

Kayış mekanizmalarında kayma olayının deneysel analizi

M. Nedim GERGER^{1,*}, Ali ORAL², Bülent TANIR³

¹Balıkesir Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Makine Müh. Böl., Çağış Kampüsü, Balıkesir.

³Balıkesir Üniversitesi Edremit Meslek Yüksekokulu, Balıkesir.

Özet

Kayış kasnak mekanizmalarında kayma olayı kayışın hızla eskimesine ve çevrim oranının değişmesine neden olmaktadır. Günümüze kadar kaymayı ve kaymaya etki eden faktörlerin analizleri birçok çalışmada araştırılmıştır. Bu araştırmalarda kayma olayı bazı basitleştirmelere dayanarak incelenmiş olup bu analizlerle kaymayı tam olarak değerlendirebilmek mümkün değildir. Bu çalışmada, kayma olayını deneysel verilerle de desteklemek amacıyla; eşit kasnak çaplarının kullanıldığı bir deney düzeneği hazırlanmış ve ölçümler yapılmıştır. Deneysel çalışmanın sonucunda bulunan kayma değerlerinin, teorik olarak hesaplanan değerlerden farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuç, kayma olayının analitik yöntemlerle tam olarak belirlenmesinin mümkün olmadığını göstermektedir. Aynı direnç momentleri ve farklı gerdirme kuvvetleriyle yapılan deneylerin sonunda gerdirme kuvveti arttıkça kaymanın az da olsa azaldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kayış mekanizmaları, kayma olayı

Experimental analysis of the slipping in belt drives

Abstract

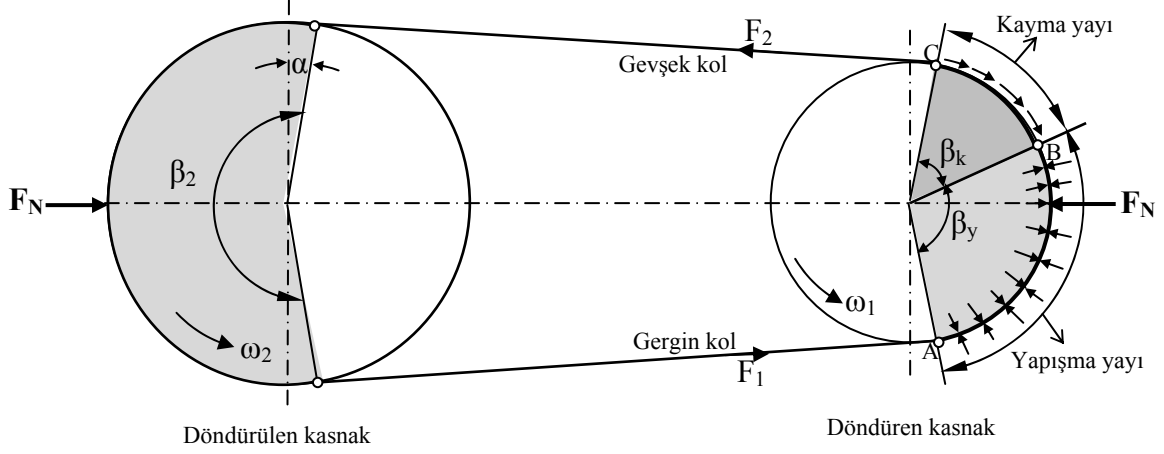
The slipping of belt drives to create changes on rapid wearing out and conversion ratio of belt. Up to nowadays slipping and reason of affecting factors are searched in many studies. In these studies slipping problems are examined on the base of accepted simplifications in order to evaluate it. In this study, an experimental mechanism was obtained to use of same size pulleys and measurements were done by using this setup. It is appeared that the results of experimental studies were not comparable with calculated values. This result indicates that it is not possible to determine shifting problem exactly on analytical methods. After the experimental studies made by using similar resistance of momentum and the increase of tensile forces cause a small decrease on shifting.

Keywords: Belt drives, slipping

* Mahmut Nedim GERGER, ngerger@balikesir.edu.tr, Tel:(0 266) 612 11 94-95.

