

V-KAYIŞI MEKANİZMALARINDA SICAKLIK VE NEMİN KAYMAYA ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Abdulkadir CENGİZ ve Mehmet UÇAR

Makine Eğitimi Bölümü, Umuttepe Yer. Tek. Eğt. Fak, Kocaeli Üniversitesi, 41380, İzmit, Kocaeli
akcengiz@kou.edu.tr, ucarm@kou.edu.tr

(Geliş/Received: 08.02.2006; Kabul/Accepted: 17.07.2006)

ÖZET

Bu çalışmada, sıcaklık ve nem parametrelerinin V-kayış kasnak mekanizmalarının verimine etkisi tanımlanmıştır. Çevre şartları altında, V-kayış ile kasnak arasındaki kaymanın ölçülmesi amacıyla bir deney programı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın hedefi, tahrik parametrelerine bağlı olarak V-kayış kasnak mekanizmasının çevre koşulları ile kayma miktarı arasında bir korelasyon kurulmasına yöneliktir. Bu korelasyon çoklu lineer regresyon analizi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, farklı sıcaklık ve nem koşulları altında V-kayışı ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısını, 0.97 korelasyon katsayısıyla belirleyebilen bir tahmin denklemi oluşturulmuştur. Sıcaklık ve nemdeki artışın, sürtünme katsayısının düşmesine dolayısı ile kaymanın artmasına sebep olduğu görülmüştür. Yüksek nem şartlarında ve sıcaklığın 60°C ile 80°C arasındaki çevre koşullarında kayma miktarı oldukça yükselmektedir.

Anahtar Kelimeler: V-Kayış kasnak mekanizması, kayma oranı.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE EFFECT OF TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY ON THE SLIP OF V-BELT MECHANISM

ABSTRACT

In this study the effect of temperature and relative humidity parameters on the efficiency of V-belt mechanism has been determined. A plan of experiments was performed on measurement of slippage between V-belt and pulley with environmental conditions. The objective of this study was to establish correlation between slip quantity and environmental conditions with driving parameters of V-belt-pulley mechanism. This correlation was obtained by multiple linear regression analysis. In the end of the study a prediction equation has been obtained to determine coefficient of friction between V-belt and pulley at the different temperature and humidity (with a correlation coefficient of 0.97). It has been seen that increase of temperature and humidity leads to decrease in the coefficient of friction (slippage raises). In high relative humidity conditions, slip quantity raises rapidly when temperature is between the ranges of 60°C to 80°C.

Keywords: V-Belt pulley mechanism, slip ratio.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

V kayışlar, fiber (mukavemetli iplik veya çelik tel) takviyeli elastomer matrisli malzemelerden oluşmaktadır. Bundan dolayı V- kayışların basma doğrultusunda mukavemeti olmamakla birlikte yüksek çekme mukavemeti değerlerine sahiptirler. V-kayış mekanizmaları diğer güç iletimi elemanlarına

göre, esneklikleri, geniş hız değişim oranları, dişli çark mekanizmalarına oranla, düşük maliyet ve bakım masrafları gibi özelliklerinden dolayı uzun zamandan beri, değirmenlerde, taşıtlarda, tekstil fabrikaları, korozif ortamlar vb. alanlarda oldukça geniş kullanıma sahiptir.

V-kayış kasnak mekanizmalarının büyük avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Bunlardan bir tanesi kayışın kasnak üzerinde kaymaya maruz kalmasıdır. Kayış ile kasnak arasında kayma oluşumunda ikitemel sebep tanımlanmaktadır. Bunlardan birisi mekanizmanın kuvvet bağlantılı olmasından kaynaklanıp tork iletimi esnasında sürtünme katsayısının bir fonksiyonu olarak oluşmaktadır [1,2]. İkinci sebebi ise kayışın kasnağa giriş çıkış noktalarındaki gerginlik farklarından kaynaklanan kayışın kasnağa sarılması ve ayrılması esnasında elastik deformasyon sonucu kaymanın oluşması [3]. Ancak bu iki temel sebebin yanı sıra çevre şartlarından sıcaklık ve bağıl nemin kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısına etkimesi sonucu kayış ile kasnak arasındaki kayma miktarında değişimler olmaktadır. Kayma, mekanizmanın verimine doğrudan etki eden bir faktördür. V-kayış sistemlerinde kayma, sistem parametrelerine ve çalışılan ortam şartlarına göre değişebilmektedir.

