

YAY TAKVİYESİNİN PLASTİK DİŞLİLERİN STATİK KOPMA DAYANIMLARINA ETKİSİ

Hilal CAN* Faruk MENDİ Mustafa BOZDEMİR***

* Pamukkale Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Kınıklı, Denizli, Türkiye

** Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Teknikokullar, Ankara, Türkiye

ÖZET

Çelik dişlilerde, karbürleme işleminin dişlilerin diş dibinden kırılma ve yüzey basıncı ile yorulma dayanımlarını artırdığı bilinmektedir. Kırılma yorulma dayanımının artışında, yüzeyde oluşan bası iç gerilmelerinin büyük etkisi vardır. Bu çalışmada, plastik dişlilerin yorulma dayanımlarını artırmak amacıyla tasarlanan öngerilmeli dişli çarklarda yay takviyesinin statik kopma mukavemeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Dişli malzemesi olarak polipropilen kullanılmıştır. Polipropilen matriks içine 1,0, 1,2 ve 1,5 mm tel çapına sahip yaylar yerleştirilerek bası iç gerilmesi oluşturulmuştur. Öngerilmeyi oluşturmak için yaylar enjeksiyon kalıplama öncesi çekilip; kalıplama sonrası bırakılmıştır. Yay takviyesinin, plastik dişlinin statik kopma mukavemetini %30'a kadar artırdığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plastik dişliler; Yay takviyesi; Statik kopma mukavemeti; Öngerilme

THE EFFECT OF SPRING REINFORCEMENT ON STATIC STRENGTHS IN PLASTIC GEARS

ABSTRACT

For steel gears, it is known that process of carburizing increases surface pressure stress and fatigue strength at base of teeth. There is significant effects of interior stress to be on the surface in increasing of fracture fatigue strength. In this study, the effects of spring reinforcement on static strength in pre-stressing plastic gears which is designed to increase fatigue strength of plastics gears have been investigated. Polypropylene is used for gear materials. By means of placing 1.0, 1.2 and 1.5 mm wire diameter springs in polypropylene matrix, compressive interior stress is made. In order to make pre-stressing, springs are stretched before injection and then they are loosed. It is observed that the process of reinforcement with spring increase up to 30% improvement in static strength.

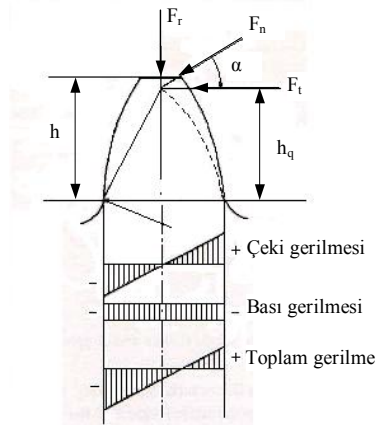
Key Words: Plastic gears; Reinforcement with spring; Static strength; Pre-stressing

1. GİRİŞ

Plastik dişlilerin kullanımı, sessiz çalışması, hafif ve korozyona dayanıklı olmaları, kolay ve seri üretilebilirliği nedeniyle gün geçtikçe artmaktadır. Dişlilerde malzeme seçimi yapılırken yaygın olarak çelik, dökme demir, bronz kullanılmasına rağmen özellikle büro makineleri, küçük ev aletleri, gıda endüstrisi ve otomotiv endüstrisinde (cam silici motorları vs.) belirtilen avantajlarından dolayı plastik malzemeler tercih edilmektedir. Plastik dişli çarklarda düşük sürtünme katsayıları aşınmayı minimuma indirmeye yardımcı eder. Ayrıca, plastik dişliler, kendinden yağlamalı özelliklere sahip olmaları nedeniyle yağlama yapılmadan çalışabilirler. Plastik dişli çarkların kullanımını sınırlayan özellikleri ise düşük dayanım ve sürünme özelliğidir. Dayanım değerlerinin artırılması amacıyla güçlendirilmiş plastikler kullanılmakta veya daha büyük boyutlardaki dişliler seçilmektedir (Birley, 1988; Brydson, 1989).

Çelik dişlilerde ısıtılma işlemlerle uygulanan bası iç gerilmelerinin yorulma dayanımına olumlu yönde etki ettiği çeşitli çalışmalarla belirlenmiştir (Krauss, 1993). Isıtılma işlem sonrasında bası gerilmesinin 600 MPa değerini

aştığı bulunmuştur (Ası, 2001). Benzer yaklaşımla plastik dişlerde öngerilme ile bası iç gerilmeleri oluşturularak yorulma dayanımının artacağı düşünülmüştür. Dişli çalışırken dişe gelen kuvvetler ve oluşan gerilmeler Şekil 1'de gösterilmiştir (Dimarogonas, 1989).



