

KUMAŞIN GEOMETRİK YAPISI İLE KULLANIM ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Prof. Dr. Güngör BAŞER
E.Ü. Müh. Fak. Tekstil Müh. Bölümü İZMİR

Bu yazıda önce kumaş geometrisinin, örgü ve iplik sıklıkları olmak üzere kumaş tasarım parametrelerine, ipliklerin çap, uzama, eğilme ve yassılma özelliklerine ve iplik gerginliği yoluyla makineye bağlı olarak nasıl oluştuğu ve matematiksel olarak nasıl tanımlandığı açıklanmıştır. Daha sonra kumaş geometrisinin, kumaşın kalınlık, örtme, gözeneklilik, yüzey özelliği gibi yapısal parametreleri ile mekanik ve estetik nitelikleriyle ilişkili kullanım özellikleri arasındaki ilişkileri açıklayıcı temel ilkelere değinilmiştir.

RELATIONS BETWEEN THE GEOMETRICAL STRUCTURE OF A FABRIC AND ITS END USES

It is explained first, in this article, how the fabric geometry is formed and how it is defined mathematically, depending on the fabric weave and thread densities as fabric design parameters, on the properties of diameter, extension, bending and compression of the yarns, and also on the machine through yarn tension. Reference is made, later on, to the basic principles explaining the relations between the structural parameters of the fabric geometry such as fabric thickness, cover, porosity and surface properties and its end uses related to its mechanical and aesthetic characteristics.

1. GİRİŞ

Kumaş tekstil liflerinden düzgün ve örtücü bir yüzey sağlayacak biçimde oluşturulan ince ve elastik bir materyal olarak tanımlanabilir. Kumaş oluşturmada dokuma, örme ve iğneleme ya da yapıştırma olmak üzere üç ana yöntem uygulanmaktadır. Dokuma ve örme kumaşların temel yapı elemanı ipliklerdir. İplik ise liflerin iplik eksenine doğrultusunda dizilerek birlikte bükülmesi ile oluşan bir alt yapıdır. Dokuma ve örme kumaş oluşumunda ipliklerin ya da iplik bölümlerinin (örmede) birbirleriyle çeşitli düzenlerde bağlanmalarıyla esnek bir yapı oluşur. Bu yapının davranışsal özelliklerini belirlemede "örgü" terimiyle tanımladığımız bu bağlantı biçimi etkin olduğu kadar iplik özellikleri ve ipliklerin belirli bir kumaş alanı içinde kullanılma yoğunluğunun ölçüsü olan "sıklık" da etkilidir. İpliğin kumaş özelliklerini etkileyen iki ana özelliği ise "iplik çapı" ve "iplik rijitliği"dir.

1.1. Kumaş Geometrisi

Örgü düzeni içinde kumaş yapısını oluşturan ipliklerin, çap, rijitlik ve kullanım yoğunluğunun etkisi altında bu yapı içinde matematiksel biçimde be-

lirlenmesiyle tanımlanan yerleşim düzeni "Kumaş Geometrisi" olarak bilinmektedir. Dokuma ve örme kumaşlar için çeşitli kumaş geometrileri geliştirilmiştir. Doğrudan liflerden yapılan kumaşlarda da bir lifin diğer liflere göre uzaysal ve mekaniksel durumunu belirlemek biçiminde benzer analiz yaklaşımları yapılabilmektedir.

1.2. Örgü - Kumaş Geometrisi İlişkisi

Dokuma kumaşlarda atkı ve çözümlü iplikleri birbirlerine dik yönde kesişerek bağlantı yaparlar ve bu bağlantı düzeni çeşitli örgüler olarak tanımlanır. Bir kumaş geometrisinin oluşturulmasında temel problem ipliğin kumaş içinde aldığı biçimdir. Bu biçim örgü düzenine bağlı olduğuna göre, her bir örgü için ayrı bir kumaş geometrisi oluşturmak gerekecektir.

Aynı durum örme kumaşlar için de geçerlidir. Örme kumaşlarda örgü ilmek biçimini alan iplik halkalarının birbirlerine bağlanmalarıyla oluşmaktadır. İlmeklerin gerek dizilişleri gerekse bağlanma biçimleriyle farklılaşan örgü yapıları, farklı kumaş geometrilerinin geliştirilmesini gerektirir.

Diğer yandan gerek dokuma ve gerekse örme kumaşlarda klasik ve basit kumaş yapıları yanında daha karmaşık ve özel yapılar da kullanılmaktadır. Örneğin dokumada halı, havlu ve kadife gibi "İlmeli Yapılar", döner gücülü sistemde oluşturulan yapılar, örmede farklı ilmek biçimi oluşturan çözümlü örme yapılar, atkı yatırımı ile sağlanan daha karmaşık atkılı ve çözümlü örme yapıları farklı kumaş geometrilerinin geliştirilmesini gerektirir.

Kumaşlar değişik kullanım amaçlarını sağlamak için değişik yapılarda üretildiklerine göre, bu yapıların bilimsel tanımı demek olan kumaş geometrisi ile kumaş kullanım özellikleri arasında doğrudan ve dolaylı önemli ilişkilerin olduğu açıktır. Kumaş geometrisi alanında yapılan çalışmalar bu ilişkileri somut, yönlendirilebilir ve tahminlenebilir bir biçimde tanımlama gereksiniminin sonucudur. Bu alanda ilk önemli adım Peirce (1937) tarafından atılmış, bezayağı örgülü en basit dokuma kumaş için farklı yaklaşımlarla çeşitli geometriler geliştirilmiş, pratik kullanıma ışık tutacak bilgiler sağlanmıştır.

