

ÖZET

YUMUŞAK ROBOTİK UYGULAMALAR İÇİN AKTÜATÖRLER

Bu buluş, akışkan basıncı ile kontrol edilen yumuşak aktüatörler ile ilgilidir. Buluş ile geliştirilen aktüatörler, esnekliği farklı örgü katmanlar tarafından sağlanan anizotropik esnekliğe sahip bir yapı ile basınçlandırılmaları ile birlikte bu yapının seçimli biçimde esnetilmesini sağlayan iki kese içermektedir. Örgü katmanlar, üç boyutlu dikişsiz örgü (whole-garment knitting) tekniği ile birbirlerine bütünleşik olarak üretilmektedir. Buluşa göre aktüatörler, farklı gereksinimler doğrultusunda uyarlanabilmekte ve standart niteliklerle üretilebilmektedir.

İSTEMLER

1. Kabaca bir doğrultu boyunca uzandığı bir birinci durum ile uzunluğunun en azından bir kısmı boyunca bu doğrultudan bükülerek uzaklaştığı bir ikinci konum arasında, akışkan basıncı aracılığı ile hareket ettirilebilen,

- 5
- bir birinci katman (2),
 - doğrultu boyunca esnekliği birinci katmanın (2) esnekliğinden büyük olan bir ikinci katman (3),
 - birinci katman (2) ile eşit esnekliğe sahip bir üçüncü katman (4),
 - birinci katman ile üçüncü katman arasında yer alan bir birinci kese (5),
- 10
- ikinci katman ile üçüncü katman arasında yer alan bir ikinci kese (6),
 - birinci kese (5) ve ikinci kesenin (6) basınçlarının düzenlenmesini sağlayan basınçlandırma unsurlarını

içeren ve birinci katman (2), ikinci katman (3) ve üçüncü katmanın (4) birbirleri ile bütünleşik olarak örülü kumaşlar olmaları ile karakterize edilen bir aktüatör (1).

15

2. Birinci katman (2) ve üçüncü katmana (4) göre birim uzunluk için daha çok sıra (7) içeren ikinci katman (3) ile karakterize edilen istem 1'deki gibi bir aktüatör (1).

3. İkinci katman (3) üzerinde yer alan pileler (9) ile karakterize edilen istem 2'deki gibi bir aktüatör (1).

20

4. Katmanlardan bir veya daha fazlası üzerinde konumlandırılmış en az bir sensör (10) ile karakterize edilen istem 1'deki gibi bir aktüatör (1).

5. ilgili katman ile bütünleşik olarak örülü sensörler (10) ile karakterize edilen istem 4'teki gibi bir aktüatör (1).

25

6. Bir birinci katmanın (2), bir ikinci katmanın (3), birinci katman (2) ile ikinci katman (3) arasında kalan bir üçüncü katmanın (4) örülmesi ve katmanların aralarına birinci kese (5) ile ikinci kesenin (6) yerleştirilmesi ve keselere basınçlandırma unsurlarının bağlanması adımlarını içeren ve birinci katman (2), ikinci katman (3) ve üçüncü katmanın (4) üç boyutlu dikişsiz örgü tekniği ile bir bütün olarak üretilmesi ile karakterize edilen bir aktüatör (1) üretim yöntemi.

7. İkinci katmanın (3), birinci katman (2) ve üçüncü katmana (4) göre birim uzunlukta daha çok sıra (7) içerecek biçimde örülmesi ile karakterize edilen istem 6'daki gibi bir aktüatör (1) üretim yöntemi.
8. İkinci katmanın (3) birinci katman (2) ve üçüncü katman (4) ile kesiştiği kenarlarına doğru, birim uzunluktaki sıra (7) sayısı azaltılarak kenarlarda birinci katman (2) ve üçüncü katmanın (4) birim uzunluktaki sıra (7) sayılarına eşit olacak biçimde örülmesi ile karakterize edilen istem 7'deki gibi bir aktüatör (1) üretim yöntemi.

TARİFNAME

YUMUŞAK ROBOTİK UYGULAMALAR İÇİN AKTÜATÖRLER

Teknik Alan

Bu buluş, akışkan basıncı ile kontrol edilen yumuşak aktüatörler ile ilgilidir.

5 Önceki Teknik

Akışkan kontrollü yumuşak aktüatörlerin üretimi için genel olarak silikon ve kauçuk gibi elastomerik malzemeler kullanılır ve bu yapılara pnömatik basınç uygulanarak istenen hareketin elde edilmesi sağlanır. İstenilen hareket elastomerlerin kalıplanarak anizotropik özellikler kazanması ile elde edilmektedir. Elastomerik malzemeler ısı direnci, kimyasal direnç ve farklı hareketlere uyum sağlama gibi bazı üstün özellikler sunsa da, elastomerik malzemelerin özellikleri - malzeme yoğunluğu, sertlik, mukavemet - giyilebilir uygulamalarda zorluklar ortaya çıkartabilmektedir (örneğin malzemelerin sertliği ve ağırlığı kullanıcının hareket aralığını engeller) veya tasarımların boyut olarak ölçeklendirilmesi gerektiğinde tasarım seçeneklerini sınırlayabilir. Bu dezavantajları kaldırmak adına tekstil tabanlı bazı yumuşak aktüatörler de geliştirilmiştir. Bunlar ise, birçok tekstil ürününde olduğu gibi, kesilen parçaların dikilmesi ve yapıştırılması ile bir araya getirilip üretilmektedir. Bu nedenle de tekstil tabanlı yumuşak aktüatörlerin üretiminde yüksek işçilik masrafları ve çok sayıda üretim adımı bulunmasına bağlı olarak kalite hedeflerinin tutturulmasında zorluklar ile karşılaşmaktadır.

20 Yumuşak aktüatörlerin hareket olanaklarının ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çeşitli çözümler teknikte bilinmektedir.

WO2017120314A1 sayılı dokümanda, iki kumaş katman arasında konumlandırılmış bir kese içeren aktüatörler açıklanmıştır. Her iki kumaş katmanın da anizotropik veya izotropik uzama özelliklerine sahip olabileceği belirtilmiştir.

