

## **VİDA AÇMADA TALAŞIN OLUŞMASINA HARCANAN İŞİN VİDALI PARÇANIN YORULMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**Eldar FETULLAYEV Hamza Kemal AKYILDIZ, Atila Abir İĞCİ**

Bozok Üniv. Yozgat MMF Makina Mühendisliği Bölümü, YOZGAT, Türkiye

### **ÖZET**

Talaş kaldırma ile imal edilen parçadan kaldırılan tabakanın talaşa dönüşmesi için harcanan işin büyük bir kısmı ısıya dönüşürken % 1 oranı da yüzey tabakanın kristal kafesinin, dislokasyon ortamının ana malzeme niteliklerinden farklı bir nitelik kazanmasına harcanır. Bu enerji kaynağı talaş kaldırma ile imal edilmiş parçanın yorulma dayanımını, kırılmasını ve diğer çalışma özelliklerini önemli etkilemektedir. Sunulan bildiri Bozok Üniversitesinde farklı kesme hızlarında, takım aşınması ortamlarında imal edilmiş vidalı parçaların yorulma deney sonuçları talaş kaldırma açısından değerlendirilmiştir. Bu nedenle vidalı yorulma deney numunelerinin imal edildiği talaş kaldırma ortamında vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın sıkışma katsayısı, bu tabakanın kaldırılması için gerekli Pz kuvveti, vida dişi dibindeki sıcaklık ve takım parça temas alanındaki sürtünme kuvveti de incelenmiştir. Belirlenmiştir ki vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın talaşa dönüşmesine harcanan birim işin değişmesi ile vidalı parçanın yorulma dayanımı değişmektedir. Elde edilen sonuçlar vidalı parçanın ve birleşmenin maliyeti yüksek olan yorulma deneyleri yapmadan, belirlenmesi daha kolay olan talaş kaldırma ortamı parametreleri ile nitelikçe değerlendirilmesinde, parçanın ve birleşmenin tasarım aşamasında ne kadar güvenli ve emniyetli olması ihtimalinin hesaplanmasında v.s de kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Plastik deformasyon, talaş kaldırma, vida açma, yorulma deneyleri

## **THE EFFECT OF THE CUTTING ENERGY ON THE FATIGUE LIFE OF THE THREADED SPECIMENS**

### **ABSTRACT**

While the most of the energy dissipates into heat during the machining a little of it (%1) makes the difference between the surface layer and the main body properties of the part. So this little energy has a great effect on the fatigue life of the part.

In this study the results of the fatigue experiments of the threaded test specimens machined at different cutting speeds, tool wears are investigated according to the machining conditions. For this purpose the chip thickness ratio, the main cutting force component, mean cutting temperature and friction force on the rake face of the tool are defined. It is defined that the fatigue life of the part is getting rise by rising the energy used to produce thread chip.

The results show that machining experiments can be used to determine the fatigue life of the part instead of fatigue experiments which are very expensive.

**Keywords:** Fatigue life experiments, Thread machining, cutting force, Friction force, plastic deformation

## 1. GİRİŞ

Günümüzde parçanın yorulma dayanımını etkileyen faktörleri genel olarak aşağıdaki gibi gruplara ayırarak bir çok araştırmalar yapılmıştır.

- Parçanın en zayıf kesit alanının boyutları ve biçimleri (silindirik, düzlem, çentik faktörlü vs.)
- Parça malzemesi
- Çalışma ortamının özellikleri (Parçayı çalışma esnasında etkileyen çekme, basma, burulma, eğilme deformasyonları ve bunların çeşitli kombinasyonları, agresif, korozif ortam, yüksek sıcaklık vs.)
- Parça imalat yöntemleri (tornalama, frezeleme, taşlama vs.)
- İmalat faktörleri ve imalat ortamı (kesme hızı, kesme derinliği, haddeleme kuvveti vs.)
- Parçanın ve parça yüzeyinin çeşitli kimyasal, mekanik ve ısıl işlemleri ile imal edilmesi.( yüzeyin sertleştirilmesi, pekleştirilmesi, kaplanması vs.)
- Parça yüzeyi ve yüzey tabakanın özellikleri (yüzey pürüzlülüğü, yüzeyin dalgalılığı, yüzey tabakadaki artık gerilmeler ve yüzey pekleşmesi vs.)

