

Frezeleme İşlemlerinde Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu

Zafer Tekiner

Dr.

Abdulkadir Güllü

Yardımcı Doçent

Makina Eğitimi Bölümü
Teknik Eğitim Fakültesi
Gazi Üniversitesi
06500 ANKARA

Yapılan bu çalışmada tek pasolu frezeleme işlemleri için, "En Fazla Üretim" ve "En Düşük Maliyet" kriterleri esas alınarak kesme parametrelerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Öncelikle, frezeleme operasyonu için iş parçasının unsurları CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) ortamında katı model olarak tasarlanmaktadır. Tasarlanan iş parçası "Unsur Tanıma" modülü tarafından tanımlandıktan sonra, bu unsurlara göre takım tutucular, kesici uçlar ve uç cinsleri seçilmektedir. Bu veriler kullanılarak her bir işleme operasyonu için ayrı kesme parametrelerinin optimizasyonu "Kristal tarama yöntemi" ile yapılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Frezeleme, Kesme Parametreleri, Optimizasyon.

KESME PARAMETRELERİ ARASINDAKİ BAĞINTILAR

Takım aşınması, takım ömrünü belirleyen en önemli kriter olmakla beraber, daha iyi bir değerlendirme yapabilmek için diğer kriterlerin de dikkate alınması gerekir.

Bu kriterler;

- İşlenen yüzeyin kalitesinin değişmesi,
- Kesme kuvvetlerinin büyümesi sonucu tezgah ve iş parçasındaki sapmalar sebebiyle iş parçasının boyutlarının değişmesi,
- İşleme sıcaklığının değişmesi.

Bütün talaş kaldırma işlemlerinde, ekonomik işlemenin en önemli faktörü olan kesme hızının doğru seçilmesi gerekir. Bu sebeple doğru kesme hızı, genellikle kesme parametresi-takım ömrü ilişkisine dayanan modellerden yola çıkılarak belirlenir. Takım ömrünü tayin etmede en çok kullanılan modeller [9];

- Taylor Modeli,
- Gilbert Modeli,
- Kronenberg Modelidir.

Taylor Modeli, günümüzde takım ömrü tayininde en fazla kullanılan modeldir ve pek çok standarda da referans teşkil etmektedir. Takım ömrü (T), kesme hızı (V) ve ilerleme (f)'nin bir fonksiyonu olarak ifade edilen Taylor Modeli, yaygın olarak (1)'deki formülasyonu ile bilinmektedir.

$$VT^n = C \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

n: Öncelikle takım malzemesine bağlı olmakla beraber iş parçası malzemesinden, kesme şartlarından ve ortamından da etkilenen bir katsayıdır. Bu katsayı, kesme hızı-takım ömrü ilişkisini veren eğrilerin logaritmik grafiklerinden elde edilebilir (Şekil 1).

C: İlerleme başta olmak üzere tüm girdi parametrelerine bağlı bir sabittir.

Gilbert tarafından 1950 yılında geliştirilen yeni bir model, kesme hızı ile birlikte ilerleme (f) ve talaş derinliğini de (a) dikkate alarak, Taylor modelinin tamamlayıcısı olmuştur. Bu modele göre takım ömrü (T) aşağıdaki eşitlikten elde edilebilir.