25 WO2015066143A1 sayılı dokümanda, üzerinde destek yapıları bulunan bir hazneden oluşan aktüatörler açıklanmıştır. Aktüatörün bükülme, uzama, burulma veya bunların kombinasyonlarından oluşan davranışı, destek yapıları tarafından belirlenmektedir. Birden fazla davranışa uygun aktüatörlerde belirli bir biçim değişiminin seçilebilmesini sağlamak üzere iç içe birden fazla hazneden yararlanılan uygulamalara da değinilmiştir.

CN109909990A sayılı dokümanda, belirli biçim değişikliklerine karşılık gelen modüller ile farklı modüllerin kombinasyonlarından oluşan aktüatörler açıklanmıştır.

WO2018136004A1 sayılı dokümanda, her biri bir iç keseye sahip bir sınırlayıcı unsur ile bir bükücü unsur içeren aktüatörler açıklanmıştır. Bükücü unsur ondüleli bir yapıdadır.

5 Sınırlayıcı unsurun, aktüatörün düzleştirilmesi için kullanımına da değinilmiştir.

US6718766B2 sayılı dokümanda, birbirine paralel olarak konumlandırılmış birden fazla hazne içeren aktüatörler açıklanmıştır. Bu haznelerin basıncı, birbirleri arasında akışkan aktarımı ile gerçekleştirilmekte ve aktüatörün bükülmesi sağlanmaktadır.

10 US10882195B2 sayılı dokümanda, bir kalıp içinde elyaf gömülü elastomer bir aktüatörün üretimi açıklanmıştır.

Buluşun Amaçları

Bu buluşun amacı, akışkan basıncı ile kontrol edilen yumuşak bir aktüatörün geliştirilmesidir.

15 Bu buluşun başka bir amacı da, yüksek basınç dayanımına sahip akışkan basıncı ile kontrol edilen yumuşak aktüatörlerin geliştirilmesidir.

Bu buluşun daha başka bir amacı da, farklı gereksinimler doğrultusunda uyarlanmış aktüatörlerin üretimine olanak tanıyan bir üretim yönteminin geliştirilmesidir.

Buluşun Ayrıntılı Açıklaması

20 Bu buluşun amaçlarına ulaşmak için gerçekleştirilen yumuşak aktüatör ekli şekillerde gösterilmiştir.

Şekil 1 Buluşa göre bir aktüatörde kullanılan örme kumaşın ilmek yapısının şematik görünümüdür.

Şekil 2 Buluşa göre bir aktüatörde kullanılan katmanların gerilim-gerinim eğrisidir.

Şekil 3 Buluşa göre bir aktüatörün şematik patlatılmış görünümüdür.

25 **Şekil 4** Buluşa göre sensör entegreli bir aktüatörün şematik patlatılmış görünümüdür.

Şekil 5 Buluşa göre bir aktüatörün üstten görünümüdür.

Şekil 6 Buluşa göre bir aktüatörün bükülmüş durumda iken yandan görünümüdür.

Şekil 7 Buluşa göre bir aktüatörün uzatılmış durumda iken yandan görünümüdür.

Şekil 8 Buluşa göre aktüatörler içeren bir eldivenin görünümüdür.

Şekil 9 Buluşa göre aktüatörlerin uç kuvvetine karşılık basınç grafiğidir.

Şekil 10 Buluşa göre aktüatörlerin tutma kuvvetine karşılık basınç grafiğidir.

5 **Şekil 11** Eldiven olmaksızın ölçülen fleksör kas etkinliğini gösteren elektromiyogramdır.

Şekil 12 Şekil 10'da görülen eldiven ile ölçülen fleksör kas etkinliğini gösteren elektromiyogramdır.

Şekil 13 Eldiven olmaksızın ölçülen ekstensör kas etkinliğini gösteren elektromiyogramdır.

10 **Şekil 14** Şekil 10'da görülen eldiven ile ölçülen ekstensör kas etkinliğini gösteren elektromiyogramdır.

Şekillerde yer alan parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaraların karşılıkları aşağıda verilmiştir.

1. Aktüatör
2. Birinci katman
- 15 3. İkinci katman
4. Üçüncü katman
5. Birinci kese
6. İkinci kese
7. Sıra
- 20 8. Çubuk
9. Pile
10. Sensör
11. Eldiven

25 Kabaca bir doğrultu boyunca uzandığı bir birinci durum ile uzunluğunun en azından bir kısmı boyunca bu doğrultudan bükülerek uzaklaştığı bir ikinci konum arasında, akışkan basıncı aracılığı ile hareket ettirilebilen buluş konusu yumuşak aktüatör (1), temelde,

- bir birinci katman (2),
 - doğrultu boyunca esnekliği birinci katmanın (2) esnekliğinden büyük olan bir ikinci katman (3),
- 30

- birinci katman (2) ile ikinci katman (3) arasında kalan, birinci katman (2) ile eşit esnekliğe sahip bir üçüncü katman (4),
 - birinci katman ile üçüncü katman arasında yer alan bir birinci kese (5),
 - ikinci katman ile üçüncü katman arasında yer alan bir ikinci kese (6),
- 5 - birinci kese (5) ve ikinci kesenin (6) basınçlarının düzenlenmesini sağlayan basınçlandırma unsurlarını

içermektedir.

Birinci kese (5) ve ikinci kese (6), sızdırmaz ve esnek malzemelerden mamuldür. Buluşun tercih edilen bir uygulamasında aktüatör (1), hava ile basınçlandırılmaktadır ve keseler de
10 hava geçirmez niteliktedir. Keseler, örneğin termoplastik poliüretandan mamul olabilir.

Basınçlandırma unsurları tarafından yalnız ikinci kesenin (6) basınçlandırılması ile birlikte üçüncü katman (3) uzamakta ancak birinci katman (2) ve üçüncü katmanın (4) aynı ölçüde uzamaması nedeni ile aktüatör (1), birinci katman (2) tarafına doğru bükülmektedir. İkinci kesenin (6) basıncının artırılması ile birlikte de bükülmüş durumdaki aktüatörün (1) rijitliği
15 artırılabilir.