1. Giriş

Kayış mekanizmalarında kayma; sürtünme nedeniyle kayış kollarında oluşan farklı gerilmelerin meydana getirdiği uzama ve kısalmalara bağlı bir olaydır (Şekil 1).

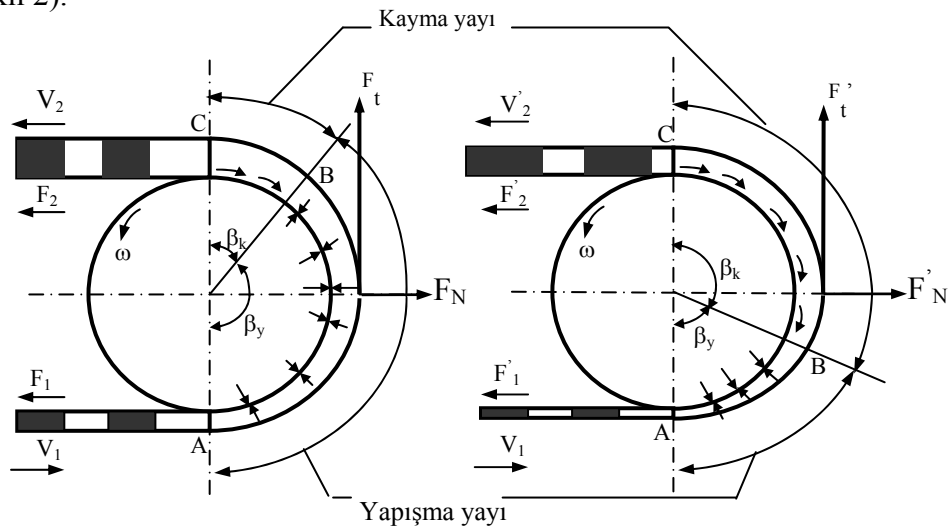


Şekil 1. Döndüren kasnakta kayma olayının meydana gelişi

Kayış, döndüren kasnağa F_1 gerilme (gergin kol) kuvveti ve V_1 hızı ile sarılır. Kayış ve kasnak ara yüzeyinde oluşan sürtünme; sarılış yayının AB kısmında (yapışma bölgesi) sabit kalırken, BC yayı (kayma bölgesi) boyunca kısmen azalır. Bu bölgede kayış kasnak üzerinde geriye doğru kaymaya başlar. Elastik kayma olarak adlandırılan bu olayda kayış gerilme kuvveti de azalır. Kayma bölgesinin sonunda kayış döndüren kasnağı F_2 (gevşek kol) kuvveti ve V_2 hız ile terk eder [1, 3, 4]. Döndüren kasnakta kayışa güç iletimi sarılış yayının AB kısmında gerçekleşir. İletilen gücün büyüklüğü:

$$P = (F_1 - F_2) \cdot V \quad (1)$$

olup, $F_1 - F_2$ farkı büyüdükçe artar. Ancak, bu fark büyüdükçe kayma açısı (β_k) da büyür (Şekil 2).



Şekil 2. Tahrik kuvvetine bağlı olarak kayma açısının büyümesi

Mekanizma ile iletilebilen gücün en büyük değeri kayma açısının en büyük değeri almasıyla gerçekleşir. Kayma açısının alabileceği en büyük açı değeri, kayışın tüm sarılış açısına karşılık gelen açıdır, ancak, kayma açısının bu değere ulaşması halinde ise kayış bir bütün olarak kayar. Tam kayma denilen bu durumda kasnakta kayışa güç iletimi gerçekleşemez.

Gergin ve gevşek kol kuvvetleri arasında Euler bağıntısı olarak bilinen:

$$F_1 = F_2 \cdot e^{\mu\beta_k} \quad (2)$$

bağıntısı vardır. Yapılan teorik incelemelerde [1, 10, 11], gerilme değişiminin yapışma yayı üzerinde de meydana geldiği ileri sürülmüş ve tüm sarılış açısı boyunca bu gerilme değişimi:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu_k\beta_k} \left[1 + \frac{\pi - \beta_k}{2} \mu_s \right] \quad (3)$$

bağıntısı ile verilmiştir.