V-Kayış kasnak mekanizmalarındaki kayma faktörü üzerine bir çok araştırma çalışması yapılmıştır. Gebert [1,3,4,5] ile Chen ve diğerleri [6] yaptıkları çalışmalarda, sistem şartlarından kaymaya etki eden parametreleri ve bunlara bağlı olarak, kayış boyunca oluşan elastik sürünmeyi, eksenel ve radyal yönlerde değişim gösteren makaslama deformasyonlarını, kasnağın girişi ve çıkışındaki bükülme rijitliğini ve radyal yöndeki uyumu (etken yarı çapın girişi ve çıkışı arasında farklı oluşunu) kaymaya etkileyen ana parametreler olarak tanımlamışlardır. Bu parametrelere bağlı kaymanın matematiksel modelini oluşturmuşlardır. Gerbert [1] yaptığı çalışmada kaymanın, hız kaybının bir hesaplama faktörü olarak dikkate alınması gerektiğini ve bir tasarım kriteri olarak alınmasının zorunlu olduğunu ifade etmiştir. Peeken ve Fischer [2] ise statik yüküle sıkılaştırılmış kayışın tork iletimine etki eden parametreleri tanımlayan bir çalışma yapmıştır. Peeken ve Fischer yaptıkları bu çalışmada sıcaklığın güç iletimine etkisi olduğuna değinmişler ancak herhangi bir matematiksel yaklaşımda bulunmamışlardır. Yine, Gerbert [4] ön gerdirme miktarına bağlı kaymanın değişimi ve güç iletimine etkisini araştırmıştır. Bunların yanında sistemin titreşim karakteristiğinin tayini [7,8] gibi farklı konularda da çalışılmıştır. Alciatore ve Traver [9] yaptıkları çalışmada, kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısına etki eden başlıca parametreleri; malzeme davranışı, ortam sıcaklığı, kayma hızı ve ortamın nemi olarak belirtmişlerdir.

V-Kayış kasnak mekanizmalarının verimine etki eden faktörler iki guruba ayrılmıştır [10]. Birinci gurup, sistemin mekanik ve konstrüktif yapısı, ikinci gurup ise, sıcaklık, nem ve çeşitli partikülleri ihtiva eden çevresel koşullardır. Uçar ve Cengiz [11] çeşitli partiküller içeren ortamlara (farklı ip lifleri, un, çimento, kireç, toz, ağaç talaş tozu, vb.) ait yaptıkları

çalışmada partiküllerin genelde kaymayı artırıcı ancak ince partiküllü ortamların ise (kireç vb.) kaymayı azaltarak tutunmayı artırıcı etkisini ortaya koymuşlardır.

Yapılan bir çok çalışmada ve üretici firma kataloglarında, standart V-kayış kasnak sistemleri için düzenlenmiş bazı formülasyonlar mevcuttur. Bu veriler, tasarımcıya seçeceği kayışı belirlemesine olanak vermektedir. Ancak bu veriler, en çok maruz kalınan durumlardan olan sıcaklık ve nemin başlıca etken olduğu çevresel ortamların etkilerini içerisine almamaktadır.

Bu çalışmada, çevre şartlarından sıcaklık ve nemin kayış kasnak mekanizmalarında kaymaya etkisi detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada sıcaklık ve nem parametreleri farklı değerlerde ayarlanarak mekanizmanın verimine etkisi ölçülmüştür. Deneysel çalışmalardan elde edilen veriler kullanılarak sıcaklık ve nemin kayış ve kasnak arasındaki sürtünme katsayısına ve kaymaya etkisini tanımlayan bir ifade elde edilmiştir.

2. TEORİK ANALİZ (THEORETICAL ANALYSIS)

Kayış kasnak mekanizmalarında kayma oranı

$$s = \frac{\Delta\omega}{\omega_{dr}} \quad (1)$$

olarak tanımlanmaktadır. [1,3,5,7,9]. Burada $\Delta\omega$ tahrik edilen ve eden kasnakların açısız hız farkları, ω_{dr} ise döndüren kasnağın açısız hızıdır. Deneysel verilerin analizine uygun olarak bu ifade;

$$s = 1 - \frac{n_{dn}}{n_{dr}} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada n_{dn} ve n_{dr} sırasıyla döndürülen ve döndüren kasnaklara ait "derece/dak" cinsinden hız miktarlarıdır. Diğer taraftan sistem parametrelerine bağlı olarak kayma,

$$s \frac{c}{F_1 + F_2} = \left(1 + c_0 \left(\frac{1 - \mu \tan \beta}{\tan \beta + \mu} + k_0 \right) \right) \lambda \quad (3)$$

olarak tanımlanmaktadır [1,3]. Burada λ çekiş katsayısı olup,

$$\lambda = (F_2 - F_1) / (F_2 + F_1) \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır [1,3]. Denklem 4, Denklem 3'de yerine yazılırsa, kayma faktörü aşağıdaki gibi yazılabilir,

$$s = \left[1 + c_0 \left(\frac{1 - \mu \tan \beta}{\tan \beta + \mu} + k_0 \right) \right] \frac{(F_2 - F_1)}{c} \quad (5)$$