$$T = \frac{K}{V^n \cdot f^{n_1} a^{n_2}} \quad (2)$$

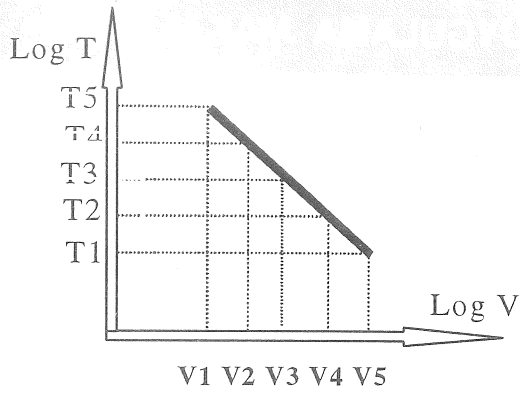
K : Oransal bir sabit (Tablo 1),

f : İlerleme miktarı (mm/dev),

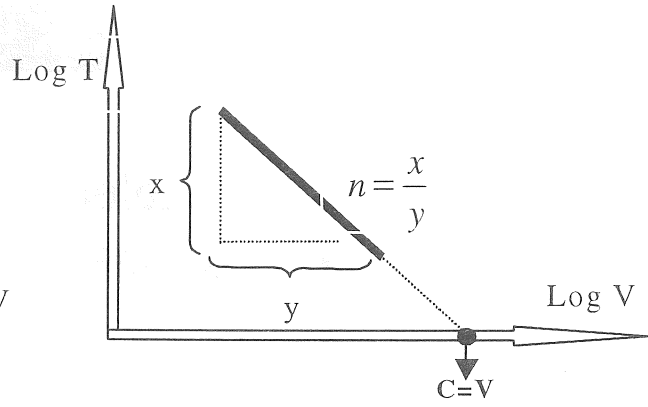
n₁ : İlerlemeye ait katsayı,

n₂ : Talaş derinliğine ait katsayıyı

tanımlamaktadır.



Şekil 1. a) V-T ilişkisinin "log-log diyagramı"



b) Eğim ve n üssü ile C katsayısı

Bu bağıntıdaki K , n , n_1 , n_2 katsayılarının değerleri, çeşitli araştırmacılar tarafından çeşitli kesme koşulları için deneysel olarak tayin edilmiştir. Söz konusu değerler arasında oldukça büyük farklılıklar göze çarpmaktadır. Ancak bu hususta yapılan araştırmalar $n > n_1 > n_2$ ortak sonucunda birleşmişlerdir. Yani ömür üzerine en büyük etkiyi; kesme hızı (V) ondan sonra ilerleme (f) ve en az değerde de talaş derinliği (a) yapmaktadır [8].

Tablo 1. Takıma göre N ve K değer aralıkları

Kesici Takım	n	K
Yüksek Karbonlu Çelik	0.081-0.111	190-299
HSS	0.06-0.18	46-290
Sert Maden Uç	0.156-0.167	400-800

Kronenberg [8], Gilbert tarafından elde edilen (2) bağıntısında, talaş kesitini " $A_s=f.a$ " ve talaş kalınlığı-ilerleme oranını $G=a/f$ cinsinden ifade ederek aşağıdaki bağıntıyı bulmuştur.

$$T = 60 \cdot \left[\frac{C_{vm} \cdot (G/5)^g}{A_s^z \cdot V} \right]^{1/n} \quad (3)$$

Ayrıca, pek çok araştırmacının yayınladığı sonuçları analiz ederek birçok malzeme çeşidi için C_{vm} katsayısı ve g , z üslerinin değerlerini tespit etmiştir. Ancak, pratikte kesme parametreleri; talaş kesiti ve talaş kalınlığı-ilerleme oranından çok, kesme hızı, ilerleme ve her paso için talaş derinliği ayrı ayrı ele alınmaktadır. Bu nedenle takım ömrü denklemi olarak Gilbert bağıntısı daha çok kullanılmaktadır [1].

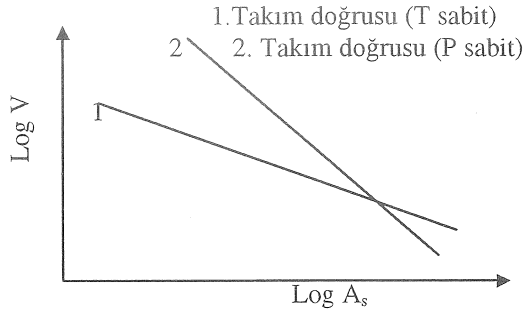
Sabit bir takım ömrü için optimum kesme hızındaki değişme talaş derinliğinden daha çok, ilerlemedeki değişmeye karşı duyarlıdır. Sabit bir kesme hızında daha yüksek ilerleme değerleri takım ömrünün kısalmasına sebep olmasına rağmen, daha yüksek işleme hızı ve daha fazla talaş hacmi demektir. Kesme hızı ile ilerlemenin çeşitli kombinasyonları aynı takım ömrünü verecek şekilde düzenlenebilir. Talaş kaldırmada ekonomik parametreleri tayin etmek için özellikle kaba işlemede, ilerleme mümkün olduğunca artırılmalıdır. Ancak gereğinden fazla talaş hacmi takım tezgahının gücünü zorlayacağından, güç kontrolünün yapılmasını da gerektirir. İşlenen malzemede hedeflenen kaba yüzey pürüzlülüğü, takım tezgahının gücü ve kesici ucun kaldırabileceği talaş derinliğine göre mümkün olan en büyük ilerleme ve kesme hızının seçilmesi gerekmektedir.