Fakat bütün bu çalışmalara rağmen parçanın yorulma dayanımını etkileyen tüm faktörler ve koşullar bugüne kadar tam olarak araştırılmamıştır. Yorulmaya etkisi belirlenmemiş bu faktörlerden birisi de karmaşık biçimli parçaların talaş kaldırma ile imalinde talaş kaldırmaya harcanan birim işin parçanın yorulma dayanımına olan etkisidir.

Kaynaklarda talaş kaldırma ile vida açmada vida profilinden kaldırılan tabakanın talaşa dönüşme mekanizmasının vida açılmış parçanın yorulma dayanımını nasıl etkilediği veya etkilemediği konusunda detaylı bilgiler bulunmamaktadır.

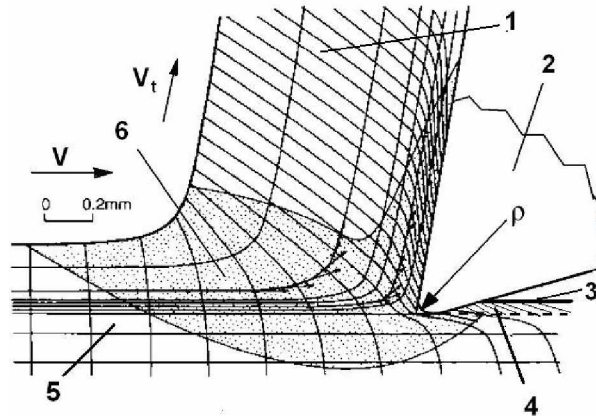
Vidalı birleşmeler çeşitli sanayi alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu birleşmelerin bir kısmı yüksek basınç, çekme, basma, burulma deformasyonlarında çeşitli frekanslı titreşimlerde ve agresif ortamlarda çalıştıklarından onların elemanları (Nipel, Manşon) özel konstrüksiyonlara sahip olmakla beraber yüksek hassasiyetle imal edilmelidirler. (API standartlarına göre petrol, madencilik, güç santralleri vs. sanayi alanlarında kullanılan vidalı birleşmeler) Bu taleplerin karşılanması vida birleşmesi elemanlarının ancak talaş kaldırma yöntemi ile imal edilmesiyle sağlanabilir [1][2][3]

Talaş kaldırma ile imalin parçanın yorulma dayanımına etkisi, parça yüzeyinde oluşan pürüzlülüğün mikro çentikler oluşturması ve talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklığın, kesme kuvvetlerinin yüzeyin gerilme deformasyon halini değiştirmesi ile ilgilidir. Tüm bunlarla beraber talaş kaldırma ile vida açmada, talaş kaldırma sistemini zorlayan bir dizi ek faktörler de mevcuttur(Vida profilinin çeşitli kesitlerinden kaldırılan tabakanın kesit alanlarının, takım geometrisinin, kesme hızının farklı olması). Bu faktörlerin etkisi vida profili yüzeyinin sade biçimli parçalardan daha farklı bir ortamda (yani daha yüksek sıcaklık, kesme kuvvetleri vs.)oluşmasını sağlamaktadır[4][5][6]. Çeşitli araştırmalara göre bu durumun yorulma dayanımına etkisi %100 ve daha fazla olabilmektedir[7]. Bu nedenle Bozok Üniversitesi'nde

talaş kaldırma ile vida açmada imal faktörlerinin ve ortamının vidalı parçanın yorulma dayanımına etkisi teorik ve deneysel olarak incelenmiştir[8].

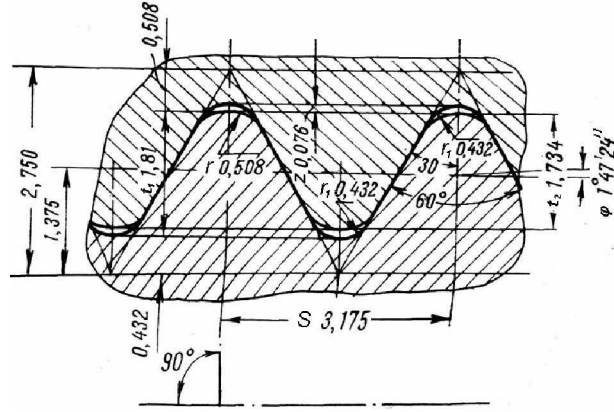
## 2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE ÇALIŞMANIN METODU