Kayış ve mekanizmaya ait parametreler, Denklem 5'de yerlerine konulduğunda, sürtünme katsayısını veren yeni bir denklem elde edilir. Deneysel çalışmada kullanılmış olan 13x1425 DIN 2215 tipi V-kayış ve mekanizmasına ait,

Katalog bilgilerinden tespit edilmiş parametreler;

- Elastik Modülü, $E=38 \text{ N/mm}^2$
- Poisson oranı, $\nu=0.5$ ($\nu = (\Delta B / B) / (L / \Delta L)$)
- Kayışın boyuna rijitliği, $c=75 \text{ kN}$, ($c=F/\epsilon$)
- Kayış kama açısı, $\beta=19^\circ$ (orta eksene göre)
- Kasnaklara ait etken yarı çap, $R=66 \text{ mm}$
- V-kayış etken genişliği, $B=11 \text{ mm}$
- Normal sürtünme katsayısı, $\mu=0.4$
- Kayışın gergin ve gevşek kolları arasındaki gerilim farkı, $(F_2-F_1)=373 \text{ N}$

Teorik olarak tespit edilebilen parametreler ise; [1,3],

- Eksenel baskıya bağlı radyal yay sabiti, $k_1=31 \text{ N/mm}^2$ ($k_1=4\tan\beta \text{ EH/B}$)
- Radyal yay sbt. (boyutsuz), $k_0=k_02+k_03=-0.45$
- Radyal sıkıştırmaya bağlı radyal yay sabiti (boyutsuz), $k_02=-0.67$
- Boyuna yay sabiti (boyutsuz), $c_0=0.55$

V-kayış parametrelerine göre c_0 ,

$$c_0 = c / R^2 k_1 \quad (6)$$

ifadesinden hesaplanabilir [1,3]. Radyal sıkıştırmaya bağlı radyal yay sabiti;

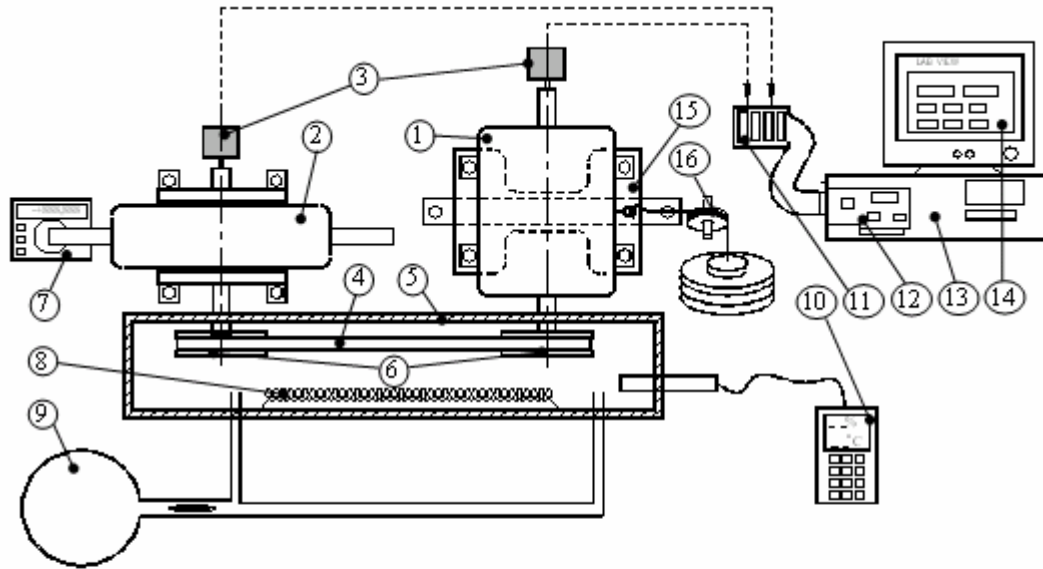
$$k_{02} = k_1 / k_2 \quad (7)$$

dir [1,3]. Burada, radyal basınca bağlı radyal yay sabiti k_2 , deneysel olarak 46 N/mm^2 değerinde tespit edilmiştir. Kayış kuvvetine bağlı boyutsuz radyal yay sabiti k_{03} ,