Teknik Açıdan Optimum Kesme Faktörleri

(2) bağıntısından yararlanılarak, kesme faktörleri arasındaki talaş kesitinin $A_s=f.a$ olduğu göz önünde tutulursa, belli bir takım-iş parçası malzemesi çifti, sabit bir ömür (T) ve belli bir a/f oranı için kesme hızı (V) ile talaş kesiti A_s arasında bir bağıntı elde etmek mümkündür. Logaritmik koordinat sisteminde bu bağıntı bir doğrudur (Şekil 2, 1 doğrusu). Buna $V-A_s$ veya takım doğrusu adı verilir [2].

Aynı zamanda kesme faktörleri cinsinden tezgah motor gücü,

$$P_m = \frac{k_s \cdot A_s \cdot V}{60000 \cdot \eta_m} \quad (4)$$



Şekil 2. Teknik açıdan optimum kesme hızı

şeklinde ifade edilebilir. Burada “ k_s ”, iş parçası malzemesinin kesme mukavemeti, kesme açısı, takım geometrisi gibi faktörlere bağlı olan özgül kesme kuvvetini ifade etmektedir [3]. “ η_m ” ise, tezgahın kinematik sisteminin verimini ifade etmektedir. Belirli bir tezgah ve iş parçası-takım malzemesi çifti için P_m , η_m ve k_s 'nin sabit olduğu düşünülürse, (4) bağıntısına göre, V ile A_s arasında bir bağıntı kurulabilir. Bu bağıntı, çift logaritmik koordinat sisteminde, tezgah doğrusu adını taşıyan bir doğru ile temsil edilebilir (Şekil 2, 2 doğrusu). Aslında, güç sınırını temsil eden bu grafikten, talaş kesimine bağlı olarak kesme hızının seçimi tezgah gücünün tüm kapasitesinin kullanıldığı anlamını taşımaktadır.

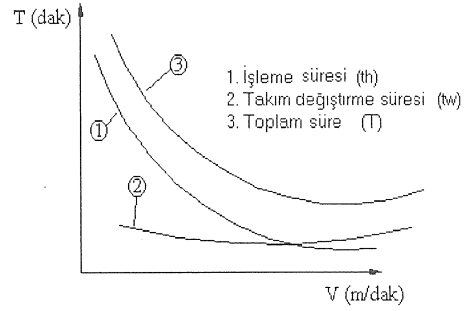
Takım ve tezgah doğruları, Şekil 2’de olduğu gibi gösterilirse, doğruların kesiştiği C noktası, teknik açıdan optimum çalışma konumunu belirler. Bu noktayı belirleyen kesme faktörleri seçildiği zaman takım ömrü ve tezgah gücü tam olarak kullanılmış olur. Bu yüzden kaba talaş kaldırma işleminin, C ile gösterilen çalışma konumunda gerçekleştirilmesi, çok iyi sonuçlar vermektedir.

Maksimum Üretim Açısından Optimum Kesme Faktörleri

İmalatta toplam üretim süresi hazırlık süresi ve işleme süresi olmak üzere ikiye ayrılır. Hazırlık süresi; parça sayısına bağlı olmayan, resimlerin ve teknolojik verilerin incelenmesi, iş yerinin hazırlanması, tezgah ve takımların ayarlanması gibi tüm hazırlıkla ilgili sürelerin toplamıdır. İşleme süresi ise üretilecek parça sayısına bağlı olan ve iş parçasını işlemek için harcanan sürelerin toplamıdır.