Yalnız birinci kesenin (5) basınçlandırılması durumunda ise, aktüatör (1), düzleşmektedir. Birinci kesenin (5) basıncının artırılması ile birlikte de düz durumdaki aktüatörün (1) rijitliği artırılabilir.

Her iki kesenin birden basınçlandırılması ile de aktüatörün (1) yalnız ikinci kesenin (6)
20 basınçlandırılması ile sağlanana göre sınırlı düzeyde bükülmesi sağlanabilmektedir.

Birinci katman (2), ikinci katman (3) ve üçüncü katman (4), sıraları (7) doğrultuya dik, çubukları (8) ise doğrultuya paralel uzanan örgü kumaşlardır. Böylece, doğrultuya paralel kuvvetlerin etkisi altındaki esneklikleri, örgü parametreleri aracılığı ile kontrol edilebilmektedir.

25 Birinci katman (2), ikinci katman (3) ve üçüncü katman (4), üç boyutlu dikişsiz örgü (whole-garment knitting) tekniği kullanılarak birbirleri ile bütünleşik olarak örülmüştür. Katmanlar arasındaki bağlantıların sürekliliğinin sağlanması, aktüatörün (1) dayanımının artırılmasına ve aktüatör (1) üzerindeki kuvvetlerin düzgün dağıtılabilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, üretimin tümüyle bilgisayar destekli olarak gerçekleştirilmesi sayesinde,

aktüatörlerin (1) farklı kullanım alanları ve ölçülere göre kolaylıkla uyarlanabilmesi ve farklı örgü parametreleri kullanılabilmesine karşın standart niteliklerle üretilebilmesi sağlanmaktadır. İşçilik gereksinimi ise ciddi biçimde azaltılabilmekte, kumaş artıklarının oluşumu ise tümüyle giderilebilmektedir.

- 5 Üç boyutlu dikişsiz örgü tekniği ile üretilen aktüatörün (1), ikinci katmanı (3), birinci katman (2) ve üçüncü katmana (4) göre birim uzunluk için daha çok sıra (7) içermektedir. İkinci katmanda (3) ayrıca likra gibi daha esnek malzemeler barındıran iplikler de kullanılabilir.

Tercihen ikinci katman (3) üzerinde, bükülmeyi kolaylaştıran ve bükülme miktarını arttıran pileler (9) bulunmaktadır. Bu pileler (9), ikinci katmanın (3) iç kısımlarında sıra (7) - çubuk (8) oranının kenarlardakine göre daha büyük olacak biçimde örülmesi ile oluşturulmuştur. Böylece, ikinci katman (3) kenarlarında birinci katman (2) ve üçüncü katmana (4) dikiş gerektirmeksizin düzgün bir biçimde bağlanabilmektedir. Pileler (9), ikinci katmana (3), anizotropik bir esneme olanağı sağlayarak bükülme yönünün belirlenmesine de katkı sağlamaktadır.

- 15 Buluş konusu aktüatör (1), en az bir sensör (10) de içerebilmektedir. Sensörler (10) katmanlardan bir veya daha fazlası üzerinde konumlandırılmış olabilir. Tercihen sensörler (10) de, aktüatörün (1) örülmesi sırasında ilgili katman ile bütünleşik olarak örülerek oluşturulmuştur. Sensörler (10), iletken iplikler kullanılarak oluşturulan ve biçim değişiklikleri veya üzerlerine etki eden basınç ile birlikte empedans gibi elektriksel bir özellikleri değişen sensörlerdir (10). Sensör (10) empedansı, direnç, kapasitans, endüktans veya bunların bir kombinasyonuna bağlı olabilir. Kapasitansın izlenmesi için, ilgili katman üzerinde iki iletken katman ile bunların arasında yer alan bir dielektrik katman oluşturulabilir veya ilgili katman dielektrik katman görevi göreceğ biçimde katmanın iki yüzü üzerinde birer iletken katman oluşturulabilir. Endüktansın izlenmesi için, ilgili katman üzerinde
- 20 iletken iplikten çeşitli biçimler oluşturulabilir.

Sensörler (10) ile aktüatörün (1) durumu ve çalışma koşulları izlenebilmektedir. Sensörler (10) aracılığı ile aktüatör (1) etkinliğine ilişkin geri bildirim elde edilebilmekte, aktüatör (1) üzerine etki eden kuvvetler izlenebilmekte ve destekleyici aygıtlar içinde kullanılan aktüatörlerin (1) kontrolü sağlanabilmektedir.

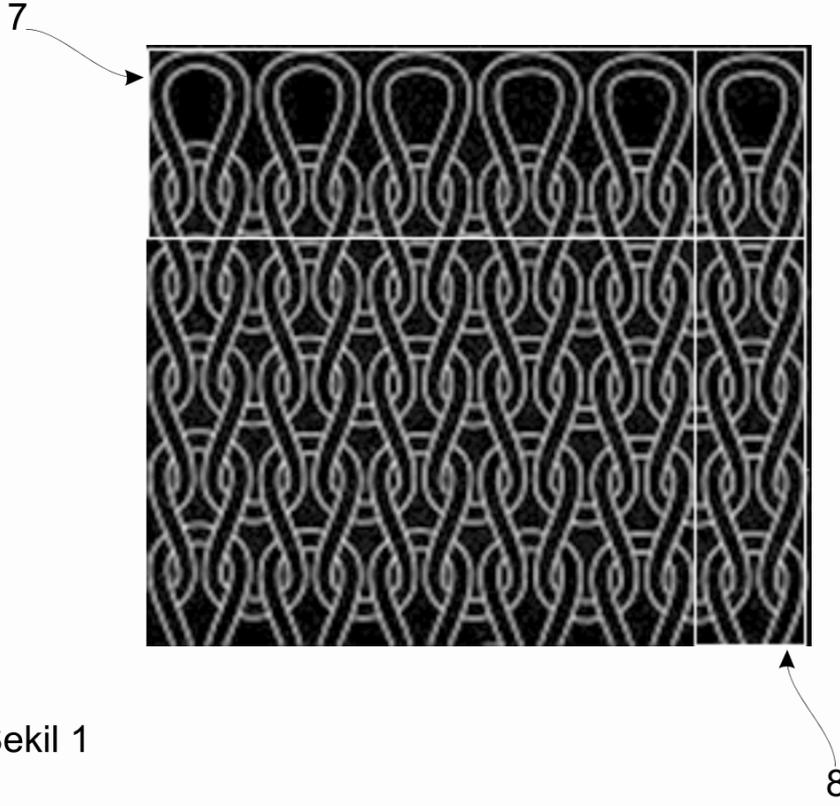
- 30 Buluşa göre aktüatörler (1) temelde, birinci katman (2), ikinci katman (3) ve üçüncü katmanın (4) üç boyutlu dikişsiz örgüt tekniği ile bir bütün olarak üretilmesi, katmanların