$$k_{03} = \nu B_0 / 2c_0 \tan\beta \quad (8)$$

ifadesinden hesaplanabilir [1,3]. Burada, $B_0 = B/R$ boyutsuz kayış genişliğidir. Boyutsuz radyal yay sabiti k_0 ($k_0 = k_{02} + k_{03}$), denklem (7) ve denklem (8) kullanılarak denklem (9) daki gibi yazılıp hesaplanabilir.

$$k_0 = k_{02} + \frac{\nu B_0}{2c_0 \tan\beta} \quad (9)$$



Şekil 1. Deney sistemine ait şematik gösterim
(Fig.1. Schematic view of the experimental setup)

- | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1- Elektrik Motoru (AC) | 7- Kuvvet Algılayıcısı | 13- Kişisel Bilgisayar |
| 2- Hidrolik Dinamometre | 8- Isıtıcı | 14- Veri Toplama yazılımı |
| 3- Rotarv enkoderler | 9- Buhar Üretici | 15- Eksenel Kayar yatak |
| 4- V-kayış | 10- Termo -Hıgrometer | 16- Sabit gerji mekanizması |
| 5- Yalıtılmış Kabin | 11- G/Ç Ara Birimi | |
| 6- V-Kasnakları | 12- Veri Toplama Kartı | |

Yukarıda geçen parametrelerin Denklem 5’de yerlerine konulmasıyla, kayma oranı sürtünme katsayısının bir fonksiyonu olarak bulunur. V-kayış mekanizmasındaki kaymanın değişimi, yalnızca bu parametrelere bağlı olmayıp aynı zamanda çevresel koşullara da bağlıdır. Böylece farklı çevresel koşullarda oluşan kayma faktörleri tespit edilerek bu koşullardaki sürtünme katsayısı değerlerine ulaşılır. Bu nedenle farklı çevresel koşullarda oluşan kaymayı tespit etmek amacıyla deneysel çalışma yapılmış ve tespit edilen değerler Tablo 2’de sunulmuştur.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deneysel çalışmada, tahrik eden ve edilen kasnak arasındaki dönme miktarı farklarının ölçülmesi ile kayma miktarı tespit edilmiştir. Şekil 1. deki deney şemasında görüldüğü gibi kasnak ve kayışlar yalıtılmış kabin içinde tutulmuştur. Yapay çevresel şartlar kabin içerisinde sıcaklık ve nem miktarlarının değiştirilmesi ile sağlanmıştır.

Deneysel çalışmada, 13x1425 DIN 2215 tipi V-kayış ile kama açısı $=18^{\circ}$ olan 13x140 iki adet V-kasnaklar kullanılmıştır. Gerdirme sonucu her bir kasnaktaki sarma açısı 180 derecedir. Tahrik edilen kasnak bir hidrolik dinamometreye, tahrik kasnağı ise, 5 KW gücünde ve dönme hızı 1000 dev/dk olan AC elektrik motoruna bağlanmıştır. Dinamometredeki akışkan miktarı ayarlanarak sistemin 1000 dev/dk ile 25 Nm reaksiyon torku üretmesi sağlanmıştır. Sabit kayış gerginliği ise, Şekil 1. ’de görülen sabit gergi mekanizmasına asılmış, 262 N yük ile tedarik edilmiştir.

Kabin iç sıcaklığını ayarlayabilmek için, kabinin iç duvarları 800 Watt kapasiteli ısı üreteçleri ile sarılmıştır. Diğer taraftan, buhar üreticiden gelen hat kabine birkaç farklı noktadan bağlanmak suretiyle kabin içindeki nem oranı ayarlanmıştır. Sıcaklık ve nem ölçümleri BRUNE marka Hygrocomb 8711 model Termo-Hygrometer ile yapılmıştır. Başlangıçta bu ölçümler kabin içinde beş farklı noktadan yapılmış, ölçüm sonuçlarında fark görülmemiş, bu nedenle kabin içerisinde sıcaklık ve nem dağılımının homojen olduğu kabul edilmiştir. Böylece termo-hygrometre kabinin merkezinde mekanizmaya yakın bir konumda yerleştirilmiştir.