Optimizasyon bakımından toplam üretim süresini; hazırlık süresi (t_r), işleme süresi (t_h) ve takım değiştirme süresi (t_w) olmak üzere üçe ayırmak daha uygundur. Bu zamanların kesme hızına göre durumu ele alınırsa; hazırlık süresinin

kesme hızına bağlı olmadığı ancak kesme hızının artması ile işleme süresinin azaldığı görülür. Aynı şekilde kesme hızının büyümesi ile, takımın daha çabuk körelendiği ve belirli bir süre içerisinde bitmesi veya yenilenmesi için daha çok değiştirileceği düşünülürse, kesme hızının artması ile takım değiştirme süresinin artacağı söylenebilir. Bu süreler kesme hızına bağlı olarak bir grafik üzerinde gösterilirse toplam üretim süresinin kesme hızının bir değeri (V_{zopt}) için minimum bir değer aldığı görülür (Şekil 3).



Şekil 3. Maksimum üretim açısından optimum kesme hızı

Analitik bakımdan, optimum ömrü tayin etmek için toplam süre ifadesi yazılıp kesme hızına göre türevi alınıp sıfıra eşitlenirse veya birim zamanda işlenen parça sayısı ifadesinin takım ömrüne göre türevi alınıp sıfıra eşitlenirse verimlilik bakımından optimum ömür,

$$T_{zopt} = (k-1) \cdot t_w \quad (k = \text{kullanılan uç sayısı}) \quad (5)$$

şeklinde bulunur.

Minimum Maliyet Açısından Optimum Kesme Faktörleri

Genelde parça maliyetinin sınıflandırılması birçok kritere göre yapılır. Bunların en çok kullanılanlarından birine göre bir parçanın imalat maliyeti:

$$K_F = K_U + K_{ML} + K_{WT} \quad (6)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada “ K_U ” malzeme, bağlama tertibatları ve donanım maliyeti; “ K_{ML} ” tezgah masraflarını ve işçilik giderlerini kapsayan tezgah ve işçilik maliyeti; “ K_{WT} ” takım maliyetidir [2].

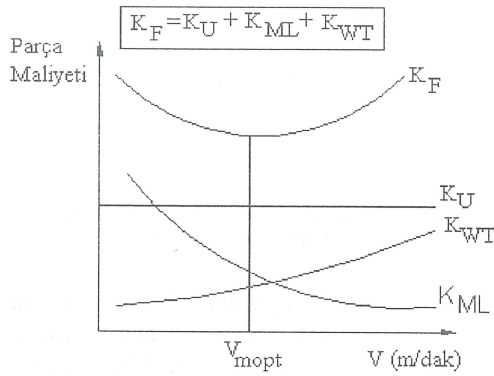
Malzeme ve tesisat maliyeti (K_U) kesme hızına bağlı değildir. Ancak kesme hızının büyümesi ile tezgah ve işçilik maliyeti (K_{ML}) azalır ve takım maliyeti (K_{WT}) büyük ölçüde aşınmaya bağlı

olduğundan büyüktür. Bu bağıntılar tek bir grafik üzerinde temsil edilirse, eğrilerin toplamı maliyet-kesme hızı bağıntısını verir (Şekil 4). Burada kesme hızının belli bir değerinde parça maliyeti minimum olur. Maliyetin minimum değerine karşılık gelen hızı maliyet bakımından optimum kesme hızı (V_{mopt}) denir.

Parça maliyeti kesme faktörleri cinsinden ifade edilip takım ömrü T 'ye göre türevi alınıp sıfıra eşitlenirse minimum maliyet açısından takım ömrü

$$T_{mopt} = (k - 1) \cdot (t_w + \frac{60 \cdot K_{WT}}{K_{ML}}) \quad (7)$$

şeklinde bulunur.



Şekil 4. Maliyet açısından optimum kesme hızı

UNSUR TANIMA MODÜLÜ

Unsur tanıma modülünün girdisi CAD ortamında üç boyutlu olarak tasarlanmış parçanın DXF veri yapısındaki dosyasıdır. Programdaki unsur tanıma modülü yardımıyla, iş parçasının DXF dosyasındaki vertex noktaları bulunur. Bu vertex noktaları, kenarları bulmak amacıyla öncelikle büyükten küçüğe doğru sıraya sokulur. Sıraya sokulan vertex noktaları, kenar bulma kuralları yardımıyla kontrol edilir ve kenarlar bulunur. Bulunan kenarlar yardımıyla da yüzeyler bulunur. Unsur tanıma kuralları yardımıyla komşu yüzeyler bulunarak unsurlara karar verilir. Bulunan unsurlar, işleme özellikleri dikkate alınarak gerekli kesici veya kesiciler, kesici veri tabanından bulunarak ilgili unsura atanır. Örnek olarak, taban yüzeyi geniş olan bir düz kanal, kanal olarak değil de; sırasıyla dikey düzlem, yatay düzlem ve dikey düzlem olarak algılanır. Bu kararın alınmasındaki en önemli