Talaş kaldırma ile imalde(şekil 1) yüzeyden (a) kalınlığında tabakanın kaldırılmasına harcanan işin büyük bir kısmı (%98-99) tabakanın talaşa (1) dönüşmesine az bir kısmı talaş ile talaş kaldıran takımın (2) talaş yüzeyi, takımın serbest yüzeyi ile imal edilmiş (3) yüzeylerin temas alanlarındaki sürtünme kuvvetlerinin aşılmasına harcanmaktadır. Araştırmalara göre [9] [10] talaş ile talaş yüzeyi temas alanındaki koşulları imal faktörleri ve imal ortamı etkilemektedir. Bu koşulların değişmesi ile talaş kaldırma sıcaklığı, kesme kuvvetleri, temas alanındaki sürtünme katsayısı değişmektedir. Talaş kaldırmada sürtünme katsayısı özel bir parametre olup iç ve dış sürtünme katsayılarından farklı olarak 1,2-2,0 aralığında yüksek değerler alabilir ve bu katsayının değerini imal faktörleri ve imal ortamı değiştirebilir[11]. Bütün bu faktörler talaşın oluşma alanının (6) sınırlarını ve niteliklerini etkiler. Talaş yüzeyinden farklı olarak serbest yüzey-parça temas alanı takımın aşınması, kalem köşesinin yarıçapı  $\rho$ 'nun ve imal edilen malzemenin elastik kalkması elemanlarından oluşur ve bu temas alanı ile imal edilmiş yüzeye normal ve sürtünme kuvvetleri ile baskı yaparak yüzey tabakayı(4) oluşturur. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki, takımın serbest yüzeyi-parça yüzeyi, temas alanında büyük kuvvetler oluşmamaktadır. Bunların değerleri 40-100 N aralığında olmaktadır[9][12][3].



**Şekil 1** Talaşın kaldırma sürecinde imal edilmiş yüzeyin oluşma şeması: 1-Talaş, 2-Takım, 3-İmal edilmiş yüzey, 4-Yüzey tabakası, 5-Ana malzeme, 6- Talaşın oluşma alanı.

Yorulma deneyleri API R508 standardında imal edilmiş vida profiline sahip (şekil2) özel numunelerde (şekil 3) yapılmıştır.



Şekil 2. Amerikan konik boru vidası (ANSI/ASME B. 1. 20. 1-1983)



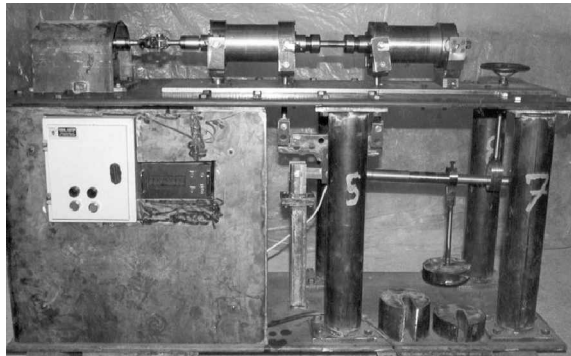
Şekil 3. Vidalı yorulma deney numunesi

Çizelge 1’de vida profilinin elamanlarının sayısal değerleri ve toleransları gösterilmiştir.

Çizelge 1. Nipel-manşon vidalarının ölçü ve toleransları (API SPEC 7 Add 1, 2002)

Vida profil elemanlarının değerleri ve toleransları			
Bir inç uzunluktaki diş sayıları	5	4	4
Vidanın hatvesi, S, [mm]	5,08	6,35	6,35
Hatve toleransları (25,4 mm de) [mm]	±0,04	±0,06	±0,06
Vidanın tam uzunluk toleransları, boyu [mm]	±0,10	± 0,15	± 0,15
Vida profil açısı [derece]	60°	60°	60°
Profil açısının toleransları [dakika]	±45	±45	±45
Konikliğin eğim açısı, φ	7°7'30"	7°7'30"	4° 45 ' 48"
Vidanın konikliği 2tanφ	1:4	1:4	1:6
Üçgen profilin geometrik yüksekliği, t <sub>0</sub> [mm]	4,376	5,471	5,487
Vida diş yüksekliği, t <sub>1</sub> [mm]	2,993	3,742	3,755

Yorulma deneyleri R.R.Moore tipi 4 noktadan dönel eğmeli yorulma test makinesinde yapılmıştır(Şekil 4). Yorulma deney makinesinin teknik özellikleri Çizelge 2’ de verilmiştir.