Ne var ki kumaş geometrisi pratik kullanım için gerekli her istemi karşılayacak ölçüde tam olarak çözümlenmiş bir konu değildir. Geometrik yaklaşımlar çoğu kez en basit birkaç örgü için yapılabilmektedir. Aynı durum örme kumaşlar için de geçerlidir. Bunun nedenleri ilerideki açıklamalarımızla daha iyi anlaşılacaktır.

1.3. İplik Özelliklerinin Kumaş Geometrisini Etkileyişi

İplik özelliklerinin kumaş geometrisini etkileyen en önemli iki parametresinden biri olan iplik çapı aynı zamanda kumaş geometrisinin de bir parametresidir. Kumaş derinliğinde kesişen ya da birbirleriyle bağlanan ipliklerden biri diğerinin üzerinde olacağına göre, iplik çapı kumaş kalınlığını belirleyen temel etkenidir. Kumaş kalınlığı ise pratik kullanımda kumaşın tanımlanması istenen önemli bir özelliğidir.

İkinci önemli iplik özelliği olan iplik rijitliği ise, biçim değiştirerek kumaş yapısı içinde belirli bir eğri oluşturan ipliğin kumaş oluşumu sırasında iplikleri örgü yapısına zorlayan dış kuvvetlere direnç gösteren temel elastik parametresidir. İpliğin oluşturduğu eğri, kumaşı oluşturan kuvvetlerle ipliğin rijitliğinden oluşan elastik reaksiyon kuvvetleri arasındaki dengenin sonucudur. Diğer yandan gerek iplik kesitindeki lif sayısının artmasıyla artan çap, gerekse ipliğe verilen büküm rijitliği artıran etkenlerdir. Ancak iplik yapısının karmaşıklığı nedeniyle ipliğin kumaş oluşumunu sağlayan deformasyonu oldukça karmaşık bir olaydır.

Kumaş oluşumu sırasında etkin olan kuvvetler, özellikle kesişen iplikler arasında iplik eksenine dik yönde oluşan reaksiyon kuvvetleri, iplik kesitinin ideal olarak dairesel kabul edilen biçimini değiştirerek yassılaşmasına ve yeni bir biçim almasına yol açar. Ayrıntılı bir kumaş geometrisi ipliklerin kumaş yapısı içinde kazandıkları kesit biçimlerini de içermelidir.

İpliklerin yassı kesit biçimlerini almasını kumaş oluşumu sırasında etkin olan kuvvetlerin büyüklüğü yanında ipliklerin eksenlerine dik yönde bu kuvvetlere karşı gösterdiği direnç de etkileyecektir. Bu bakımdan ipliğin sıkıştırılabilme ya da yassılma özelliği de belki ikincil bir iplik parametresi olarak önem kazanmaktadır.

1.4. Makina Parametrelerinin Kumaş Geometrisine Etkisi

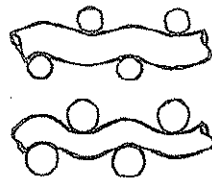
Kumaş oluşumu makinanın iplikleri belirli bir yapıya zorlamak üzere ürettikleri kuvvetlerle gerçekleştiğine göre, bu kuvvetlerin, kumaş geometrisini etkileyen ve üretim öncesi "Tasarım Parametreleri" olarak belirlenen, iplik numara ve bükümleri, sıklıklar gibi kuramsal parametreler ile ilişkileri yanında, kumaş oluşumu ile birlikte oluşan kumaş kalınlığı, sıklıklar, iplik kesit biçimleri gibi gerçek parametreleri de etkilediği bilinmektedir. Bu etkiler dokuma çekmelerinin tahminlenmesi (Başer, 1989) ve dokuma kumaşlarda maksimum sıklık konuları ile ilgili olarak (Narter, 1983) analitik ve deneysel yaklaşımlarla gösterilmiştir.

Dokumada kumaş geometrisini etkileyen önemli iki etken çözümlü gerginliği ve tefe vuruşu sırasındaki ağızlık açısıdır. Örmeye ise iplik besleme gerginliği

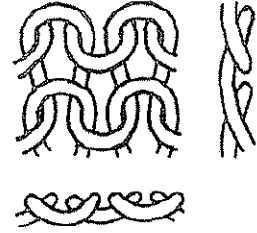
önemli bir makina parametresidir. Dokumada çözümlü gerginliği atkı ve çözümlü ipliği arasındaki dengeyi etkilerken örmeye iplik gerginliği ilmek oluşturmak için iplik bobininden yapı içine çekilen iplik uzunluğunu etkiler. Bu olaylar sırasında kesişen iplikler arasındaki sürtünme ile iplik-metal arası sürtünmeler de rol oynarlar.

2. KUMAŞ GEOMETRİSİNİN TANIMLANMASI

Kumaş geometrisi kumaşın çeşitli kesitlerinde ipliklerin birbirlerine göre durumlarının ve biçimlerinin belirlenmesi ile tanımlanır. Dokuma kumaşlarda atkı ve çözümlü yönünde kumaş düzlemine dik kesit geometrileri yeterlidir. Örne kumaşlarda ise kumaşın kendi düzlemi içindeki kesiti yanında bu düzleme ve birbirlerine dik iki kesitin daha belirlenmesi gerekmektedir (Şekil 1).



a. Dokuma kumaş atkı ve çözümlü kesitleri



b. Örmeye kumaşın üç düzlemdeki kesitleri

Şekil 1.