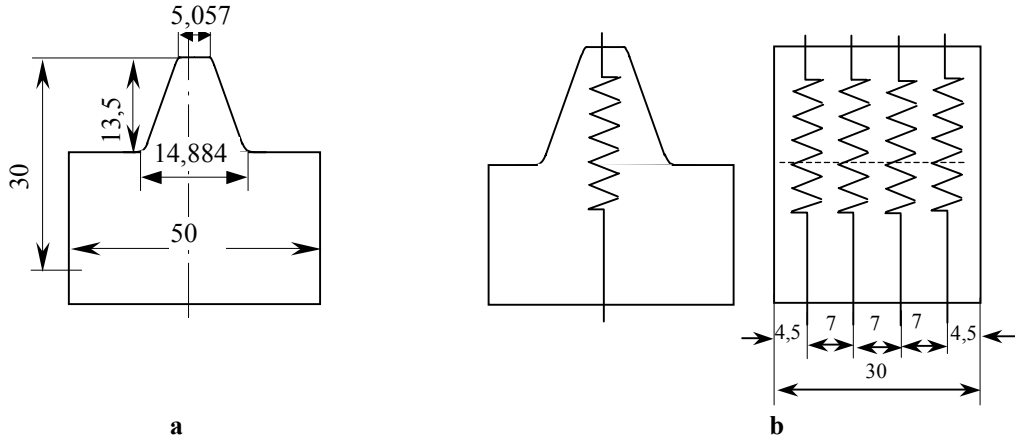
Şekil 1. Dişte Çalışma Esnasında Oluşan Gerilmeler (Dimarogonas, 1989)

Şekil 1'de görüldüğü gibi radyal kuvvet ile oluşan bası gerilmesi toplam gerilmeyi düşürmektedir. Yorulmaya neden olan gerilmeler çeki bölgesindekilerdir. Dişli yüzeyinde oluşturulacak bası iç gerilmesi, dışarıdan uygulanan çeki gerilmesini azaltırken, bası gerilmesini artıracaktır.

Bu çalışmada, plastik dişlerde yay takviyesinin dişlilerin statik kopma mukavemetlerine etkisi incelenmiştir. Yorulma dayanımı artırma hedefi ile verilen öngerilmenin statik mukavemet üzerine etkisinin yay takviyesine göre daha az olacağı beklenmektedir.

2. DENEYLERİN YAPILMASI

Numune olarak, modül 6 mm olan kremayer dişli seçilmiştir. Deneylerde kullanılan modellenmiş kremayer dişlinin boyutları Şekil 1.a'da takviye olarak yayların diş modeli içerisindeki konumu Şekil 1.b'de gösterilmiştir.



Şekil 2. (A) Numunenin Boyutları Ve (B) Yayların Diş Modeli İçerisindeki Konumları

Öngerilmeyi oluşturmak amacıyla diş içine 1,0, 1,2 ve 1,5 mm tel çapına sahip yaylar yerleştirilerek ön gerilme oluşturulması tasarlanmıştır. Her numune için 4 adet yay kullanılmıştır. Yaylar kalıp içine; sarım kısmı diş dibine gelecek ve diş boyunca dişin merkezinde yer alacak şekilde yerleştirilmiştir. Takviye olarak kullanılan yaylara ait veriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Takviye Olarak Kullanılan Yaylara Ait Veriler

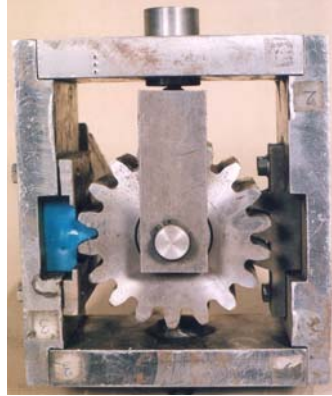
Tel çapı, D (mm)	Sarım sayısı, n (adet)	Ortalama çap, D (mm)	Yay katsayısı, k (N/mm) $k = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot i}$	Germe miktarı, x (mm)	Kuvvet, F = k · x (N)	Öngerilme, $\sigma = 4F/A$ (MPa)
1,0	8	4	10,375	9	93,375	0,83
1,2	7	4,8	27,79	7	194,53	1,73
1,5	6	4,5	96,06	5	480,32	4,27