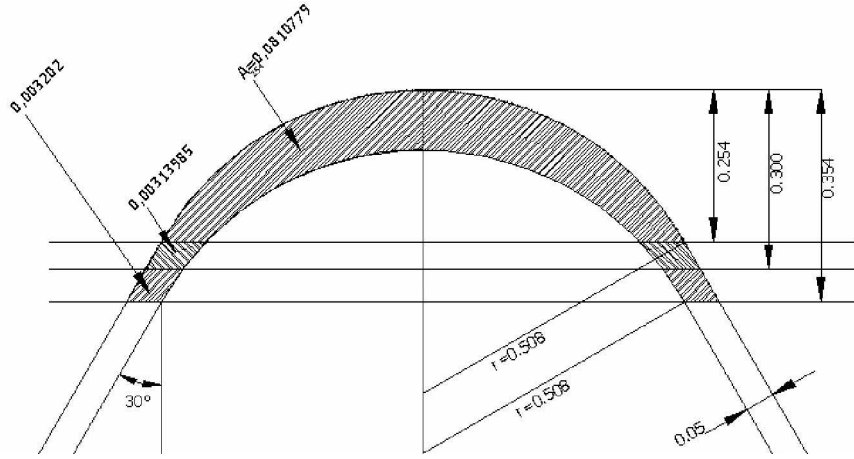


Şekil 4. Deneylerde kullanılan yorulma test Makiası

**.Çizelge2. Yorulma makinesinin özellikleri**

1	Motor gücü	4,5 kw	7	Makinenin genişliği	500 mm
2	Devir sayısı	3200 d/dk	8	Makinenin uzunluğu	1600 mm
3	Maksimum eğme momenti	24 kçm	9	Masa Yüksekliği	765 mm
4	Numune çap aralığı	10-25 mm	10	Makinenin Yüksekliği	980 mm
5	Sayaç kapasitesi	100. 000. 000 devir	11	Makine Ağırlığı	700 kg
6	Tipi	Dört noktadan dönel eğmeli			

Çalışmada vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın tam profilli vida açıldıktan sonra kesit alanı Şekil 3’de verilmiş şemaya göre hesaplanmıştır.



**Şekil 5** Tam profilli vida açmada kaldırılan tabakada vida diş dibi kesit alanının hesaplanma şeması

Araştırmalar C %0,36, Cr %0,53, Ni % 1,21 kimyasal bileşimli, sertleştirme (850 °C yağda) ve menevişleme (600 °C) ısıl işleme uğratılmış sorbit yapıları çelik malzemelerde yapılmıştır. Isıl işleminden sonra malzemenin ortalama mekanik özellikleri: Sertlik 260 HB, kopma gerilmesi  $\sigma_k = 850-1300$  MPa, akma gerilmesi  $\sigma_{0,2} = 686-900$  MPa, kopma uzaması  $\delta = \%10-15$ , kesit alanı daralması  $\psi = \%35-45$ , fiziksel özellikleri: ısı iletim katsayısı  $\lambda = 33.9131$  W/m°C (0.081 cal/cm-sn-°C), özgül ısı kapasitesi  $C_p = 5066$  kW/m<sup>3</sup>-°C (1.21 cal/cm<sup>3</sup>-°C) ısıl yayılım katsayısı  $\omega = 670$  m<sup>2</sup>/sn (0.067 cm<sup>2</sup>/sn) olmuştur.

Takım malzemesi olarak bileşimi WC %78, TiC %6, TaC %8, Co %8, ısıl özellikleri: ısı iletim katsayısı  $\lambda = 0.081$  cal/cm-sn-°C, özgül ısı kapasitesi  $C_p = 309.82$  W/m<sup>2</sup>-°C (0.74 cal/cm<sup>3</sup>-°C) ısıl yayılım katsayısı  $\omega = 110$  m<sup>2</sup>/sn (0.110 cm<sup>2</sup>/sn) olan sertmetal kullanılmıştır. Takımın geometrik parametreleri: vida kaleminin ucunda, boşluk açısı  $\alpha = 10^\circ$ , talaş açısı  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\gamma = -10^\circ$  olmuştur.