aralarına birinci kese (5) ile ikinci kesenin (6) yerleştirilmesi ve keselere basınçlandırma unsurlarının bağlanması adımları ile üretilmektedir. Birinci katman (2), ikinci katman (3) ve üçüncü katman (4), istenen ölçü ve esnekliklerini sağlamaya uygun örgü parametreleri kullanılarak, dikişsiz ve tek parça olarak üretilmektedir. İkinci katman (3), birinci katman (2) ve üçüncü katmana (4) göre birim uzunlukta daha çok sıra (7) içerecek biçimde örülmektedir. Ayrıca, ikinci katmanın (3) birinci katman (2) ve üçüncü katman (4) ile kesiştiği kenarlarına doğru, birim uzunluktaki sıra (7) sayısı azaltılarak kenarlarda birinci katman (2) ve üçüncü katmanın (4) birim uzunluktaki sıra (7) sayılarına eşit olması da sağlanmaktadır. Böylece bütünleşik katmanlar, ikinci katmanın (3) esnekliği, birinci katmanın (2) ve üçüncü katmanın (4) esnekliğinden fazla olacak biçimde üretilebilmektedir.

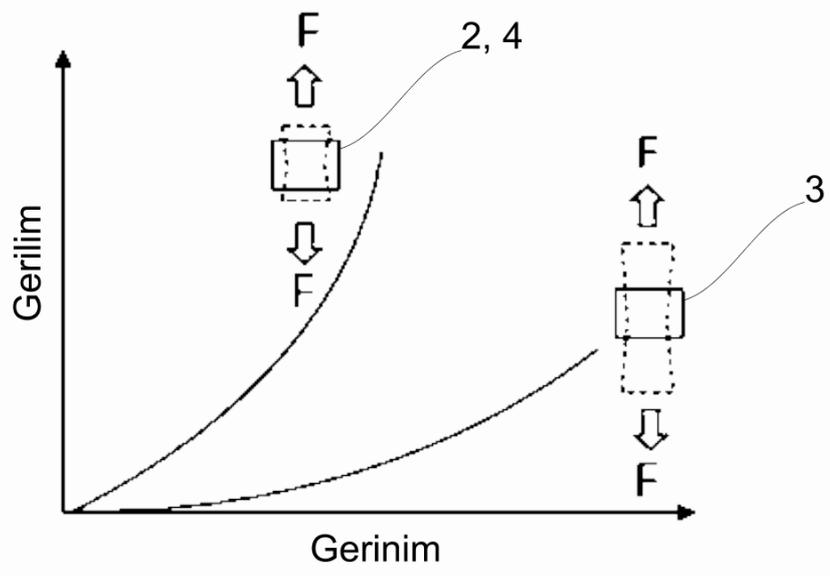
Buluşa göre farklı iplikler kullanılarak üretilmiş dört farklı aktüatör (1) ile gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları Şekil 9 ve 10'da gösterilmiştir. Şekil 9'da aktüatörlerin (1) birinci kese (5) basınçlandırılmış iken uç noktaları tarafından uygulanan kuvvetler, Şekil 10'da ise aktüatörlerin (1) ikinci kese (6) basınçlandırılmış iken tutma kuvvetleri yani bükülü durumda iken içbükey yüzeyleri tarafından uygulanan kuvvetler ilgili kese basınçlarına bağlı biçimde gösterilmiştir.

Buluş konusu aktüatörler (1), hassas veya düzgün bir biçime sahip olmayan parçalar ile çalışılan otomasyon uygulamalarında ve rehabilitasyon ekipmanları ile ortezlerde kullanılabilir.

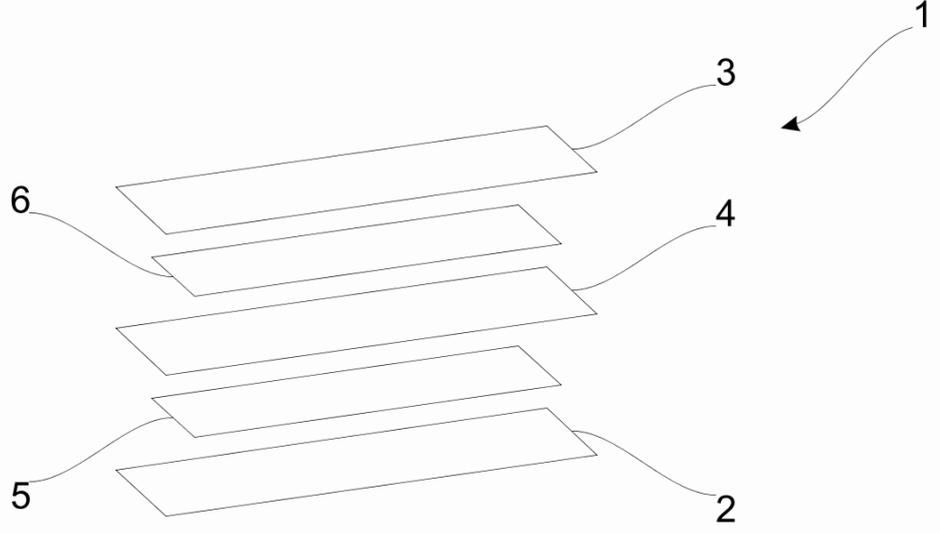
Buluşun örnek bir kullanımı, Şekil 8'de gösterilmiştir. Her bir parmağı üzerine bir adet buluşa göre aktüatör (1) bağlanmış bir eldiven (11) ile bir kullanıcının el hareketleri desteklenebilmektedir. Bu eldiven, basınçlandırma unsurlarının belirli bir programa göre çalıştırılması ile rehabilitasyon amaçlı olarak kullanılabilir. Bunun yerine, sensörler (10) aracılığı ile kullanıcının gerçekleştirdiği hareketler izlenerek, basınçlandırma unsurları bu hareketleri destekleyecek biçimde de çalıştırılabilir. Kullanıcı hareketlerinin desteklendiği buluşun bu uygulamasının etkinliğinin değerlendirilebilmesi için, elin eldiven (11) ile ve eldiven (11) olmaksızın kapatılması ve ardından açılması sırasında fleksör ve ekstensör kasların elektriksel etkinliği izlenmiştir. İlgili elektromiyogramlar Şekil 11 ila 14'te görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında buluşa göre aktüatörler (1) içeren eldiven (11), el hareketlerine önemli ölçüde destek sağlayabilmektedir.