Şekil 1'de görüldüğü gibi bu kesitlerde ipliklerin orta eksenlerinin oluşturduğu eğriler ile kesit düzlemi içinde yer alan iplik eksenine dik iplik kesitlerinin biçimi yanında iplik eksenleri arasındaki uzaklıklar da (dokuma kumaşta) kumaş geometrisini belirleyen temel parametrelerdir.

Ne var ki ipliklerin oluşturdukları eğriler kumaş oluşumu sırasında etken olan kuvvetlerin yol açtığı deformasyonun sonucunda oluşmaktadır. Bu nedenle bu eğrilerin salt geometrik varsayımlarla tanımlanmaları çok kez yetersiz ve hatalı olmaktadır. Bu bakımdan tümüyle geometrik varsayımlarla oluşturulan "Geometrik Modeller" yanında, iplikleri etkileyen kuvvetlerin de tanımlandığı ve bu kuvvetlerle iplik biçimi arasındaki ilişkinin belirlendiği "Fiziksel Modeller" ya da Olofsson (1964)'un deyimiyile "Geometrik - Mekanik" modeller de geliştirilmiştir.

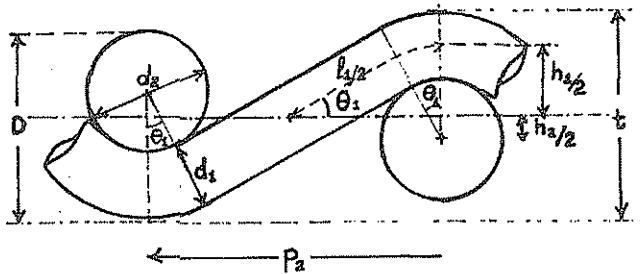
Kumaş geometrisi kumaşın dış kuvvetlerin etkisi altında gösterdiği davranışlarını tanımlayan mekanik özelliklerini büyük ölçüde etkiler. Bu özellikler kumaşın atkı, çözümlü, kumaş düzlemine dik ve kumaş düzlemi içinde çapraz ya da diyagonal yönde çeşitli biçimlerde uygulanan kuvvetlere karşı olan davranışları yanında kumaş geometrisinin oluşturduğu yüzey yapısının kumaş üst ya da alt yüzeyi üzerinde etkin olan kuvvetlere karşı gösterdiği sürtünme davranışlarıdır.

Kumaşın ipliklerin birbirleri ile yaptıkları bağlantılar ve eksenleri arasındaki uzaklıkların biçimlendirdiği, ipliğin lif yapısından da etkilenen bir "iç dokusu" ve bir de ipliklerin kumaş düzleminde örtme sağlayan bölümlerinin oluşturduğu bir "yüzey yapısı" vardır. İç doku kumaşın bir boyutsal parametresi olan kumaş kalınlığı ve ipliklerdeki lif yoğunluğu ya da paketlenme derecesi ile birlikte hava, su ve ısı geçirgenliğini, eğilme, uzama, ütü tutma, buruşma gibi özelliklerini etkiler. Yüzey yapısı ise tuşe ya da tutum denilen ve insan dokunuşu ile algılanan özellikleri yanında kumaşın yüzeyine düşen ışık ışınlarını yansıtması ile ilgili görünüm özelliklerini etkiler. Kumaşın rengi ne olursa olsun bir bezayağı kumaş ile dimi kumaşın, bir kadife ile satenin farklı görünmelerine yol açan ve sanat çevresinde "tekstür" terimiyle tanımlanan bu yarı estetik özellik kumaşın yüzey yapısının görsel algılanışıdır.

Şimdi belli başlı kumaş geometrilerini kısaca tanıtalım.

2.1 Peirce'in Bezayağı Kumaş Geometrileri

Peirce (1937) bezayağı kumaş yapısı içinde ipliğin yuvarlak kesitli, sonsuz ölçüde esnek olduğu ve kedini kesen iplikler arasında doğru, temas yüzeyinde dairesel yay biçimini aldığı varsayımlarına dayalı ilk dokuma kumaş geometrisini Şekil 2'eki gibi geliştirmiştir.



Şekil 2. Peirce'in bezayağı örgülü kumaş kesit modeli

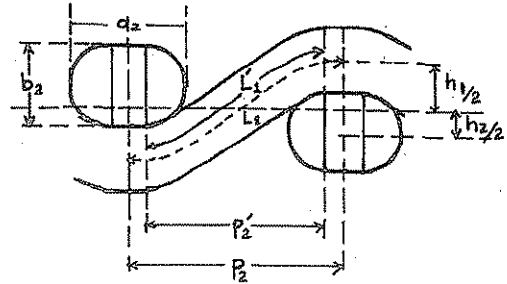
Bu geometriye göre ipliğin oluşturduğu eğrinin genliği, h, ile, iplik aralıkları p ve iplik uzunluğu, l, arasındaki ilişki yaklaşık olarak,

$$h = \frac{4}{3} P \sqrt{c}, \quad c = \frac{l}{P} - 1 \quad (1)$$

formülleriyle gösterilebilmektedir.

Burada yassılma dikkate alınmadığından Peirce eliptik iplik kesiti varsayan bir başka geometri geliştirmiş, ancak çok karmaşık çözüm veren bu geometri yerine, alanı dairesel kesite eşit eşdeğer eliptik kesitin küçük çapına eşit çaptaki bir dairesel iplik ke-

sitli orijinal geometriyi önermiştir (Şekil 3).