Kesme hızı 44 ve 88 m/dk larda, radyal ilerleme her pasoda 0.1 mm keskin takım ve 0,3-0,6 mm takım aşınmalarında kesme sıvısı kullanılmayan ortamlarda yorulma numuneleri işlenmiştir.

Yorulma deneylerinde elde edilmiş sonuçları talaş kaldırma açısından değerlendirmek için vida dişi dibindeki ortalama sıcaklık takım malzemesi- alümel doğal ısıl çift yardımı ile torna tezgahında belirlenmiştir. Aynı ortamda takımın serbest yüzeyindeki sürtünme kuvveti radyal ilerleme S in 0,03mm-0,04mm ve 0,09mm değerlerinde dinamometre ile ölçülerek a=0'a exterpole edilip belirlenmiştir..

Vida dişi dibinin sıkışma katsayısı  $K_a$  tam profilli vida açma ortamından kaldırılmış talaşın kalınlığının ölçülmesi yöntemi ile belirlenmiş[8] ve vida dişi dibinden talaş kaldırmaya harcanan  $P_z$  kuvveti talaş ve serbest yüzeydeki sürtünme kuvvetleri ihmal edilerek hesaplanmıştır  $P_z$ :

$$P_z = \tau ab \left[ \frac{K_a - \sin \gamma}{\cos \gamma} + \tan C \right] \quad (1)$$

olarak elde edilir. Bu formülde  $\tau$  nispi kayma düzlemindeki kayma gerilmesi,  $K_a$  talaşın sıkışma katsayısı,  $a$  kaldırılan tabakanın kalınlığı,  $b$  tabakanın genişliği  $\gamma$  talaş açısıdır. Etki açısı  $\omega$  ve kayma düzlemindeki kayma açısı  $\phi$  'nin toplamı olan ve malzemenin mekanik özelliklerine bağlı olarak az miktarda değişim gösteren  $C$  sabiti, bileşiminde %0,15-0,5 oranında karbon içeren çelikler için  $C \approx 46^\circ$  olarak literatürden elde edilmiştir[11].

Vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın plastik deformasyona uğrayarak talaşa dönüşmesine harcanan birim iş

$$W = P_z \cdot V \quad (2)$$

Bu formülde  $P_z$  kesme kuvvetinin ana bileşeni Newton,  $V$  kesme hızı m/s cinsinden yazıldığında birim kesme işi  $W$  olarak elde edilir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE DEĞERLENDİRMELER

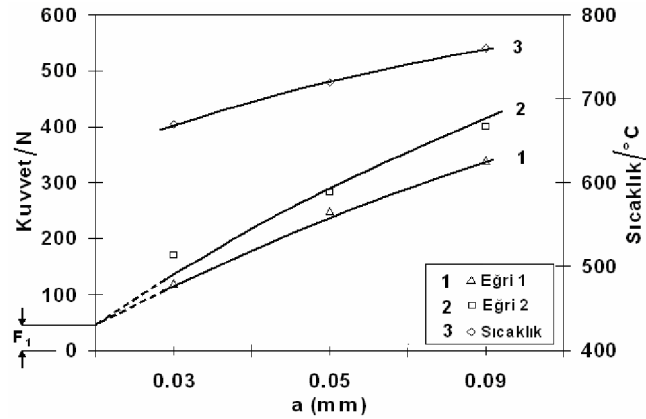
Vidalı parçanın yorulma deney sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi kesme hızının 44 m/dk'dan 88 m/dk'ya ve vida takımı ucunun serbest yüzeyindeki aşınmanın 0 mm den 0,6 mm ye kadar değişimi ile vidalı numunenin yorulma dayanımı 166 MPa ile 280 MPa arasında değişmiştir.