İki adet rotary enkoder (Koyo Electronics TRD-J500-RZ tipi ve 500 pulse/devir) tahrik eden ve edilen kasnakların takılı oldukları miller ile aksel olarak bağlanmıştır. Enkoderlerden gelen veriler, National Instrument CB-68L G/Ç arabirimi vasıtasıyla, National Instruments E serisi PCI 6024 model veri toplama kartına aktarılmıştır. Veri toplama yazılımı olarak LABVIEW 6.0i yazılımıyla veriler bilgisayar ortamında kayıt edilmiştir.

Kaymaya etki edebilecek tüm koşullardan kaynaklanabilecek toplam devir farkının bulunması amacıyla birkaç deney yapılmıştır. Bu deneyler, sistemde tork iletimi olmaksızın ve her iki dönme yönü için de tekrarlanmış böylece devir farkı tespit edilmiştir. Buradan çevre şartlarının etkisini görmek amacıyla sistemin kalibrasyon katsayısı belirlenmiştir. Ayrıca sistem 25 Nm lik tork ile standart atmosferik şartlar altında çalıştırılmış ve bu koşullar altındaki kayma miktarı, 3,49 derece/devir olarak bulunmuştur. Bu kayma değeri, sistem parametrelerinden kaynaklanan değer olup, kayış ve kasnağın aşınmadığı kabulü ile aynı çalışma koşulları altında, çalışma süresi boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI (RESULTS OF EXPERIMENTS)

Deneyler, kayış kasnak sisteminin yerleştirildiği ve dış ortam koşullarından yalıtılmış bir kabin içerisinde farklı sıcaklık ve nemin koşullarının suni olarak oluşturulduğu bir ortamda yapılmıştır. Deneyler süresinde, sıcaklık 20-80°C arasında 10°C’lik adımlarla artırılmıştır. Her bir sıcaklık koşulu için nem miktarları %35-%95 arasında, %10’luk adımlarla artırılmıştır.

Elde edilen dönme farkları değerleri iki şekilde incelenmiştir. Bunlardan birincisi, nemin sabit tutularak, farklı sıcaklıklardaki kayma miktarlarının tespit edilmesine yönelik olup diğeri ise, sabit sıcaklığa sahip ortamlarda değişken nem oranına bağlı oluşan kayma miktarlarının tespit edilmesine yöneliktir.

Deneylerden elde edilen veriler, aşağıdaki formül kullanılarak kasnaklar arasındaki dönme farkı olan kayma miktarına dönüştürülmüştür.

$$\Delta\theta = \theta_{dr} - \theta_{dn} \quad (10)$$

Burada θ_{dr} tahrik eden kasnağın dönme miktarı olup, θ_{dn} ise tahrik edilen kasnağın dönme miktarıdır.

Sıcaklık ve nemin kayma miktarına etkileri Tablo 1’de görülmektedir. Tablo 1, normal koşullar altında oluşan ve 3,49 derece/devir olarak tespit edilen kayma miktarının, farklı atmosferik koşullar altında oluşan kayma miktarı değişimleriyle birlikte, toplam kayma miktarlarını vermektedir. Mekanik etkilerin sonucu normal atmosferik şartlarda 3,49 derece/devir olarak tespit edilen kayma miktarına denk gelen kayma faktörü değeri, kayış parametrelerinin Denklem 5’de yerine konulmasıyla, normal şartlar için elde edilen kayma faktörü değeriyle uyusmaktadır.

Tablo 2. Sıcaklık ve nemin etkisinin de olduğu ve döndüren kasnağın bir devri için oluşan kayma oranları.

(Table 2. Slip factors depending on the changing of relative humidity and temperature for per revolution of driven pulley)

		Bağıl Nem (%)						
		35	45	55	65	75	85	95
Sıcaklık (°C)	20	0,009581	0,009647	0,009678	0,009714	0,00975	0,009789	0,009808
	30	0,009978	0,010064	0,010111	0,010142	0,010211	0,010253	0,010519
	40	0,010514	0,010519	0,010531	0,010658	0,010733	0,010981	0,0116
	50	0,011061	0,011511	0,011733	0,011847	0,011936	0,012117	0,012947
	60	0,012269	0,012319	0,012444	0,012644	0,013031	0,013678	0,015261
	70	0,014253	0,014344	0,014769	0,01495	0,015528	0,016239	0,018508
	80	0,016806	0,017353	0,018744	0,019244	0,019492	0,020875	0,023092