Şekil 3

Ancak bu geometrilerde ipliğin düz biçimden yay biçimine ani geçişi, bir başka deyimle sıfır eğrilikten sonlu bir eğrilige geçiş fiziksel açıdan gerçekçi değildir. Peirce ipliğin belirli bir rijitliğe sahip olduğu varsayımına ve ipliğin oluşturduğu eğrinin ipliklerin kesişme noktalarında birbirlerine uyguladıkları kumaş düzlemine dik kuvvetlerin etkisi altında oluştuğu yaklaşımına dayalı fiziksel bir model de geliştirerek, aynı zamanda iplik kesitinin yassılmasına da yol açan V kuvveti ile h ve p arasındaki ilişkiyi,

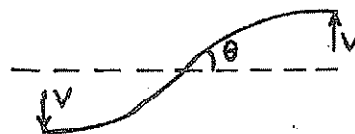
$$l = 2 [F(k, \pi/2) - F(k, \varnothing_0)] / \sqrt{V/B}$$

$$p/l = \frac{2k \cos \varnothing_0}{F(k, \pi/2) - F(k, \varnothing_0)} \quad (2)$$

$$h/l = 1 - \frac{2[E(k, \pi/2) - E(k, \varnothing_0)]}{F(k, \pi/2) - F(k, \varnothing_0)}$$

$$k = \sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta}{2}\right), \quad \varnothing_0 = \sin^{-1}\left(\frac{1}{k\sqrt{2}}\right)$$

formülleriyle vermiştir. Burada B iplik rijitliği, F ve E sırasıyla birinci ve ikinci tip eliptik integraller, θ örgü açısıdır. Şekil 4'te gösterilen bu geometrinin oluşumunda iplik çapı etkili olmamakta birlikte, V kuvvetinin ve θ açısının belirlenmesi zor olduğu gibi bu iki parametre ile iplik çapı ilişkilidir.



Şekil 4. Peirce'in elastik iplikli kumaş geometrisi

Diğer yandan çözgü ve atkı ipliklerinin genlikleri, h_1 ve h_2 ile iplik çapları d_1 ve d_2 arasındaki

$$h_1 + h_2 = d_1 + d_2 \quad (3)$$

bağıntısı her iki model için de geçerlidir. Diğer yandan önemli bir kumaş parametresi olan kumaş kalınlığı t ,

$$\begin{aligned} t_1 &= h_1 + d_1 \\ t_2 &= h_2 + d_2 \end{aligned} \quad (4)$$

olarak verilen t_1 ve t_2 değerinden büyük olmaları olacaktır. Bu iki kalınlık değerinden hangisinin büyük olduğunu ise atkı ile çözgü ipliklerinin çapları ile bunlar arasındaki kuvvet dengesi belirler.

2.2. Kemp'in Koşu Pisti Kesiti ve Hamilton'un Genelleştirilmiş Kumaş Geometrisi

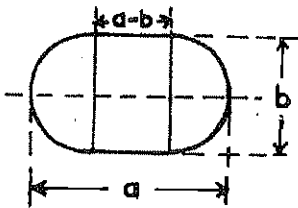
Kemp (1958) kumaş yapısında yassılmış iplik kesitleri için en gerçekçi ve matematiksel gösterime uygun bir kesit biçimi olarak "koşu pisti" kesitini önermiştir. Yassılma sırasında kesit alanının değişmediği varsayıldığında dairesel kesit çapı d olan ipliğin yassılmış koşu pisti kesitinde küçük çapı b , büyük çapı a ile gösterildiğinde, Şekil 5'ten ve

$$\begin{aligned} \pi d^2/4 &= \pi b^2/4 + b(a-b) \\ \epsilon &= b/a \end{aligned} \quad (5)$$

eşitliklerinden, eşdeğer koşu pisti kesitinin küçük çapı b ,

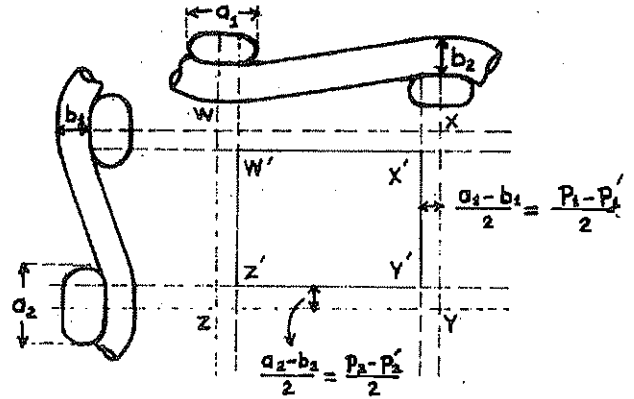
$$b = \frac{d}{\sqrt{1 + \frac{4}{\pi}(\frac{1}{\epsilon} - 1)}} \quad (6)$$

olarak kullanılır.