Kayış mekanizmalarında elastik ve tam kayma olayı, kayışın elastikiyeti nedeniyle, kayış kollarında oluşan gerilme farkının meydana getirdiği uzama ve kısalmalardan başka; kayışın yiv içinde şekilsel uyumu, kayma şekil değiştirmesi ve eğilme rijitliğine de bağlıdır [2-5]. Kayışın boyca uzamasına dayanan kayma olayı, kayma faktörü s ve çekme faktörü λ olarak adlandırılan iki faktöre göre değerlendirilmektedir.

Kayma faktörü hız farkına bağlı olup;

$$s = 1 - \frac{R_1 \omega_1}{R_2 \omega_2} \quad (4)$$

bağıntısı ile ve kayış kol kuvvetlerine bağlı olarak çekme faktörü de;

$$\lambda = \frac{F_1 - F_2}{F_1 + F_2} \quad (5)$$

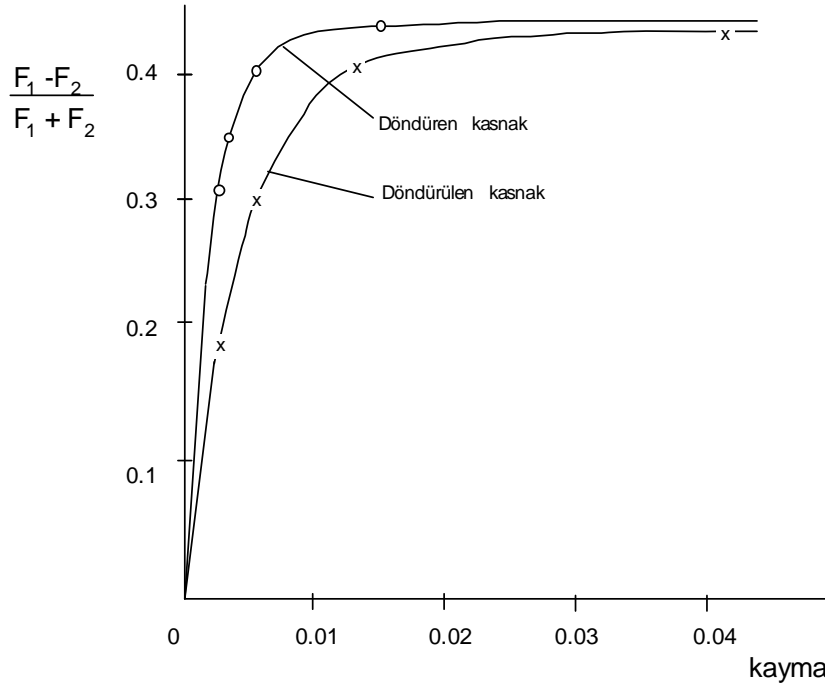
şeklinde basitleştirilmiş bağıntılarla hesaplanabileceği ifade edilmiştir [1,6,7].

Konu ile ilgili yapılmış ayrıntılı çalışmalarda, eşit kasnak çaplarının kullanıldığı bir mekanizmada döndüren ve döndürülen kasnaklarda s_1 ve s_2 kayma faktörleri Eşitlik 6 ve 7, λ çekme faktörünün de Eşitlik 8 ile hesaplanabileceği belirtilmiştir [1]. 6, 7 ve 8 eşitliklerine bağlı olarak çizilen teorik kayma eğrileri Şekil 3 'de görülmektedir [1].