Tablo 1. Sıcaklık ve nemin etkisinin de olduğu ve döndüren kasnağın bir devri için oluşan kayma miktarı $\Delta\theta$ (derece/devir). (Table 1. The effects of the relative humidity and temperature on the slip quantities $\Delta\theta$ (degree/rev.), for per revolution of driver pulley)

		Bağıl Nem(%)						
		35	45	55	65	75	85	95
Sıcaklık (°C)	20	3,44	3,47	3,48	3,49	3,51	3,52	3,53
	30	3,59	3,62	3,64	3,65	3,67	3,69	3,78
	40	3,78	3,78	3,79	3,83	3,86	3,95	4,17
	50	3,98	4,14	4,22	4,26	4,29	4,36	4,66
	60	4,41	4,43	4,48	4,55	4,69	4,92	5,49
	70	5,13	5,16	5,31	5,38	5,59	5,84	6,66
	80	6,05	6,24	6,75	6,93	7,02	7,51	8,31

Tablo 1.'den görüldüğü gibi, 20-40 °C deki %35, %45, %55, %65 ve %75 nem değerleri altında kayma miktarı çok az artmaktadır. 40 °C ve 60 °C arasındaki kayma miktarı artışının 20°C-40 °C arasındakinden daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak, 60 °C-80 °C arasındaki kayma miktarındaki artışlar çok daha fazla olmaktadır. Bu davranış, kayışın elastomerik yapısının yumuşaması ve yüksek sıcaklıkta nemin artırılmasıyla havada çok daha fazla su kütlesi bulunmasından [12] kaynaklanmaktadır. Böyle bir durum, sıcaklık ve nemin artırıldığı bir ortamda V-kayış mekanizmasında elastomer sürtünmesi ve sınır sürtünmesi hallerinde bir artışa neden olmaktadır [13].

Diğer taraftan, %85 ve %95 sabit nem altında, 20 °C-40 °C sıcaklık bölgelerinde kayma miktarındaki artış az miktardadır. Ancak bu nem oranları için 60 °C - 80 °C sıcaklık bölgelerinde kayma miktarı çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Tüm sabit nem değerleri için, 40 °C -80 °C sıcaklık bölgelerindeki kayma miktarlarının, değer olarak diğer bölgelerden çok daha fazla arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, düşük nem ve sıcaklıklarda kayma miktarı az bir değişim gösterirken, yüksek nem ve sıcaklıklarda kayma miktarı ciddi şekilde artış göstermektedir.

Bu çalışmada, farklı sıcaklık ve nem oranları koşulları için deneylerden elde edilen veriler, Denklem 2 yardımıyla, kayma faktörlerine dönüştürülmüş ve Tablo 2'de verilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmadan, kayış ile kasnak arasındaki kaymanın sıcaklık ve nemden etkilendiği görülmektedir. Bağıl nem, kayış ile kasnak arasında yağlayıcı etki gösterirken, sıcaklık ise kayışın rijitliğine etki etmektedir. Bu iki etkinin birleşmesiyle, kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısının değiştiği görülmektedir. Bu yüzden, sıcaklık ve nemden etkilenen kayma oranları, deneylerden elde edilen verilerin kullanılmasıyla hesaplanabilir. Daha sonra, sıcaklık ve nemden etkilenmiş sürtünme katsayısı, Denklem 5.'in yardımıyla hesaplanabilir. Kayış kasnak arasındaki normal sürtünme katsayısı, $\mu_n = 0.4$ ve yüzey pürüzlülük değeri, $R_a = 0.8 \mu m$ olarak, üretici firma kataloglarından alınmış ve bu değer Mitutoyo Marka SJ-301 model yüzey pürüzlülük cihazıyla ölçüm yapılarak da teyit edilmiştir. Sıcaklık ve nemden etkilenen, kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısı değerleri Tablo 3.'de verilmiştir.

Tablo 3. Sıcaklık ve nem oranına bağlı olarak değişen sürtünme katsayısı değerleri (Table 3. The affected friction coefficient from relative humidity and temperature)

Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)						
	35	45	55	65	75	85	95
20	0,408	0,406	0,402	0,400	0,397	0,393	0,392
30	0,382	0,376	0,374	0,372	0,368	0,366	0,352
40	0,352	0,352	0,351	0,345	0,341	0,329	0,303
50	0,326	0,307	0,298	0,293	0,290	0,284	0,257
60	0,278	0,277	0,273	0,266	0,254	0,237	0,201
70	0,223	0,220	0,211	0,207	0,196	0,183	0,150
80	0,174	0,166	0,147	0,142	0,139	0,125	0,106