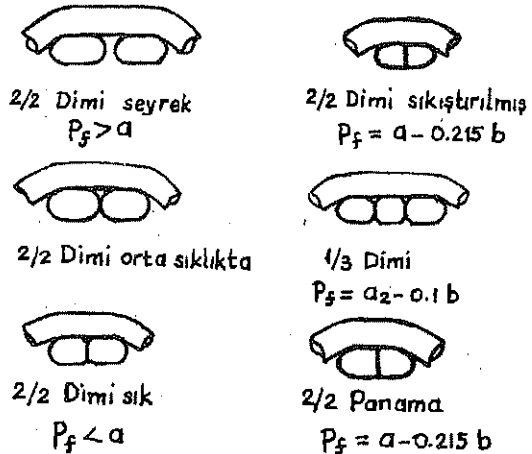
Şekil 5. Kemp'in koşu pisti iplik kesiti

Hamilton (1964) Kemp'in koşu pisti kesit biçimini temel alan ve Peirce (1937)'in geometrik modeli için elde edilen formüllerin kullanılabilirdiği genelleştirilmiş bir kumaş geometrisi geliştirmiştir. Şekil 6'da bezayağı örgü için gösterilen Hamilton geometrisinde kesitteki iplikler, biri atlama yaptıkları düz bölüm, diğeri kesişme konumunda oldukları Peirce geometrisine uyan bölüm olmak üzere iki bölümde



Şekil 6.

ele alınmaktadır. Hamilton ipliğin kesişme bölümüne Peirce'in (1) eşitliği ile gösterilen geometrisini uygulamakta, atlama bölümünün bezayağı örgülü bir yapıda ($a - b$) olan uzunluğunu ise bu ipliğe dik ipliğin kumaş düzlemi içinde büyük çap doğrultusundaki sıkışma koşullarına bağlı olarak belirlemektedir. Kumaş aşırı bir sıkılıkta dokunan "sıkıştırılmış" bir yapıda olmasa bile, yan yana gelen iplik kesitleri arasındaki basınç nedeniyle serbest koşu pisti kesitinde de bir biçim değişikliği olmaktadır. Bu biçim değişikliği ise Şekil 7'de görüldüğü gibi, çeşitli örgü ve sıkılık koşullarında farklı olup atlama yapan iplik uzunluğunu değişik biçimde etkilemektedir.



Şekil 7. Çeşitli örgü ve sıkılık koşullarında kesit geometrisi (Hamilton'dan, 1964)

Şekil 6'da verilen Hamilton bezayağı kumaş geometrisinde birbirlerini izleyen iki iplik kesit merkezi arasındaki aralıklar p_1 , p_2 karşıt ipliğin Peirce geometrisine uyan kesişme bölümüne karşılık gelen

aralıklar p_1 ve p_2 olarak gösterilirse,

$$\begin{aligned} p'_2 &= p_2 - (a_2 - b_2) \\ l'_1 &= l_1 - (a_2 - b_2) \\ h_1 &= \frac{4}{3} p'_2 \sqrt{c'_1} \\ c'_1 &= \frac{l'_1}{p'_2} - 1, \quad c = \frac{l_1}{p_2} - 1 \end{aligned} \quad (7)$$

eşitlikleri ile kumaş geometrisi belirlenebilmektedir. Diğer yandan Hamilton, bezayağı dışındaki örgüler için genelleştirdiği kumaş geometrisinde, kesişme bölümleri için tanımladığı p_i iplik aralıklarını, p_r uzunluklu örgü raporu kesitinde yer alan n_i kesişme sayısı, n_f atlama sayısı ve atlama bölümü için belirlenen p_f iplik aralıklarını içeren,

$$p_i = \frac{p_r - \sum_{i=1}^{n_f} p_f}{n_i} \quad (8)$$

formülü ile vermektedir. p_f için büyük çap, a , cinsinden uygun değerler belirlendikten sonra (8) formülü ile p_i ortalama değeri kolayca bulunabilir. Bu da Peirce dairesel kesitli kumaş geometrisinin kolayca uygulanmasını sağlayacaktır.

3. BOYUT DAYANIKLILIĞI VE SIKLIK İLİŞKİSİ

Gerek dokuma, gerekse örme tekniğiyle kumaş oluşumu ipliğin makinanın geometrik sınırlamalar altında uyguladığı kuvvetlerle biçim değiştirerek belirli bir yapı içine zorlanması olayıdır. Dokuma işlemi sonucu iplikler kıvrım olarak örgü yapısını oluştururlar. Ancak dokuma tezgahı üzerinde oluşan kumaş dokuma tarağı ve cimbarların etkisiyle enden, çözgü ve kumaş gerginliğinin etkisiyle boydan gerilmiş bir durumda oluşmaktadır. Bu nedenle kumaş tezgahtan çıkarılınca bu gerilme kuvvetleri ortadan kalktığından kumaş enden ve boydan çeker. Diğer yandan çok düşük bir gerginlikte beslenen çözgü ipliğinin kıvrım olarak eğri oluşturması nedeniyle tarak enine ve beslenen çözgü boyuna oranla elde edilen ham kumaş eni ve boyundaki farklılık, gerginliklerin yol açtığı büzülme ile birlikte "dokuma çekmeleri" olarak tanımlanır.

Ham kumaş üzerinde de bazı gerilmeler ve sürtünme kuvvetleri bulunmaktadır. Kumaşın gerek doku olarak, gerekse yüzey yapısı olarak istenen son duruma getirilmesi için uygulanan bitim işlemleri çeşitli kimyasal ve fiziksel etkiler yapar. Bunların sonucu kumaş enden ve boydan çekerek son boyutlarına ulaşırken, kumaş yüzeyinde de istenen kalıcı ve düzgün bir yüzey yapısı oluşur. Ancak kumaşların kullanım sırasında, özellikle yıkamalar sonrası enden ve boydan çektiği, buruştuğu, atkı ve çözgü yönlerinin birbirine göre kaydığı, yüzeyinin kabardığı zaman za-

man görülmektedir. Boyut dayanıksızlığı olarak tanımlanan bu hatalar çok kez yanlış konstrüksiyon ya da doğru biçimde uygulanmamış bitim işlemlerinden kaynaklanır. Konstrüksiyon ya da tasarım hatalarından oluşan boyut dayanıksızlığını giderme olanağı ise çok kez yoktur. Bu bakımdan kumaş geometrisi kumaşın bu tür davranışlarında temel etkindir.