Öngerilmeyi sağlamak amacıyla, yaylar kalıplama öncesi çekilmiş; kalıplama işlemi sonrasında da bırakılmıştır. Öngerilmenin etkisini belirleyebilmek amacıyla 3 adet numune yay çekilmeksizin üretilmiştir. Hazırlanan toplam 18 adet numunenin grup olarak sayısal dağılımı Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Numunelerin Sayısal Dağılımları

Takviye durumu	Kod	Adet
Takviyesiz	Tz	4
1,0 mm tel çapına sahip yay takviyeli, öngerilmeli	T1,0	3
1,2 mm tel çapına sahip yay takviyeli, öngerilmesiz	T1,2ögz	3
1,2 mm tel çapına sahip yay takviyeli, öngerilmeli	T1,2	4
1,5 mm tel çapına sahip yay takviyeli, öngerilmeli	T1,5	4

Deneyler, Tequipment yorulma deneyi yapılabilen çekme deney cihazı SM100 ile gerçekleştirilmiştir. Numunelerin deney cihazına bağlanabilmeleri için Şekil 3’de görülen yardımcı deney aparatı hazırlanmıştır.



Şekil 3. Deney Düzenegi İçin Tasarlanan Yardımcı Aparat

3. DENEY SONUÇLARI

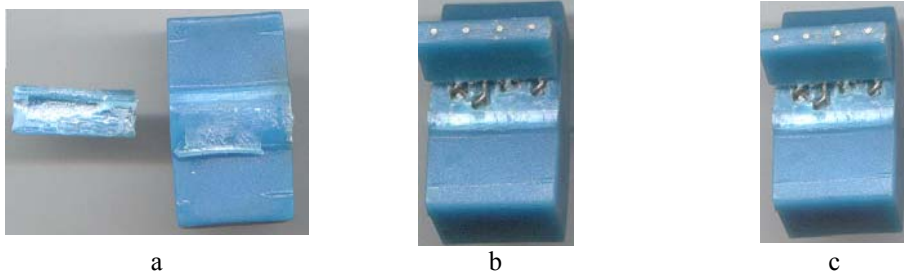
Numunelerin tek seferde taşıyacakları gerilmeler (statik kopma dayanımları) belirlenmiş ve Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Numunelere Ait Statik Kopma Değerleri

Deney No	Takviye durumu*	σ_k (MPa)	Deney No	Takviye durumu*	σ_k (MPa)	Deney No	Takviye durumu*	σ_k (MPa)
1	Tz	23,6	7	T1,2ögz	27,1	13	T1,2	29,2
2	Tz	22,9	8	T1	28,1	14	T1,2	27,8
3	Tz	24,9	9	T1	28,4	15	T1,5	30,9
4	Tz	25,7	10	T1	26,6	16	T1,5	31,1
5	T1,2ögz	30,7	11	T1,2	29,9	17	T1,5	31,6
6	T1,2ögz	27,0	12	T1,2	28,1	18	T1,5	30,2

* Tz	: Takviyesiz numune
T1,2ögz	:1,2 mm tel çapına sahip öngerilmemiş yay takviyeli numune
T1,0	:1,0 mm tel çapına sahip yay takviyeli numune
T1,2	:1,2 mm tel çapına sahip yay takviyeli numune
T1,5	:1,5 mm tel çapına sahip yay takviyeli numune

Takviyeli olarak üretilmiş numunelerin statik kopmalarında belirli bir statik yükte matriks malzemede ani çatlak oluşumuna rağmen yayların çatlağın ilerlemesini engellediği ve numunelerin daha büyük statik yükleri taşımaya devam ettikleri gözlenmiştir. Çizelge 4’de verilen statik kopma değerleri ilk çatlamanın olduğu değerlerdir (Can, 2004). Statik kopmaya ait S1, S7 ve S10 kodlu numunelerin resimleri Şekil 4’de verilmiştir.



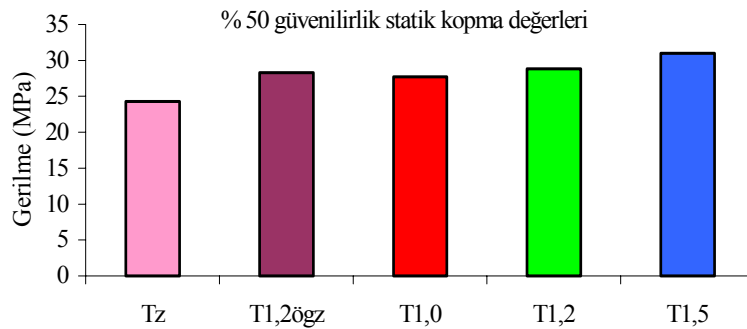
Şekil 4. Numunelerin Statik Kopma Sonrası Resimleri (A). Takviyesiz Numune (S1), (B). 1,2 Mm Tel Çapına Sahip Öngerilme Verilmemiş (S7) Ve (C). 1,2 Mm Tel Çapına Sahip Numune (S10)