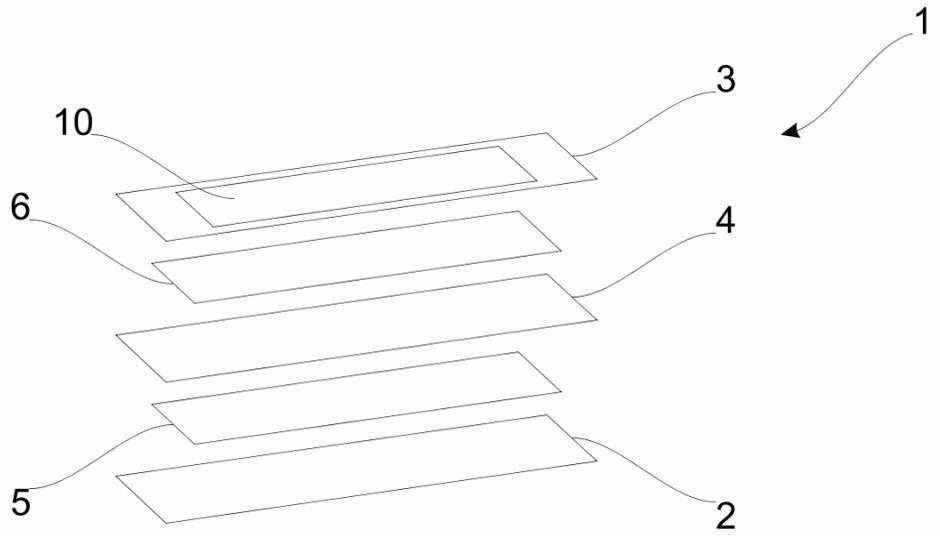
Şekil 1



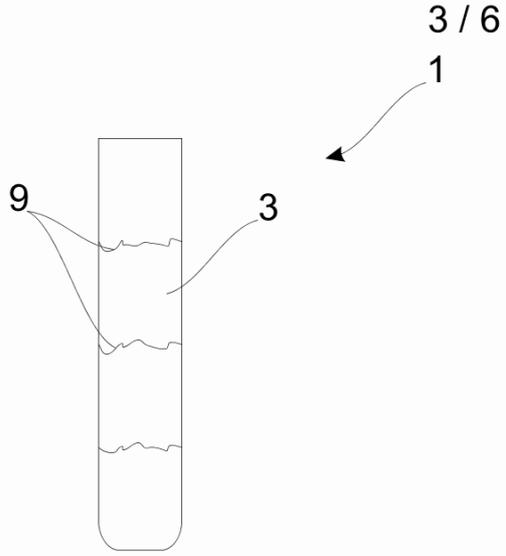
Şekil 2



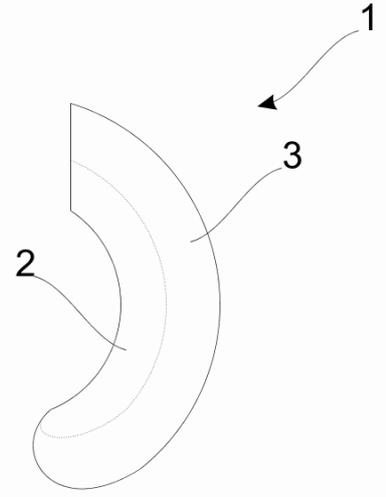
Şekil 3