3.1. Sıklık Teorileri

Dokuma kumaşın kumaş yüzeyinde yeterli "örtme" sağlaması ve boyut dayanıklılığı kazanması için belirli bir sıklıkta dokunması gerekmektedir. Diğer yandan eğer kumaş ipliklerin örgü yapısı içinde aşırı sıkışmaya uğrayacağı sıklıklarda dokunmak istenirse o zaman dokuma işlemini gerçekleştirme olanağı olmaz. Bu nedenle kumaşın bir dokunabilirlik sınırı vardır. Bu iki koşulu sağlayan durum örgü yapısı içinde iplikler arasında boşlukların olmadığı durum olarak düşünülmüştür. Ancak bu durumun belirlenmesinde ipliğin yapı içindeki "etkin çapı" ve örgü rol oynar.

Kumaşta uygulanabilecek sıklığın limiti bir yöndeki ipliklerin birbirleri arasında boşluk olmayacak biçimde yan yana dizilmesiyle oluşan sıklıktır. "Limit sıklık" olarak tanımlanan bu sıklık, birim uzunluk içine giren "çap sayısı", D , olacağından, eğer iplik çapı d ise, limit sıklık, S_L ,

$$S_L = \frac{1}{d} = D \quad (9)$$

olarak gösterilir.

Sıklık teorileri geliştiren araştırmacılar, iplik çapını iplik numarası cinsinden veren,

$$d = \frac{1}{K\sqrt{N}} \quad (10)$$

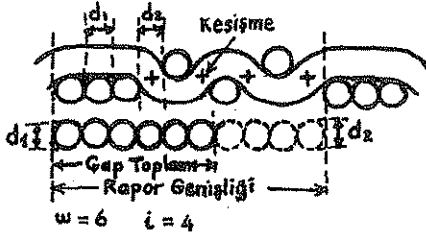
biçimindeki formüllerde yer alan K katsayılarını çeşitli iplikler için ampirik olarak belirleyerek çap sayılarını veren tablolar geliştirmişlerdir.

Saten örgüler gibi ipliklerin uzun atlamalar yaptığı örgülerde dokunan kumaşlarda limit sıklığa ulaşılabilirdiği gibi, ipliklerin yassıldığı sıkıştırılmış yapılarda ipliklerin kumaş düzlemi içinde sıkışmasıyla bu limit sıklığın aşılması da olasıdır. Diğer yandan genelde örgü bağlantıları nedeniyle yan yana bulunan iplikler arasına girerek kesişme yapan iplik kalınlığına yer sağlanması sonucu gerçek sıklıklar örgüye bağlı olarak limit sıklığın altında oluşurlar.

Ashenhurst'ün 1884'te başlattığı "Çap Kesişim Teorileri" kumaşın kesit geometrisine dayalı olarak limit sıklık ile teorik sıklık arasında bir "Örgü Faktörü" tanımlarlar. Ashenhurst örgü faktörünü, F_w ,

$$F_w = \frac{w}{w+i} \quad (11)$$

olarak tanımlanmaktadır. Burada w örgü birimi içinde sıklığı tanımlanan iplik sayısı, i ise örgü birimi içindeki kesişme sayısıdır. Ashenhurst iplik çapının (10) formülü ile hesabı için kampam iplikler için metrik numara sisteminde 7.9, strayhgarn iplikler için 7.3, pamuklu iplikler için 8.3 olan katsayılar önermiştir. Her ne kadar Ashenhurst (11) formülünü atkıda ve çözgüde aynı numara ipliklerin kullanıldığı durumlar için vermişse de, Von Bergen'in (1960) önerdiği ve Şekil 8'de görüldüğü gibi, bu formül, w sayısını sıklığı belirlenen iplik çapı ile, i sayısını kesişme yaparak araya giren karşıt iplik çapı ile çarparak geliştirilebilir ve atkıda ve çözgüde farklı numara ve cins ipliklerin kullanıldığı kumaşlara uygulanabilir.



Şekil 8.

Bir başka araştırmacı olan Brierley (1931), tümüyle deneysel bir yaklaşım yaparak pratik olarak uygun kabul edilen sıklıklarda, değişik numara iplikler kullanılarak çeşitli örgülerde bir dizi kumaş dokumuş, sonuçları grafiksel olarak analiz etmiştir. Dime, saten ve panama örgüler için logaritmik grafik kağıdında sıklıklar ortalama atlama uzunluklarına karşı gösterildiğinde her biri farklı bir iplik numarasına ait noktalardan oluşan paralel doğrular elde edilmiştir.

Eğer sıklık S , ortalama atlama uzunluğu F ile gösterilirse doğru denklemi,

$$(12)$$

olarak yazılabilir. (12) eşitliği logaritmadan kurtarıldığında

$$(13)$$

$$S = nF^m$$

eşitliği elde edilir. Burada m örgü türüne ait bir katsayı n ise, her bir iplik numarası için farklı bir doğru elde edildiği için iplik numarası ve cinsine bağlı bir katsayıdır. Brierley n katsayısını iplik numarasının, C , kare kökünü içeren, \sqrt{KC} biçiminde vermiştir, Metrik numaralama sisteminde \sqrt{KC} , $4.3\sqrt{N}$, m ise dime örgüler için 0.39, saten örgüler için 0.42, bezayağı ve panama örgüler için 0.45 olarak verilmiştir.

