğrudan yapılamayan bölmeler (yedirmeli bölme) ile açısız bölüntülerin yapılmasında, divizör ile tabla mili arasında dişli tertibatının takılması gerekmekte iken, geliştirilen divizörde hiçbir dişli tertibatına gerek kalmadan bölüntüler rahatlıkla yapılabilmektedir. Klasik sistemde iş parçası üzerinden talaş kaldırma işlemi tezgah tablasının ileri/geri hareketi ile sağlanırken, yeni sistemde; freze tablası yerine divizörün tablası bu hareketi otomatik olarak yapmaktadır.

İlk kez yapılan bu prototip çalışma ile alüminyum ve polyamid gibi yumuşak malzemelerin işlenmesi gerçekleştirilmektedir. Ancak çelik gibi sert malzemelerin işlenmesi gerektiğinde daha büyük kesme kuvvetlerini karşılayabilecek güçte motorlar kullanılmalıdır. Ayrıca endüstriye yönelik olarak konstrüksiyonun büyük kesme kuvvetlerine göre yeniden tasarlanması ve yapılması gerekmektedir.

### Sonuçlar

Geliştirilen PLC tabanlı divizör ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Modül, diş sayısı ve diş genişliği gibi değerler bilgisayara girilerek gerekli hesaplamaların otomatik olarak yapılması ve bölüntünün tamamı bitene kadar işlemin devam etmesi sağlanmıştır.
- Bölüntüleri yapmak için divizöre ve freze tablasına hiçbir dişli bağlantısı yapılmasına ve tezgah tablasının ilerlemesine gerek kalmamış ve divizör tablasının ilerleme hızı bilgisayardan girilerek işlem bitinceye kadar ileri - geri hareketi yapılması sağlanmıştır.
- Geleneksel divizörle dişli açmadaki toplam süreler göre %260 ile %350 arasında zamandan tasarruf sağlanmıştır.
- Geleneksel divizörle açılmayan konik helis dişlinin imalatı gerçekleştirilmiştir.

### Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, 07/2003-39 no’lu projedeki maddi katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- (1) Özek, C, 2002. Dikey İşleme Merkezli CNC Freze Tezgahında Makro Programlar Kullanılarak Düz Dişlilerin İmalatı, Mühendis ve Makina, 512.
- (2) Özel, C, 2000. Düz Konik Dişlilerin Sayısal Denetimli Freze Tezgahlarında Hassas Şekilde Açılmasının Tasarımı ve İmalatı, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- (3) Karpas, F ve Çavdar, K, 1999. Dişli Çark Mekanizmalarının Bilgisayar Yardımı ile Boyutlandırılması, Makine- İmalat Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, Konya.
- (4) Rao, C, 1992. Finite Element Modeling and Stress Analysis of Helical Gear Teeth, Computers and Structures, 49, 6, 1095-1106.
- (5) Arıkan, MAS. ve Tamar, M, 1992. Tooth Contact and 3-D Stress Analysis of Involute Helical Gears. Proceedings the ASME 1992 6<sup>th</sup> International Power Transmission and Gearing Conference, 256-301.
- (6) İpekçioğlu, N, 1984. Frezecilik, Milli Eğitim Basım Evi, İstanbul.

- (7) Nebiler, İ, 2000. Freze Tezgahında Bölme İşlemleri, Tesviyecilik Atölye İş ve İşlem Yaprakları, Modül Teknik Eğitim ve Hizmet Organizasyonu, Manisa.
- (8) Özkara, H, 1998. Özel Frezeleme İşlemleri Tesviyecilik Meslek Teknolojisi III, İlksan Matbaacılık San., Ankara.
- (9) Kaya, S, 2004. “PLC Tabanlı Divizör İmalatı”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- (10) Morse, MJ, 1994. Adım Motorları, Mikroişlemci Tabanlı Sistemler 5<sup>nd</sup> Edit., Evren Ofset A.Ş., Ankara.