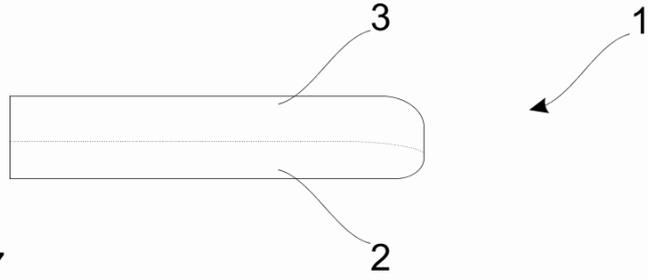
Şekil 4



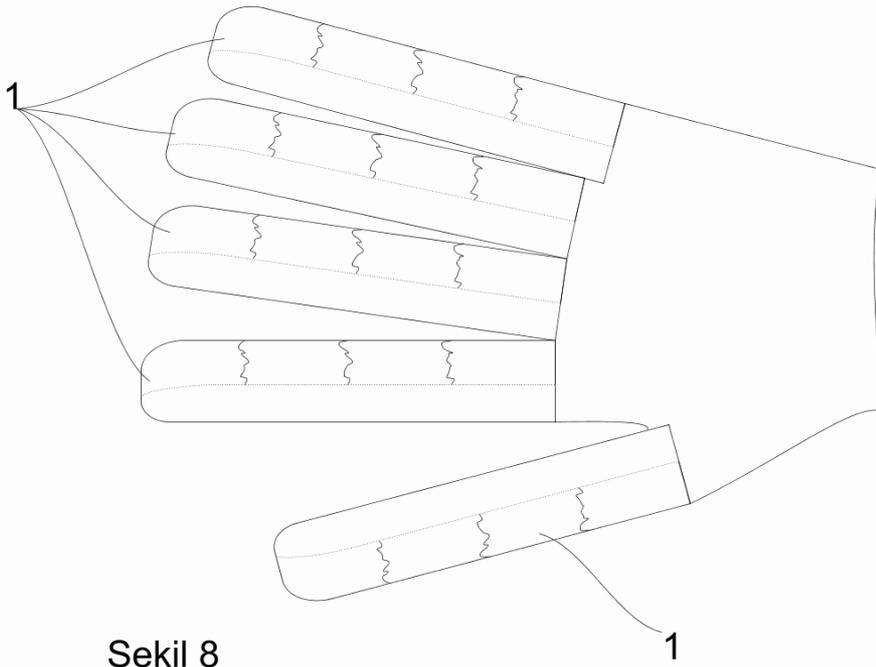
Şekil 5



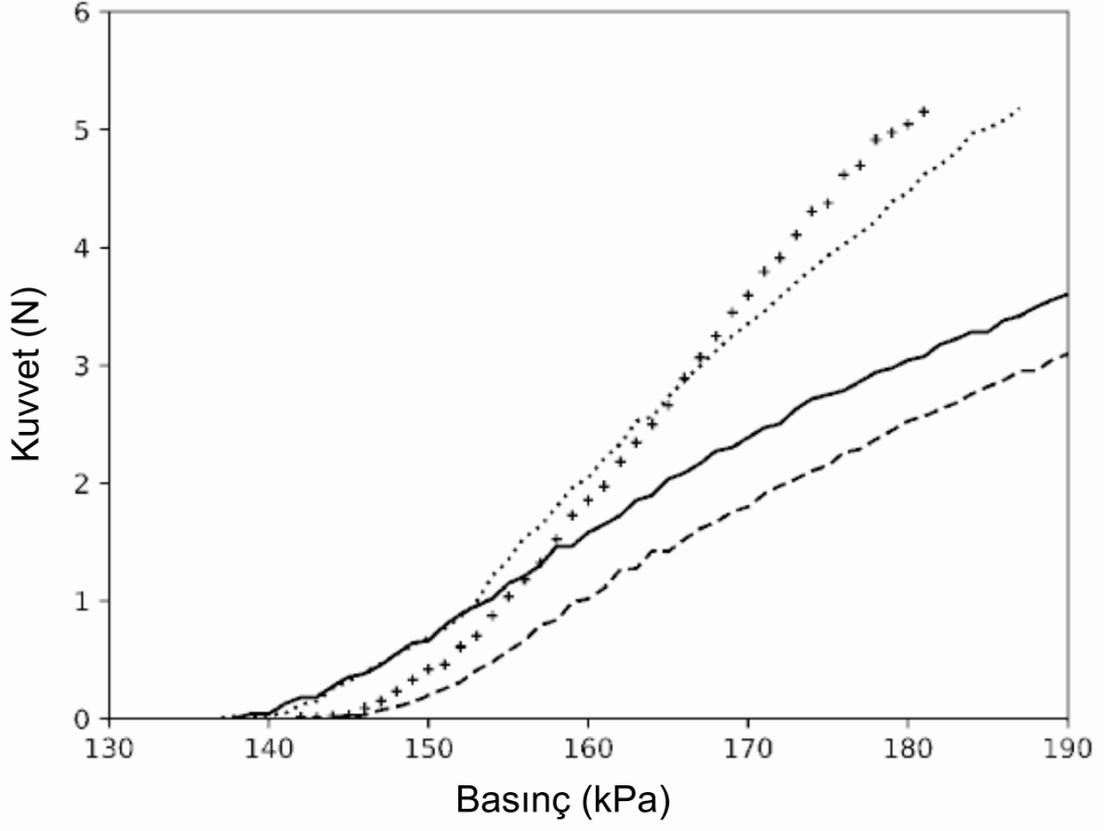