özellik, düz kanalın taban yüzey genişliğinin alın freze çakısı ile işlenebilir olmasıdır. Nihai adım olarak, unsurun özelliğine göre boyutları çıkarılır. Bulunan boyutlara göre, kesici veri tabanından kesicilerin seçimi yapılır ve bu kesicilerin söz konusu unsur için parçaya giriş ve çıkış koordinatları atanır. Bulunan bu unsur boyutları, kullanılacak kesici veya kesicilerin işleme giriş çıkış koordinatlarıyla bir bütün olarak değerlendirilir.

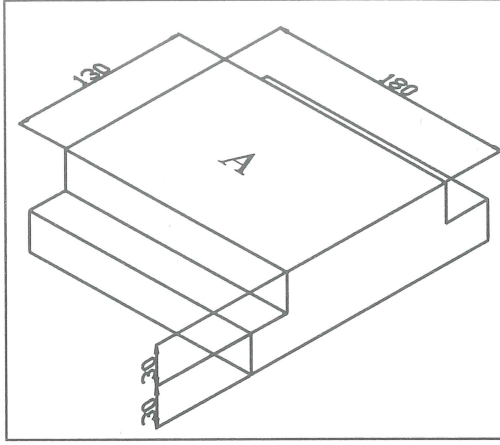
Bu makalede, bu boyutlara ve kesicilere göre parçadaki her unsurun her kesicisi için ayrı ayrı optimizasyon değerlerinin hesaplanması ve kullanılan yöntem ele alınmıştır.

KULLANILAN YÖNTEM VE UYGULAMALAR

Geliştirilen sistem, kullanıcıdan en az veri olarak optimizasyon işlemini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Optimizasyon işlemi için gerekli olan kesici verileri iş parçasına göre belirlenmektedir. Bu veriler katı model olarak çizilmiş CAD dosyalarından çıkarılmaktadır [11]. Bu çalışmada, sadece optimizasyon yöntemi anlatılmaktadır. Ayrıca, Şekil 5'deki örnek parça için bulunan değerler ve grafikleri verilmiştir.

Talaş kaldırma koşullarını belirleyen kesme parametreleri; kesme hızı (V), ömür (T), talaş derinliği (a) ve ilerleme (f) dir. Kesme hızı, seçilen takıma göre kullanılan kesici uç ile iş parçasının malzemesi için oluşturulan veri tabanından alınmaktadır. Alınan bu değer belirli bir aralık değeridir. Bu aralık değerindeki en uygun kesme hızı ve ilerleme değeri, talaş derinliği ve tezgah gücü değerine göre belirlenmektedir. Ayrıca takım ömrü (T) kullanıcı tarafından girilebilmekte ve değişik değerler için optimizasyon işlemi yapılabilmektedir. Kullanıcı tarafından takım ömür değeri girilmediği takdirde, program tarafından bu değer V_{60} ve V_{240} aralığında seçilerek optimizasyon işlemi yapılmaktadır. Şekil 5'deki iş parçası için takım ömrü değeri V_{60} ve V_{240} olarak alınmış ve optimize edilmiştir. Şekil 5 'de verilen örnek iş parçasının A yüzeyini işlemek için, kullanıcı girdileri ve program tarafından seçilen kesici takım, kesici uç ve uç cinsi görülmektedir.