**Çizelge 3.** Yorulma deneylerinde araştırılan imal parametrelerindeki kesme kuvvetleri ve enerjileri .

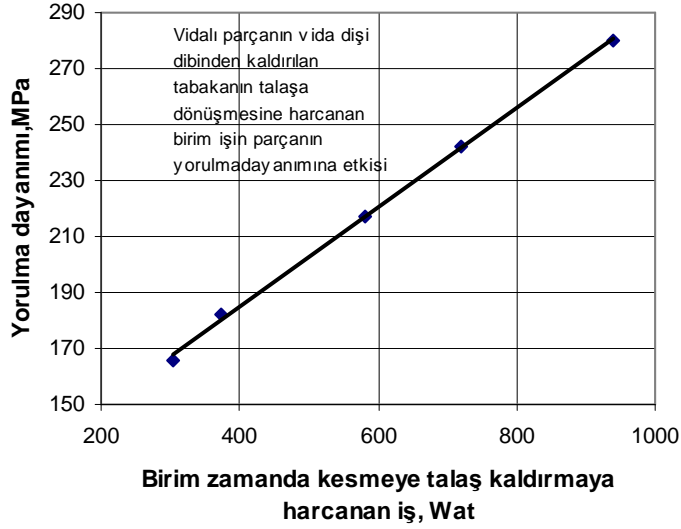
Kesme parametreleri	Diş dibi kesme kuvveti z bileşeni $P_z$ [N]	Diş dibi oluşumuna harcanan birim zamandaki enerji,Güç [W]	Yorulma Dayanımı [MPa]	Yorulma çentik katsayısı $K_f$
1	2	3	4	5
Sr=0,1;V=88 m/d; keskin takım	396	578	217±19	2,48
Sr=0,1;V=44 m/d; keskin takım	415	303	166±15	3,24
Sr=0,1;V=88 m/d; Aşınma=0,3 mm	491	717	242±7	2,22
Sr=0,1;V=88 m/d; Aşınma =0, 6 mm	641	936	280±19	1,92
Sr=0,1;V=88 m/d; keskin takım Radyal art .kesme şeması	254	371	182±6	2,96

Elde edilen yorulma deney sonuçlarının talaş kaldırma açısından değerlendirilmesi için kesme kuvveti ve sıcaklık deney sonuçları Şekil 6’da verilmiştir.

Şekil 6’daki 1 ve 2 eğrilerinden faydalanarak Pz kuvvetlerini kaldırılan tabakanın kalınlığı  $a=0$  değerine exterpole ederek vida takımı ucunun serbest yüzeyindeki sürtünme kuvveti belirlenmiştir. (1) formülündeki değerler  $K_a$ , ve diş dibinden kaldırılan tabakanın kesit alanı Hamza Kemal AKYILDIZ’ın doktora tezinden alınmıştır[8]. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki vida kaleminin ucundaki ortalama sıcaklık  $670-760\text{ }^\circ\text{C}$  , kesme kuvveti Pz  $300-400\text{ N}$  olduğu halde takım ucunun serbest yüzeyinde sürtünme kuvveti  $50\text{ N}$ ’dan fazla değildir. Yani numunenin yorulma dayanımını etkileyen faktör vida dişi dibinin yüksek sıcaklığı ve yüksek kesme kuvvetleridir. Bu faktörlerin talaşın oluşma alanının sınırlarını ve niteliklerini önemli ölçüde değiştirdiğinden imal olunmuş yüzey (Şekil 1-3) takımın serbest yüzeyi tarafından deformasyona uğratılmadan önce talaşın oluşma alanında olduğundan dolayı zaten elastik ve plastik deformasyona uğrar. Yani takımın serbest yüzeyi artık yüksek plastik deformasyona uğramış parçayı bir daha plastik deformasyona uğratar. Bu plastik deformasyon vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın talaşa dönüşmesi ortamında olduğundan bu ortamın oluşmasına harcanan işi vidalı numunelerin yorulma dayanımı ile karşılaştırırsak yüzeyden kaldırılan tabakanın talaşa dönüşmesine harcanan birim işin artması ile vidalı numunenin yorulma dayanımının yükseldiği görülmektedir(Şekil7).