Şekil 6



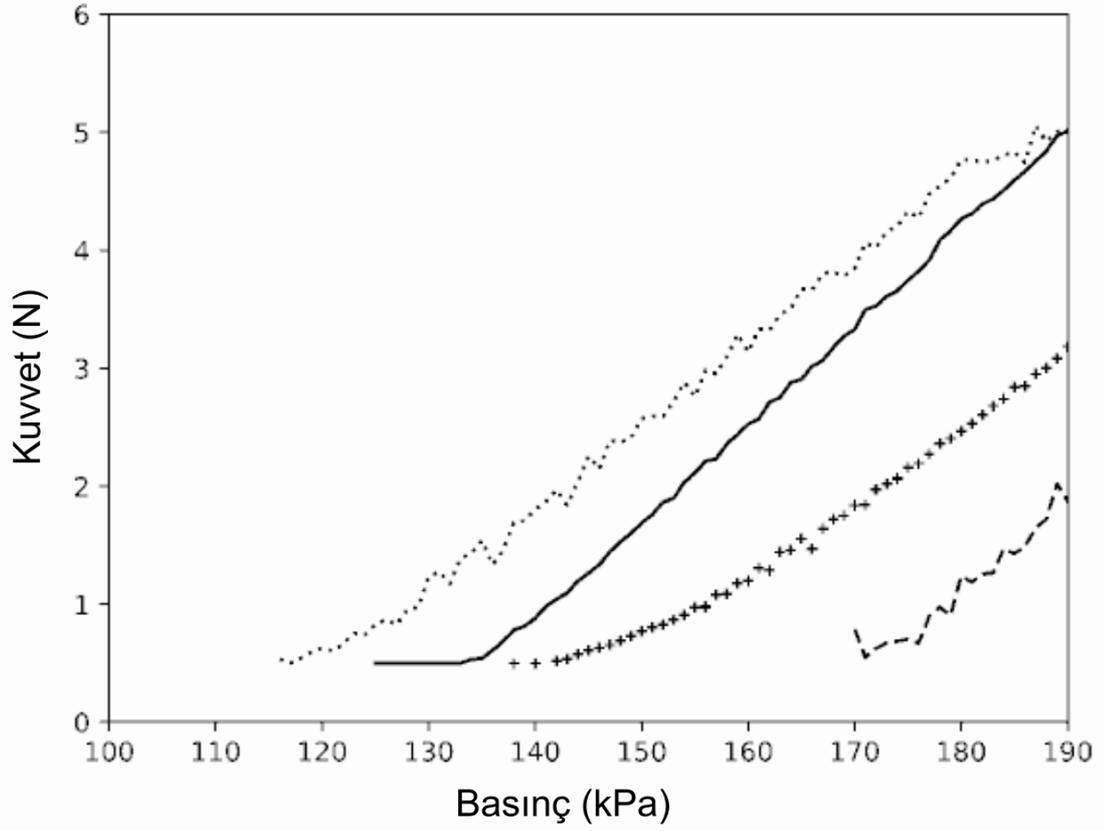
Şekil 7



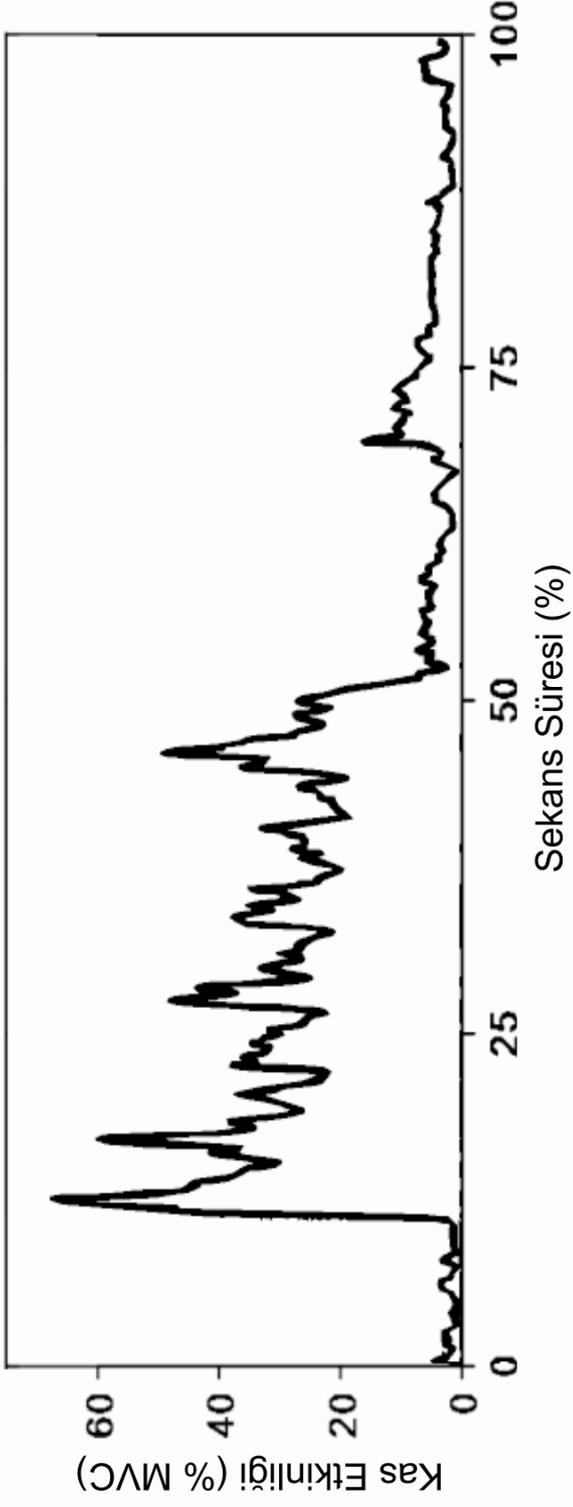
Şekil 8



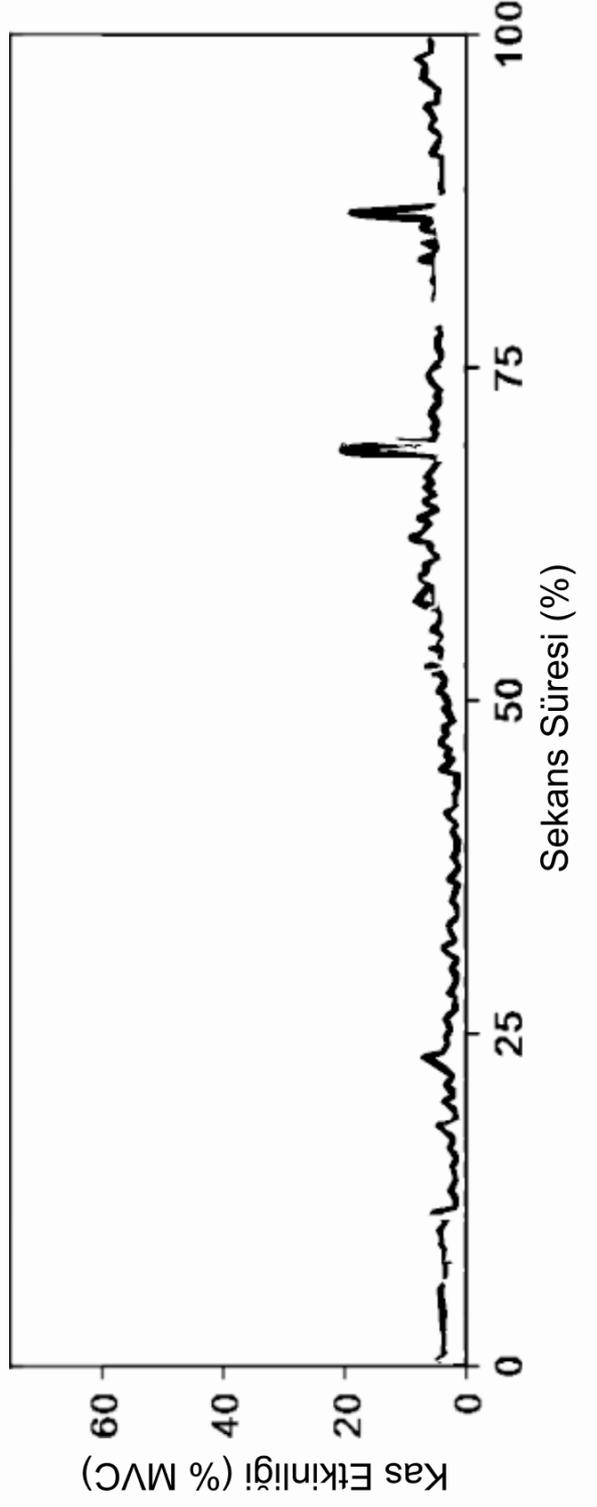