Gerek Ashenhurst teorisini yeterli bulmayıp onu geliştirerek yeni çap kesişim teorileri öneren Armitage ve Law gibi araştırmacılar, gerekse Brierley, sıklık teorilerini geliştirirken maksimum sıklıkları amaçladıklarını belirtmişlerdir. Ancak maksimum sıklıklar her zaman uygulanmadığı gibi, kumaşı sertleştirmekte ve maliyeti artırmaktadır. Yine de su geçirmez kumaşlar ve blucin kumaşı gibi yapılarda maksimum sıklıklar amaçlanmaktadır. Diğer yandan sıklığın artması kumaş dayanımını artıran önemli bir etkindir.

Diğer yandan iplik aralıklarının kesişme yaparak araya giren iplik çapından farklı olduğunu ve iplik kesit merkezlerinin aynı düzlemde olmadığını başta görerek (11) formülünde i sayısını 0.73 faktörüyle çarparak düzeltme yapan Ashenhurst ve onu izleyenler dışında, teorisini temel alan geometrik yaklaşımlar yapan başka araştırmacılar da olmuştur. Bunlardan Walz (1948) dengeli kumaş yapısı için bir kesit modeli önermiş, Satlow (1950) yassılmayı dikkate alan bir bezayağı örgülü kumaş kesit modeli geliştirmiştir. Tüm bu modeller kumaşın dokunma koşulları ile atkı ve çözgü ipliği arasındaki kuvvet dengesinin etkilediği h parametresini etkileyen bazı varsayımları içermekte olduklarından pratik uygulamalarda yetersiz kalmaktadırlar.

3.2. Maksimum Sıklık

Sıklık teorileri genelde maksimum sıklıklara ulaşmayı amaçlamakla birlikte dokuma tezgahının izin verdiği maksimum sıklık ya da "dokunabilirlik" sınırını vermemektedirler. Ayrıca çap kesişim teorileri daha çok dengeli yapılara uygulanabilmekte, atkı ve çözgünün aynı kesişmeleri yaptığı "kare" örgülerde iyi sonuç vermektedirler. Ribs gibi örgüler ya da ipliklerden birinin daha az kesişme yaptığı örgüler, bir yönde daha yüksek sıklıkların uygulanabilmesine izin vermeleri yanında, bu ipliklerin üst üste gelerek yığılması sonucu kumaşın kalınlaşarak esnek bir yapı kazanmalarına da yol açarlar.

Narter'in (1985) yaptığı çalışmada pamuklu kumaşlar için değişik örgülerde 30/2 Ne pamuk ipliğinden farklı çözgü gerginliklerinde ve değişen atkı sıklıklarında kumaşlar dokunmuş, ulaşılan maksimum sıklıklar Hamilton'un (1964) yaklaşımını temel alan geometrik sıklık limitleri yanında, kumaşın dokunması sırasındaki mekanik koşullarla atkı sıklığı arasındaki ilişkileri ilk kez analiz eden Greenwood ve Cowhig'in (1956) yaklaşımı ile hesaplanabilecek sıklık limitleri ile de karşılaştırılmıştır.

Narter mekanik yaklaşımında maksimum sıklıkları yetersiz dokuma koşullarında kumaş gerginliğinin sifıra düşerek torbalama olayının ortaya çıktığı sınıra yaklaşan durumda gerçekleştirilecek sıklık olarak, Greenwood ve Cowhig (1965) tarafından verilen,

$$\frac{E_2 K}{(P-D)l_2} \geq T_0 \quad (14)$$

formülünü uygulayarak da hesaplamıştır. Burada E_2 kumaş elastik modülü, P gerçekleşen atkı aralığı, D olası minimum atkı aralığı, l_2 kumaş oluşum çizgisi ile ön köprü arasındaki kumaş uzunluğu T_0 kapalı ağızlıktaki temel çözgü gerginliğidir. K katsayısı ise kumaş ve çözgü özellikleri ile kumaş ön çizgisinin tefenin en ileri noktasına göre konumunu içeren bir katsayıdır.

Geometrik ve mekanik yaklaşımlarla hesaplanan teorik maksimum sıklık değerleri ile deneylerle saptanan değerler arasında yapılan karşılaştırmalar sonucu, özellikle bezayağı ve 2/2 panama örgülerde mekanik analiz yöntemiyle bulunan değerlerin sıklık teorilerinin üstünde uygulanabilir değerler verdiği, deneysel değerlerin ise bezayağı ve 2/2 panamada mekanik analiz sonuçlarından da daha yüksek ölçülerde, 2/2 ve 1/3 dimi örgülerde hem mekanik analiz, hem de sıklık teorilerinin verdiği değerlerin biraz altında gerçekleştiği görülmüştür.