Optimizasyon yönteminin esası Gilbert modeline dayanmaktadır. İş parçasının kaba ölçülerinden, çizimden elde edilen ölçüler çıkarılarak kaldırılacak toplam talaş derinliği (a_{top}) bulunmaktadır. Her bir operasyon için kesicinin kesme genişliğine göre talaş kalınlığı bölünerek maksimum talaş derinliği bulunmaktadır. Daha sonra seçilen amaç fonksiyonuna göre (maksimum



Kullanıcı Girdileri
İş Parçası Malzemesi: St-60

Kaba Boyutlar: 200x200x70 mm
 İş Parçası İges Dosyası : Ornek1.igs
 Tezgah Gücü: 6KW

Program Tarafından Bulunan Veriler

Kesici Takım: F90SD-D160-40-CP12
 Kesici Uc: SDMR 1205-PDR-HQ
 Kesici Uc Cinsi: IC520M
 Kesici Uc Kesme Genişliği: 9.6 mm

Şekil 5. Örnek iş parçası

üretim veya minimum maliyet), optimum takım ömrü hesaplanmaktadır. (2) nolu bağıntı yardımıyla sınırlayıcı şartları sağlayan kesme hızı-ilerleme çiftleri elde edilmekte ve bunlar arasında amaç fonksiyonuna göre en iyi sonucu veren çift, optimum kesme faktörleri olarak alınmaktadır. Optimizasyon işlemi aşağıdaki sırada yapılmaktadır.

Öncelikle unsur tanıma modülünde belirlenen unsurun boyutuna göre kullanılacak takım ve bu takımda kullanılacak ucun özelliğine göre maksimum talaş derinliği (a_{max}) belirlenir.

Kesici ucun ve malzemenin cinsine göre seçilen kesme hızı aralığına ve genişletilmiş Gilbert bağıntısına göre, her bir kesme hızı aralığı için ilerleme değerleri bulunur. Bulunan kesme hızı ve ilerleme değerlerinden en büyük olanları alınarak (4)

nolu tezgah gücü eşitliğinde yerine konur. Bulunan değerler (4) nolu bağıntıyı sağlamıyorsa, a_{max} değeri 0.5 mm azaltılarak tekrar birinci adıma geri dönülür. Tezgah gücünü sağlayan “talaş derinliği, kesme hızı ve ilerleme değerleri” optimum kesme parametreleri olarak alınır.

Şekil 5 için program tarafından bulunan veriler ve yukarıda anlatılan yöntem kullanılarak “A” yüzeyi için optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Maksimum 9.6 mm’lik talaş derinliğinden başlanarak her 0.5 mm’lik azaltma ile yapılan optimizasyon işleminde, tezgah gücüne uygun olarak bulunan son kesme hızı ve ilerleme değerleri aşağıda verilmektedir. Ayrıca, diğer talaş derinlikleri için tezgah gücü değerleri de grafik olarak verilmiştir.

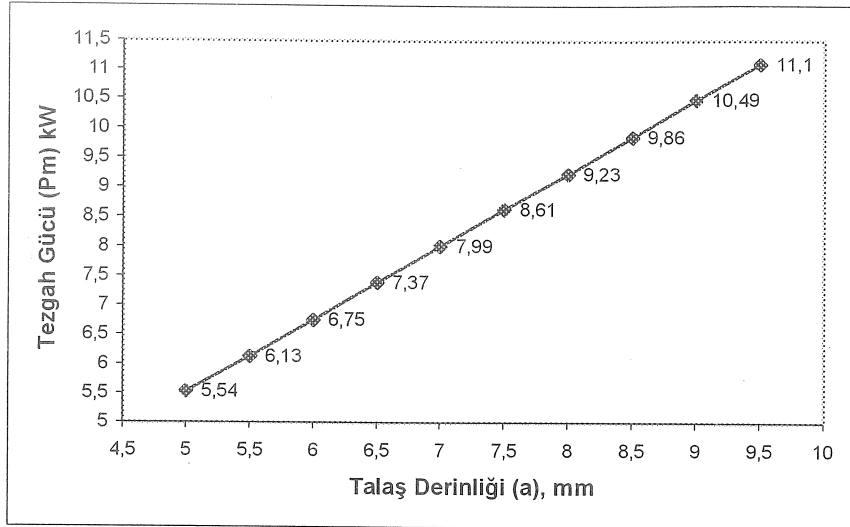
Maksimum Üretime Göre Veriler

ilerleme değeri.....:116.90
 kesme hızı değeri...:202.00
 ilerleme değeri.....:117.52
 kesme hızı değeri...:203.00
 ilerleme değeri.....:118.13
 kesme hızı değeri...:204.00
 ilerleme değeri.....:118.74
 kesme hızı değeri...:205.00
 ilerleme değeri.....:119.36
 kesme hızı değeri...:206.00
 ilerleme değeri.....:119.97
 kesme hızı değeri...:207.00
 ilerleme değeri.....:120.59
 kesme hızı değeri...:208.00