$$s_1 = \frac{e^{\mu_k\beta_k} \mu_s H(F_1 + F_2)}{e^{\mu_k\beta_k} \{1 + [(\pi - \beta_k)/2] \mu_s\} + 1} \frac{1}{bG(\pi - \beta_k)R^2} \quad (6)$$

$$s_2 = \frac{e^{-\mu_k\beta_k} \mu_s H(F_1 + F_2)}{e^{-\mu_k\beta_k} \{1 - [(\pi - \beta_k)/2] \mu_s\} + 1} \frac{1}{BG(\pi - \beta_k)R^2} \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{F_1 - F_2}{F_1 + F_2} = \frac{e^{\mu_k\beta_k} [1 + (\pi - \beta_k)/2 \mu_s] - 1}{e^{\mu_k\beta_k} [1 + (\pi - \beta_k)/2 \mu_s] + 1} \quad (8)$$



Şekil 3. Döndüren ve döndürülen kasnakta kayma özellikleri [1]. ($F_1 + F_2 = 670 \text{ N}$)

2. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmada kullanılan düzeneğin şematik resmi Şekil 4 'te gösterilmiştir. Bu düzenekte, etken çapları 132 mm olan eşit çaplı iki kasnak ve bu kasnaklar üzerine sarılan, etken uzunluğu 1075 mm ve genişliği 8 mm olan klasik bir V kayışı kullanılmıştır. Döndüren kasnak, nominal devir sayısı ve gücü sırasıyla 1460 d/dk. ve 2.2 kW olan üç fazlı bir elektrik motoru ile tahrik edilmiştir.

Gerdirme sistemi karşı ağırlık kullanılarak oluşturulmuştur. Bunun için döndürülen kasnak bir kızak (7) üzerinden gövdeye bağlanmıştır. Bu kızak, dolayısıyla döndürülen kasnak, gövdeye monte edilmiş bir makara (11) üzerinden geçirilmiş bir halatın ucuna takılan ağırlıklarla gerdirilmiştir.

Döndürülen kasnakta gerekli direnç momenti; kasnak miline bağlanan bir diske uygulanan frenleme etkisiyle elde edilmiştir. Gerekli frenleme (sürtünme) kuvveti, fren koluna (6) bağlı yaylı bir dinamometre ile uygulanmıştır. Farklı yükleme durumlarında kayma değerleri, dijital devir ölçücüler kullanılarak, kasnaklarda oluşan hız farklarına (değişimine) göre hesaplanmıştır.

Yükleme mekanizmasıyla uygulanan farklı F_k kuvvetlerinin, döndürülen kasnakta meydana getirdiği direnç momentlerinden kaynaklanan döndüren ve döndürülen kasnaklardaki devir sayıları farkı, dijital takometrelerle ölçülerek tespit edilmiştir. Daha sonra deneyler farklı gerdirme kuvvetleri için tekrar edilmiştir. Kayma hesabında kullanılan devir sayıları değerleri, uygulanan her bir frenleme kuvveti için yapılan üç ölçümden elde edilen değerlerin ortalaması olarak alınmıştır.

Deneyde, farklı direnç momentleri için ölçümler yapılırken; uygulanması gereken farklı (F_n) gerdirme kuvvetlerinin değerleri, Eşitlik 9 ve 10 yardımı ile bulunan F_1 ve F_2 kuvvetleri kullanılarak hesaplanmış ve değerleri Çizelge 1 'de verilmiştir. (Çizelge, $F_1+F_2 = F_n$ ve $F_1-F_2 = 1,55 F_k$ eşitliklerinden yararlanarak düzenlenmiştir).

Fren koluna uygulanabilecek kuvvetin en büyük değeri ise tahrik motorunun gücüne bağlı olarak hesaplanmış ve $F_k = 140$ N olarak bulunmuştur [12].

Çizelge 1. Farklı direnç kuvvetlerine karşılık gelen gerdirme kuvveti değerleri

$F_k(N)$	20	40	60	80	100	120	150
$F_n = F_1 + F_2$	62	124	184	248	310	372	465

Deneyde üç farklı gerdirme kuvveti kullanılmıştır. Her bir gerdirme kuvveti için değerleri artırılarak uygulanan direnç (fren) kuvvetleri etkisinde, dijital devir ölçerler kullanılarak, döndüren ve döndürülen kasnakta devir sayıları ölçülmüştür.