Sürtünme katsayısının sıcaklık ve nem oranına bağlı olarak değişiminin kolayca tanımlanması amacıyla, Tablo 3 deki deney sonuçlarının regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda çevre koşullarından sıcaklık ve nem miktarına bağla olarak kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısını 0.97 korelasyonla tanımlayan 9 nolu tahmin denklemi elde edilmiştir.

$$\mu_e = \mu + 0.13 - 4.25E^{-3}T - 7.91E^{-4}N \quad (9)$$

Burada μ_e , sıcaklık ve nemden etkilenmiş sürtünme katsayısı, μ ise normal şartlar altındaki (20 °C ve %65 nem) sürtünme katsayısıdır. Ayrıca T, °C cinsinden ortam sıcaklığı, N ise % olarak nem oranıdır.

0.97 korelasyon katsayısı, Denklem 9'da belirtilen tahmin denkleminde, sıcaklığın ve nemin ara değerleri için, ortamdaki etkilenmiş sürtünme katsayısının çok yakın değerlerle bulunabileceğini göstermektedir. Denklem 9'a göre, 20 °C sıcaklıkta ve %60 nem oranında tespit edilen kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısı μ_e sistemin normal sürtünme katsayısı olan μ 'ye ($\mu = 0.4$) yaklaşık olarak eşittir. Denklem 9 ile, sıcaklık ve nemin, kayma oranına etkisi sonucu oluşan etkilenmiş sürtünme katsayısı değerleri kolaylıkla bulunabilmektedir.

5. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada sıcaklığın ve nem oranının kayış ile kasnak arasındaki sürtünme katsayısına etkisi deneysel olarak tanımlanmıştır. Deneysel çalışma sürecinde, sıcaklık 20 °C ile 80 °C arasında 10 °C lik adımlarla sabit tutulmuş ve her bir sabit sıcaklık koşulu için nem oranı %35 ile %95 arasında %10 luk adımlarla artırılmıştır. Çalışmalarda, %55'e kadar olan nem oranına sahip koşullarda kayma miktarında çok küçük değişimler görülmekteyken, %85 ve %95 nem oranına sahip koşullarda ise kayma miktarları daha çok artmaktadır. Bu duruma, yüksek nem oranında, kayış kasnak arasındaki temas yüzeyini azaltıcı bir etkiye sahip olan su partiküllerinin temas yüzeylerinde birikmesi sonucu özellikle sınır sürtünmenin artmasına neden olduğu dolayısıyla sürtünme katsayısının azalmasına yol açtığı ifade edilebilir. Diğer yandan 60 °C, 70 °C ve 80 °C olan çevre sıcaklıklarında, kayma miktarının çok fazla arttığı tespit edilmiştir. Bu durum, V-kayış mekanizmasında yüksek sıcaklık, elastomer kayışın yumuşaması sonucu formunun bozulması ve sınır sürtünmesine geçişin artışıyla kaynaklanmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklık ve nem oranlarında tam kayma hali oluşabilmektedir. Bu durum, kasnak ve kayış arasındaki su kütlesinin artarak polimer-metal olan sürtünme karakteristiğinin, polimer-sıvı-metal şeklinde bozulmasına dolayısıyla sürtünme katsayısının oldukça azalması sonrasında oluşmaktadır.

Kayış kasnak mekanizmalarının verimi açısından, çevre sıcaklığı önemli bir etkidir. Kayış malzemesinin sıcaklıktan etkilenebilen polimer matrisli bir kompozit malzeme olması, sıcaklığın malzemeyi yumuşatması ile kasnak yüzeylerine sarılan kayış kenar yüzeylerindeki radyal yönde oluşan basınç yayılım profilini değiştirmekte olup bu

durumda yüzeylerin tutunma karakteristikleri dolayısıyla da sürtünme katsayısı etkilenmektedir.

6. SONUÇ (CONCLUSIONS)

V-kayış mekanizmalarının içinde buldukları çevresel koşulların değişerek normal koşullardan farklı olması halinde, mekanizmadaki kaymanın çalışma koşullarına göre yeniden belirlenmesi ve mekanizma tasarımının buna bağlı yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada, değişen çevresel şartlar için, mekanizmada oluşan kayma miktarları deneysel olarak tespit edilmiş ve detaylıca analiz edilmiştir. Deneysel veriler kullanılarak, sıcaklık ve nem oranı faktörlerinin değişken olduğu, kayış kasnak arasında oluşan sürtünme katsayısını tanımlayabilecek bir tahmin ifadesi elde edilmiştir. Bu ifadeye değişken olarak normal sürtünme katsayısının, sıcaklığın ve nem oranının değerleri yerine konularak kayış kasnak arasındaki etkilenmiş sürtünme katsayısı kolayca hesaplanabilmektedir. Bu yöntem, özel şartlar altında çalışacak olan sistemlerin tasarımında tasarımcıya yardımcı olacaktır.