ilerleme değeri.....:121.20
 kesme hızı değeri...:209.00
 ilerleme değeri.....:121.82
 kesme hızı değeri...:210.00
 ilerleme değeri.....:122.43
 kesme hızı değeri...:211.00
 ilerleme değeri.....:123.046
 kesme hızı değeri...:212.00
 ilerleme değeri.....:123.66
 kesme hızı değeri...:213.00
 ilerleme değeri.....:124.28
 kesme hızı değeri...:214.00
 ilerleme değeri.....:124.89
 kesme hızı değeri...:215.00

ilerleme değeri.....:125.51
 kesme hızı değeri...:216.00
 ilerleme değeri.....:126.12
 kesme hızı değeri...:217.00
 ilerleme değeri.....:126.74
 kesme hızı değeri...:218.00
 ilerleme değeri.....:127.36
 kesme hızı değeri...:219.00
 ilerleme değeri.....:127.97
 kesme hızı değeri...:220.00

DÜZLEM YÜZEY FREZELEME
 ilerleme değeri.....:127.97 mm/dk
 kullanılacak devir.:437 dev/dk
 kesme hızı değeri...:220.0 m/dk
 talaş derinliği.....:5.00 mm
 tezgah gücü.....:5.54 kw



Şekil 6. Maksimum üretime göre talaş derinliği ve tezgah gücü ilişkisi

Minimum Maliyete Göre Veriler

ilerleme değeri....:88.60
kesme hızı değeri...:202.00

ilerleme değeri....:89.06
kesme hızı değeri...:203.00

ilerleme değeri....:89.53
kesme hızı değeri...:204.00

ilerleme değeri....:89.99
kesme hızı değeri...:205.00

ilerleme değeri....:90.46
kesme hızı değeri...:206.00

ilerleme değeri....:90.92
kesme hızı değeri...:207.00

ilerleme değeri....:91.397
kesme hızı değeri...:208.00

ilerleme değeri....:91.85
kesme hızı değeri...:209.00

ilerleme değeri....:92.32
kesme hızı değeri...:210.00

ilerleme değeri....:92.79
kesme hızı değeri...:211.00

ilerleme değeri....:93.25
kesme hızı değeri...:212.00

ilerleme değeri....:93.72
kesme hızı değeri...:213.00

ilerleme değeri....:94.18
kesme hızı değeri...:214.00

ilerleme değeri....:94.65
kesme hızı değeri...:215.00

ilerleme değeri....:95.12
kesme hızı değeri...:216.00

ilerleme değeri....:95.58
kesme hızı değeri...:217.00

ilerleme değeri....:96.05
kesme hızı değeri...:218.00

ilerleme değeri....:96.52
kesme hızı değeri...:219.00

ilerleme değeri....:96.99
kesme hızı değeri...:220.00

DÜZLEM YÜZEY FREZELEME

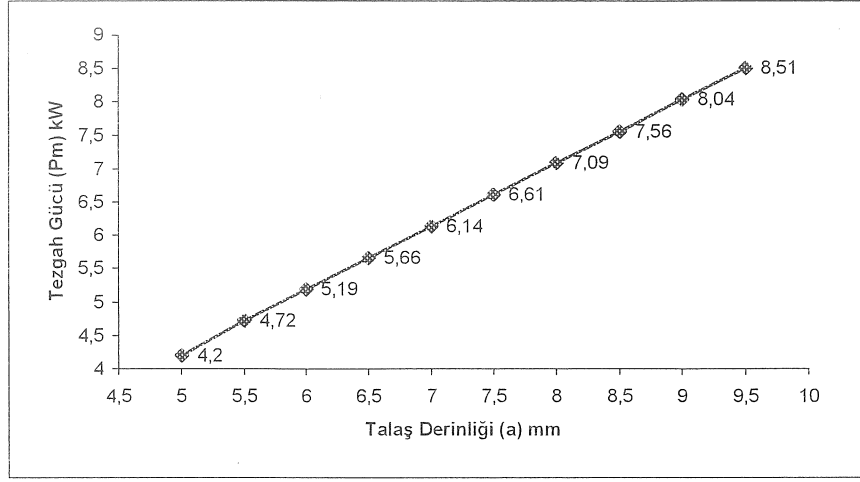
ilerleme değeri.....:96.99 mm/dk

kullanılacak devir...:437 dev/dk

kesme hızı değeri...:220.00 m/dk

talaş derinliği.....:6.5 mm

tezgah gücü.....:5.66 kw



Şekil 7. Minimum maliyete göre talaş derinliği ve tezgah gücü ilişkisi

SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile kaba frezeleme işlemleri için iki ayrı metot da (Maksimum Üretim, Minimum Maliyet) optimizasyon işlemi kristal tarama yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için gerekli olan kesici veri tabanları ve malzeme veri tabanları geniş olarak hazırlanmıştır. Veri tabanlarının geniş olması ve bir Unsur Tanıma Modülüyle desteklenmesi, optimizasyon işlemi sırasında kullanıcı etkileşimini en aza indirmektedir. Ayrıca, kesici uçlar için ISO1832, takım tutucuları için ISO 5608 ve bunların muadili olan TS 7528, 8023, 8059, 