Şekil 4.b ve c’de görülen yay takviyeli numunelerde statik kopma sonrası tam bir ayrılma söz konusu değildir. Matriks malzeme belirli bir deformasyon gösterdikten sonra yaylar üzerinde sınırlmıştır. Çizelge 4’de verilen statik kopma deney sonuçlarının %50 güvenilirlik değerleri (%50 R₁) Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Numunelere Ait Statik Kopma Deney Sonuçlarının %50 Güvenilirlik Değerleri

Takviye	σ_{k1} (MPa)	σ_{k2} (MPa)	σ_{k3} (MPa)	σ_{k4} (MPa)	%50 R σ_k^* (MPa)	$\sigma_k / \sigma_{k(Tz)}$
Tz	23,6	22,9	24,9	25,7	24,3	1
T1,2ögz	30,7	27,0	27,1	-	28,3	1,16
T1,0	28,1	28,4	26,6	-	27,7	1,14
T1,2	29,9	28,1	29,2	27,8	28,8	1,18
T1,5	30,9	31,1	31,6	30,2	31,0	1,28

Çizelge 5’de verilmiş olan %50 normal dağılıma göre statik kopma değerleri numune grupları için Şekil 5’de gösterilmiştir. Çizelge 5 ve Şekil 5’ten öngerilmemiş ve öngerilmeli olarak üretilmiş tel çapı 1,2 mm olan yayların statik kopma mukavemetleri arasında öngerilmenin olumlu yöndeki etkisi görülmektedir. Çizelge 5’de öngerilme statik kopma dayanım değerlerini öngerilmemiş olanlara göre 0,5 MPa artırmıştır.



Şekil 5. Yay Takviyeli Ve Takviyesiz Dişlilerin Statik Kopma Değerleri

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Plastik dişlilerin yorulma dayanımlarını artırmak amacıyla tasarlanan öngerilmeli dişli çarklarda yay takviyesinin statik kopma mukavemeti üzerindeki etkisi incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur. Dişli malzemesi olarak polipropilen kullanılmıştır. Bası iç gerilmesi, polipropilen matriks içine 1,0, 1,2 ve 1,5 mm tel çapına sahip yaylar yerleştirilerek oluşturulmuştur. Yay takviyesi statik kopmada tamamen ayrılmayı engellemekte, hasar matriks malzemenin yayların üzerinde sıyrılması şeklinde oluşmaktadır. Yay takviyesi yapılmış numunelerin statik kopmasında matriks malzemede çatlama oluşmakta, ancak bu hasara yol açmayıp, numune daha yüksek zorlamaları taşımaya devam etmektedir. Aynı yay takviyesi yapılmış öngerilmeli ve öngerilmesiz numunelerde sadece yay takviyesi yapılması numunenin statik kopma değerini %16, öngerilme uygulanması ise %18 oranında iyileştirdiği belirlenmiştir. Yay takviyesi statik kopma üzerinde öngerilmeden daha fazla etkilidir. Takviye yayın tel kalınlığı arttıkça statik kopma mukavemeti %30'a kadar artmıştır.

KAYNAKLAR

1. Krauss, G., 1993. Steels Heat Treatment and Processing Principles **ASM International**, Ohio, P. 302-305.
2. Asi, O., 2001, SAE 8620 (21CrNiMo2) Çeliğinde Yüksek Sıcaklıktaki Sementasyon İşleminin Yorulma Dayanımına Etkisi, 125 s. Doktora Tezi, **Pamukkale Üniversitesi** Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
3. Dimarogonas, A. D., 1989, Computer Aided Machine Design, **Prentice Hall International (UK) Ltd.**, Cambridge, P. 555-556.
4. Can, H., 2004, Öngerilmeli Plastik Dişli Çark Tasarımı, 153 s., Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi** Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
5. Brydson, J. A., 1989, Plastics Materials, 5th Edition, **Butterworth-Heinemann Ltd.**, Cambridge, P. 410-415.
6. Birley, A. W., Heath, R. J., Scott, M. J., 1988, Plastics Materials Properties and Applications, 2nd Edition, **Chapman and Hall**, New York, P. 117-120.