**Şekil 6.** Vida kaleminin vida dişi dibine denk gelen kısmı ile vida dişi dibinden çeşitli kalınlıklarda kaldırılan tabakanın kesme kuvvetinin Pz bileşenine ve ortalama sıcaklığa etkisi (Kesme hızı  $V=88\text{ m/dk}$ , Radyal ilerleme  $S = 0,03-0,05-0,09$  kesme sıvısı kullanılmamıştır) ; 1). Takım ucundaki talaş açısı  $\gamma=0^\circ$  2 ).  $\gamma= -10^\circ$  3). Takım ucundaki ortalama sıcaklık  $^\circ\text{C}$



Şekil 7. Talaş kaldırma ile vida açmada vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın talaşa dönüşmesine harcanan birim işin vidalı parçanın yorulma dayanımına etkisi

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

1. Talaş kaldırma yöntemi ile farklı aşınmış vida kalemleri ile farklı kesme hızlarında vida açmada vida dişi dibinden aynı kalınlıklarda kaldırılan tabakanın talaşa dönüşmesine harcanan iş arttıkça vidalı yorulma deney numunesinin yorulma dayanımı yükselmektedir.

2. Elde edilen sonuçlara dayanarak vidalı parçalarda maliyeti yüksek yorulma deneyleri yapmadan vidalı parçanın yorulma dayanımını vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın plastik deformasyona uğrayarak talaşa dönüşmesine harcanan işi hesaplayarak nitelikçe değerlendirmek mümkündür ve maliyeti yüksek olan yorulma deneyleri ile karşılaştırılmayacak kadar kolaydır.

3. Vidalı parçanın yorulma dayanımı ile vida dişi dibinden kaldırılan tabakanın plastik deformasyona uğrayarak talaşa dönüşmesine harcanan işin artması ile yorulma dayanımının yükselmesinin ne kadar gerçek olduğunun net olarak söyleyebilmek için daha kapsamlı (vida dişi dibinden farklı kalınlıklı çeşitli kesme şemalarında farklı kesme ortamlarında vs. de) deneylerin yapılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

1. API SPEC 7 Add. 1, **Specifications For Rotary Drill Stem Elements**, 40th Ed., 31 ve 76-77, 2002
2. Sultanov S. H., 1969. Petrol Sanayiinde Kullanılan Makine Elemanlarının Çağdaş Üretim Teknolojisi, **Mashinostroenie**, Moskova (Rusça)
3. Fetullayev E. K., 1983. Vidaların Talaş kaldırma ile imalatında imalfaktörleri ve imalat koşullarının vidalardaki gerilme konsantrasyonuna etkisi, Doktora tezi özeti, **Leningrad Politeknik Enstitüsü**, Leningrad (Rusça)
4. Fetullayev E. K., Talaş Kaldırma ile İmal edilmiş V kanallı Silindirik ve Helisel çentikli Parçalarda Yüzeyin Şekillenmesi, **III. Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi**, Konya, 16-17 Eylül 2005



5. Fetullayev E. K., Akyıldız H. K, Livatyalı H. Kılık R., 2004. Talaş kaldırma ile vida açmada kesme kuvvetlerinin hesaplanması, **The Eleventh Int. Conference on Machine Design and Production**, 13-15 October, Antalya, Turkey
6. Fetullayev E. K., Akyıldız H. K, Karataş Ç., Kafkas F., Vidaların Talaşlı İmalatında Oluşan Isının Yüzey Sıcaklığına Etkisi, **III. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu**, Ankara, 18-20 Ağustos 2003.
7. Heywood R. B., 1962. Designing Against Fatigue, **Chapman and Hall Ltd**. London, U.K.
8. Akyıldız Hamza Kemal, Vidaların Talaş Kaldırma İle İmalatında İmal Faktörlerinin Vidanın Yorulma Dayanımına Etkisi, Doktora Tezi, **İ.T.U. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul 2005
9. Zorev N. N., 1956. Talaş Kaldırma Mekaniğinin Sorunları, **Mashgiz**, Moskova (Rusça).
10. Childs THOMAS Katsuhiko Maekawa ve diğ., Metal Machining, **John Wiley And Sons Inc.**, New York, 2000
11. Bobrov V. F, 1975. Talaş Kaldırma Teorisinin Esasları, **Mashinostroenie**, Moskova (Rusça).
12. Poletika M. F., 1965. Metallerin talaş kaldırma ile imalinde takımın kesici kısmının hesabında temas alanlarındaki olayların göz önüne alınması, **Izvestiya Tomskogo Politeknicheskogo Institututa**, T133.
13. Reznikov A. N., 1981. Metallerin Talaşkaldırma ile İmalında Isıfiziği Olayları, **Mashinostroenie**, Moskova (Rusça).