7529, 7818 ve 7819 standartlarına uyan, ISCAR Firmasının kesici takımları ve uçlarından veri tabanı oluşturulmuştur. Optimizasyon işlemi, bu kesici veri tabanından seçilen takım tutucu (kater) ve kesici uç ve uç cinslerine göre yapıldığı için üretimle birebir ilişkilidir. Elde edilen değerler, kesici üreten firma katalogundaki, kesme aralıklarını baz alarak yapılan iterasyonlar sonucunda bulunmuştur. Bu yüzden üretici firma tavsiyelerine göre talaş derinliği ve tezgah gücü arasındaki ilişkiye bağlı olarak ideal kesme hızı ve ilerleme değerleri hesaplanmıştır.

Program, değişik firmaların kesici veri tabanlarının eklenmesine izin verecek şekilde hazırlanmıştır.

OPTIMIZATION OF THE CUTTING PARAMETERS IN MILLING OPERATIONS

In this study, optimization of cutting parameters has been achieved using both "maximum production" and "minimum cost" criteria for the single pass milling operation. For a milling operation, the features of the workpiece are firstly designed as solid model in CAD (Computer Aided Design) software. Tool holders, cutting tips and the types of tips are then selected according to these features after the workpiece has been recognized by the "Feature Recognition" module. For each machining operation the optimization of the cutting parameters is individually obtained with "Crystal Search Method" using obtained data.

Keywords: Milling, Cutting Parameters, Optimization.

KAYNAKÇA

1. Tekiner, Z., Grup Teknolojisi Esaslı Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması, *Doktora Tezi*, G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998, Ankara, Türkiye.
2. Akkurt, M., Mestçi, H., Bilgisayar Yardımıyla Tornalama İşleminde Talaş Kaldırma Faktörlerinin Optimizasyonu, 5. Ulusal Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, Makina Bölümü, 16-18 Eylül, ODTÜ, Ankara, 1992.

3. Akkurt, M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, *Birsen Yayınevi*, İstanbul 1991.
4. Kusiak, A., Intelligent Manufacturing System, *Prentice Hall International Series in Industrial and System Engineering*, New Jersey 1990.
5. Henderson, M. R., Anderson D. C., Computer Recognition and Extraction of From Features, A CAD/CAM Link, *Computer in Industry*, Vol. 5, p. 329-339, 1984.
6. Kung, H. K., An Investigation into The Development of Process Plans From Solid Modelling Representations, *Ph.D.* Oklahoma State University, USA, 1984.
7. Loshi, S., Vissa, N. N., Chang, T. C., Expert Process Planing System With Solid Model Interface, *International Journal of Production Research*, Vol. 26, p. 863-885, 1988.
8. Kronenberg, M., Machining Science and Application, *Pergamon Press*, 1996.
9. Şeker U., *Takım Tasarımı Ders Notları*, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 1997.
10. ISCAR Kesici Takım Katalogu, İsrail, 1996
11. Tekiner Z., Şeker U., Üç Boyutlu Modellerde Unsur Tanıma, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Eylül 1998.