Devir sayıları farkı ve uygulanan kuvvetlere bağlı olarak s kayma faktörü ve λ çekme faktörü Eşitlik 4 ve 5 'de verilen bağıntılarla hesaplanan değerleri Çizelge 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Çizelge 2. $F_n = 300$ N ve farklı direnç kuvvetleri için bulunan s ve λ değerleri

F_k	$s \cdot 10^{-3}$	$\frac{s}{F_1 + F_2} 10^{-5}$	λ
20	0,8	0,26	0,103
40	1,2	0,4	0,206
60	2	0,6	0,31
80	5,6	1,86	0,413
100	10	3,3	0,51
120	14,5	4,8	0,62

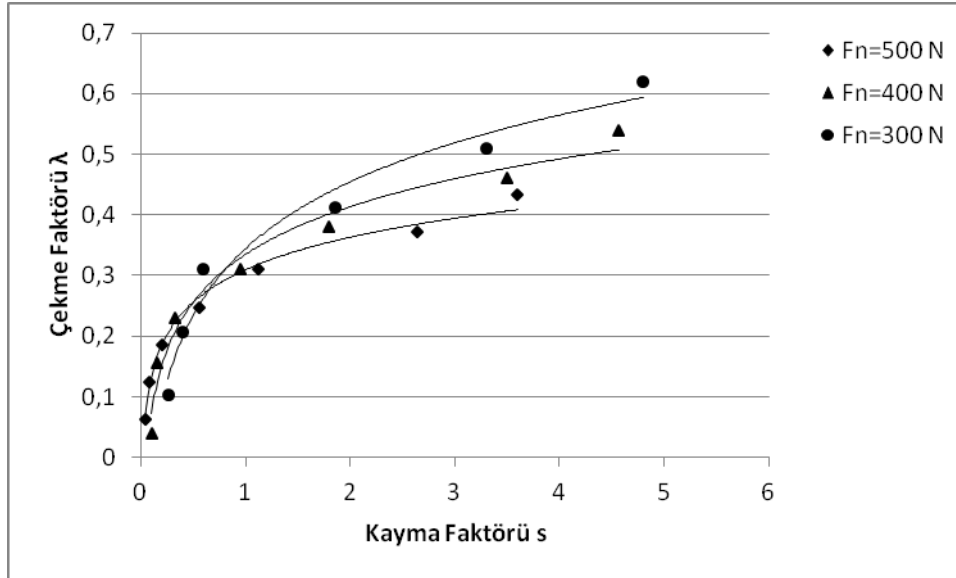
Çizelge 3. $F_n = 400$ N ve farklı direnç kuvvetleri için bulunan s ve λ değerleri

F_k	$s \cdot 10^{-3}$	$\frac{s}{F_1 + F_2} 10^{-5}$	λ
20	0,40	0,10	0,040
40	0,60	0,15	0,155
60	1,30	0,33	0,230
80	3,80	0,95	0,310
100	7,20	1,80	0,380
120	140	3,50	0,460
140	18,3	4,57	0,540

Şekil 5'te ise üç farklı gerdirme kuvveti altında değeri artırılarak uygulanan direnç kuvvetleri etkisinde meydana gelen kayma eğrileri çizilmiştir. Kaymayı gösteren yatay eksende, $\frac{s}{F_1 + F_2} \cdot 10^{-5}$ değerleri kullanılmıştır.

Çizelge 4. $F_n = 500$ N için bulunan s ve λ değerleri

F_k	$s \cdot 10^{-3}$	$\frac{s}{F_1 + F_2} \cdot 10^{-5}$	λ
20	0,20	0,04	0,062
40	0,40	0,08	0,124
60	1,00	0,20	0,186
80	2,80	0,56	0,248
100	5,60	1,12	0,310
120	13,2	2,64	0,372
140	18,0	3,60	0,434



Şekil 5. Farklı direnç ve gerdirme kuvvetleri için kayma eğrileri

3. Sonuçlar ve Tartışma

Kayış kaskak mekanizmalarında kayma olayının analitik ve deneysel analizi için yapılan bu çalışmanın sonunda:

- Yapılan teorik incelemelerin sonuçlarına göre; kayış mekanizmalarında kayma olayına etki eden faktörlerin oldukça karmaşık olduğu ve analitik olarak hesaplanmasının zor olduğu,
- Verilen bir gerdirme kuvveti için kayma, küçük direnç momentlerinde oldukça küçük kalırken, belirli bir değerden sonra ani artışların meydana geldiği,

- Deneysel çalışmanın sonucunda bulunan kayma değerlerinin, teorik olarak hesaplanan değerlerden farklı çıkmıştır. Bu da kayma olayının analitik yöntemlerle tam olarak belirlenmesinin mümkün olmadığını,
- Farklı gerdirme kuvveti (F_n) değerleri ile yapılan deneylerde; aynı direnç kuvveti değerleri için gerdirme kuvveti artıkça kaymanın az da olsa azaldığı görülmüştür.

Bu sonuç kayış mekanizmalarından iyi bir verim elde edebilmek için kayışın uygun gerginlikte olması gerektiği,

- Kayış mekanizmalarında en iyi verimin (performansın) tam kayma sınırında çalışması halinde elde edileceği bilinmektedir. Ancak, bu durumda da kayış aşırı zorlanma nedeniyle çabuk yıpranacaktır. Deneyde kullanılan kayış tipi için, en iyi çalışma performansının; çekme faktörünün $\lambda = 0,4$ ila $0,5$ değerlerinde elde edilebileceği görülmüştür.

Sembol listesi

γ	:Yiv açısı	R	:Kasnak yarıçapı
β	:Kayış sarılış açısı	μ	:Sürtünme katsayısı
F_1	:Gergin kol kuvveti	λ	:Çekme faktörü
F_2	:Gevşek kol kuvveti	s	:Kayma faktörü
F_t	:Teğetsel kuvvet	σ	:Normal gerilme
F_N	:Gerdirme kuvveti	b	:Kayış genişliği
V	:Kayış hızı	ρ	:Sürtünme açısı
ω	:Açısal hız	h	:Kayış kalınlığı
		G	:Kayma modülü

Kaynaklar

- [1] Firbank, T.C., Mechanics of the belt drive, **International Journal of Mechanical Science**, 12, 1053 – 1063, (1970).
- [2] Gerbert, B.G., Pressure distribution and belt deformation in V-belt drives, **Journal of Engineering for Industry**, 97(3), 976-981, (1975).
- [3] Gerbert., B.G., Some notes on V-belt drives, **Journal of Mechanical Designer**, 103, 8-18, (1981).
- [4] Gerbert, B.G., Belt slip-A unified approach, **Journal of Mechanical Design**, 118, 432-439, (1996).
- [5] Dolan, J.P., Closed-form approximations to the solution of V-belt force and slip equations, **Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in Design**, 107, 292-297, (1985).
- [6] Gerbert, B.G., A note on slip in V-belt drives, **Journal of Manufacturing Science and Engineering**, 98(4), 1366-1368, (1976).
- [7] Alciatore, D.G., Multipulley belt drive mechanics: Creep theory vs shear theory, **Journal of Mechanical Design**, 117, 506-511, (1995).
- [8] Bechtel, S.E., Jacob, K.I., Charlason, C.D., and Vohra, S., The stretching and slipping of belts and fibers on pulleys, **Journal of Applied Mechanics**, 67, 197-206, (2000)

- [9] Kong, L. and Parker, R.G. Steady mechanics of belt- pulley systems. **Journal of Applied Mechanics**, 72 (1), 25 – 34, (2005)
- [10] Akkurt, M., “Makine Elemanları” Cilt 3, Birsen Yayınevi, 1980.
- [11] Gediktaş, M., Yücenur, S., “Kayış Kasnak Mekanizmaları” Çağlayan Kitapevi, 1989.
- [12] Tanır, B., Kayış-kasnak mekanizmalarında kayma olayının teorik ve deneysel analizi, Y. Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, (2000).