SEMOLLER (NOMENCLATURE)

B($B_0=B/R$)	Etken kayış genişliği
E	Elastik modül
F ₁	Gevşek koldaki kayış kuvveti
F ₂	Gergin koldaki kayış kuvveti
H	Kayış kalınlığı
N	Nem Oranı
R	Kasnak etken yarı çapları,
T	Sıcaklık
c	Boyuna Rijitlik ($c=F/\epsilon$)
c ₀	boyuna yay sabiti (boyutsuz)
k($k_0=k_{02}+k_{03}$)	radyal yay sabiti (boyutsuz),
k ₁	eksenel basınca bağlı radyal yay sabiti, ($k_1=4\tan\beta EH/B$)
k ₂ ($k_{02}=k_1/k_2$)	radyal basınca bağlı radyal yay sabiti (boyutsuz)
k ₃	kayış kuvvetine bağlı radyal yay sabiti (boyutsuz)
n _{dr}	Döndüren kasnak hızı (derece/dk)
n _{dn}	Döndürülen kasnak hızı (derece/dk)
s	Kayma Faktörü
β	Kayış kama açısı,
λ	Çekiş katsayısı
μ	Normal sürtünme katsayısı,
μ_e	Etkilenmiş sürtünme katsayısı
v	Poisson oranı,
θ	Dönme miktarı (derece)
ω	açısal hız
$\Delta\omega$	Döndüren ve döndürülen kasnaklar arasındaki açısal hız farkı

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Gerbert, G., "Some Notes on V-Belt Drives", **Transactions of the ASME, Journal of Mechanical Design**, Cilt 103, Sayı 1, 8-18, 1981.
2. Peeken, H. ve Fischer, F., "Experimental Investigation of Power Loss and Operating Conditions of Statically Loaded Belt Drives" **Proceedings of 1989 Int. PTG Conf.**: New Technology Power Transmission, 90's, ASME, 15-24. 1989.
3. Gerbert, G., "Force and Slip Behavior in V-Belt Drives". **Acta Polytechnica Scandinavica, Mech. Eng.** Series 67, Helsinki, Finlandiya, 1972
4. Gerbert, B.G. "Power Loss and Optimum Tensioning of V-Belt Drives" **Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Industry**, Cilt 96, Sayı3, 877-885, 1974.
5. Gerbert, G., "Belt Slip – a Unified Approach", **Transactions of the ASME**, 118, 432-438. 1996.
6. Chen, T.F., Lee, D.W., ve Sung, C.K., "An Experimental Study on Transmission Efficiency of a Rubber V-belt CVT", **Mechanism and Machine Theory**, Cilt 33, Sayı 4, 351-363, 1998.
7. Dalgarno, K.W., Moore, R.B. ve Day, A.J. "Tangential Slip Noise of V-Ribbed Belts" **Proc Instn Mech Engrs**, 213 Part C . 1999.
8. Fujii, A., Yonemoto, S., Miyazaki, K., Furumata, S., Okuda, K., ve Miyazawa, H., "Analysis of the Belt Lateral Vibration in Automotive Engines". **JSAE Review**, Cilt 23, No 1, 41-47. 2002.
9. Alciator, D.G., Traver, A.E., "Multipulley Belt Drive Mechanics: Creep Theory vs Shear Theory", **Transactions of the ASME, Journal of Mechanical Design**, 117, 506-511. 1995.
10. Cengiz, A., "**V-kayış kasnak mekanizmalarının kontrüksiyonunda dış etkenlerden sıcaklık ve nem faktörlerinin kaymaya etkisinin deneysel incelenmesi**" Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
11. Uçar, M., Cengiz, A., "V-Kayışlarda Çalışma Ortam Şartlarının Kaymaya Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi", **Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Cilt 10, No 1, 137-144, 2004.
12. Doolittle, J.S. ve Hale, F.J., **Thermodynamics for Engineering**, John Wiley & Sons, New York, A.B.D., 1984.
13. Bartenev, G.M. ve Lavrentev, V.V. **Friction and Wear of Polymers**. Elsevier Scientific Publishing Company, Tribology Series 6, New York, A.B.D., 1981.