Şekil 9



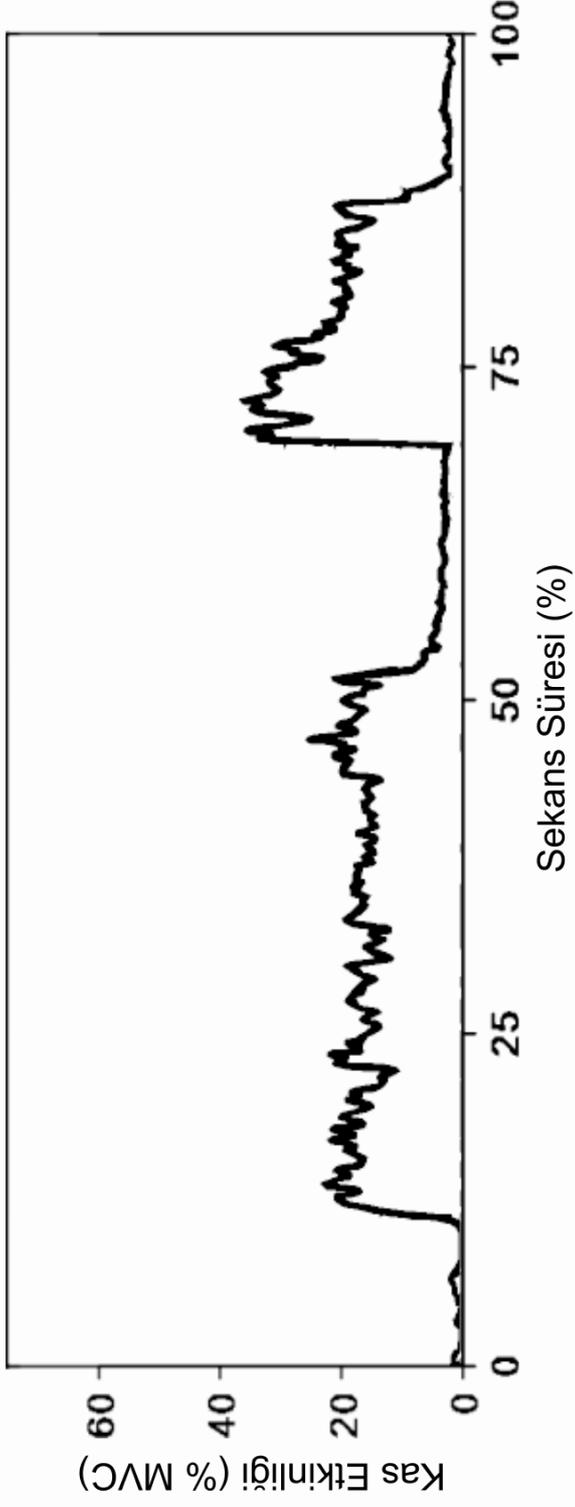
Şekil 10



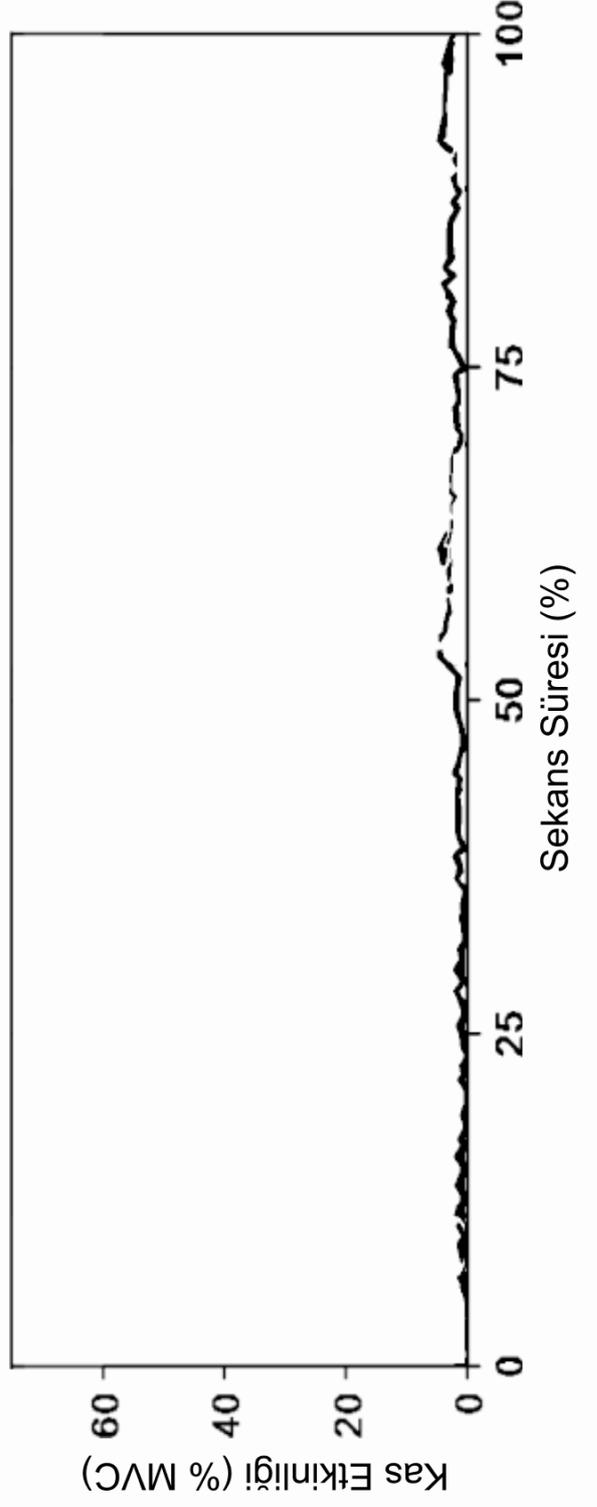
Şekil 11



Şekil 12



Şekil 13



Şekil 14