Bu çalışma göstermiştir ki gerek maksimum sıklıklar ve gerekse dokuma çekmeleri gibi dokumanın mekanik koşullarından büyük ölçüde etkilenmesi beklenen olayların tahminlenmesinde geometrik modeller yetersiz kalmaktadır. Fiziksel modellerin çözümü için ise iplikler arasındaki V basınç kuvveti yanında h , l , θ parametrelerinden birinin bilinmesi gerekmektedir. h ve l parametreleri bizim tahminlemek istediğimiz parametrelerdir. θ örgü açısının tahminlenmesi ise değişik sıklık koşullarında olanaksız olup ancak dengeli yapılarda uygun bir varsayım ile belirlenebilir. Diğer yandan iplik yassılması h parametresini ve V kuvvetini etkilemesi bakımından hesaba katılması gereken bir olaydır.

3.4. Kumaş Çekmeleri

Dokuma kumaşların uzama özelliklerinin incelenmesi amacıyla geliştirdiği geometrik - mekanik bezayağı kumaş modelinde Olofsson (1964), örgü birimindeki ipliğin kesişme noktasındaki basınç kuvveti yanında kumaş düzleminde buna dik bir germe kuvvetinin etkisi altında biçim değiştirdiği durumun geometrik ve mekanik koşullarını tanımlamıştır. Bu model kumaş gerginliğinin ortadan kalktığı durumda Peirce'in (1937) elastik iplikli kumaş geometrisine dönüştüğünden kumaş geometrisini tümüyle iplik ve kumaş parametrelerine bağlı olarak tanımlamada yetersiz kalacaktır. Ne var ki Olofsson l/p , h/p ve θ arasındaki ilişkilerin basınç kuvvetinin germe kuvvetine oranından bağımsız olduğunu göstermiştir. Bu durumda,

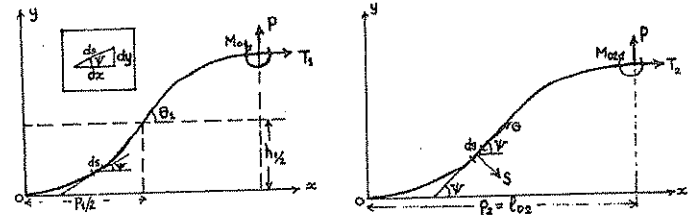
$$\frac{h}{p} = \frac{4}{3} \sqrt{c} \quad \text{ve} \quad \theta = 106 \sqrt{c} \quad (15)$$

bağıntıları oldukça yaklaşık çözümler vermektedir

(Grosberg, 1969). Bu durumda eğer θ 'ya uygun bir değer verilebilirse, c "kıvrım oranı" bulunabilir ki bu da toplam kumaş çekmesini verecektir.

Tezgahta oluşan kumaşın dokunması sırasındaki geometrik ve mekanik koşulların kumaşın bitmiş durumdaki geometrik yapısını oluşturduğu açıktır. Konuya bu açıdan yaklaşarak tezgahta oluşan kumaşın dokunma koşullarına bağlı olarak bir kumaş geometrisi geliştirilmiş, bu geometrinin dokuma koşullarının ortadan kalkması sonucu oluşacak değişiminden kumaş çekmelerinin hesaplanabileceği düşünülmüştür (Başer, 1989).

Kumaşın tezgah üzerindeki durumunu belirleyen ve Şekil 9'da gösterilen modelde çözgü ipliği çözgü gerilimi T_1 ve iplikler arası $2P$ basınç kuvvetinin etkisi altındadır. Atkı ipliği ise deformasyon sonucu oluşan bir gerilme kuvveti T_2 ile aynı $2P$ basınç kuvvetinin etkisi altında olup, atkı ipliğinin birim serbest uzunluğu, l_{01} , tezgahtaki çözgü aralığına, P_2 , eşittir. P kuvvetinin etki yaptığı noktadaki eğrilik koşulu sabit M_0 momentleri ile sağlanmaktadır.



a) Çözgü ipliğinin eğilme deformasyonu

b) Atkı ipliğinin uzama deformasyonu

Şekil 9. Eğilme ve uzama deformasyonları için mekanik modeller

Bu iki problemin birlikte çözümü ile tezgahta oluşan kumaş geometrisi

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} l \sqrt{R} &= \bar{F}(k, \varnothing_0) \\ \frac{1}{2} p \sqrt{R} &= \sin \alpha [\bar{F}(k, \varnothing_0) - 2\bar{E}(k, \varnothing_0)] + 2k \cos \alpha \cos \varnothing_0 \\ \frac{1}{2} h \sqrt{R} &= \cos \alpha [\bar{F}(k, \varnothing_0) - 2\bar{E}(k, \varnothing_0)] - 2k \sin \alpha \cos \varnothing_0 \\ \frac{1}{2} l_0 Q \sqrt{R} &= \bar{\Pi}(k, n, \varnothing_0) \\ P/EI_2 &= R \cos \alpha, \quad \alpha = \tan^{-1}(1/p) \\ k &= \sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\theta + \alpha}{2}\right) \geq 0 \\ 0 &\leq k \sin \varnothing_0 = \sin\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\psi + \alpha}{2}\right) \leq k \\ Q &= 1 - \frac{P}{\lambda \cos \alpha}, \quad n = \frac{2Pk^2}{\lambda \cos \alpha - P} \end{aligned} \quad (16)$$

formülleriyle belirlenmektedir.

Burada (k, n, \varnothing_0) tam olmayan üçüncü tip eliptik integral olup E, F, Π , eliptik integraller üzerindeki çizgiler integralin \varnothing_0 ile $\Pi/2$ sınırları arasında tanımladığını belirten kısa gösterimlerdir. Burada EI ve λ sırasıyla iplik rijitliği ve uzama katsayısıdır.

Kumaşın dokuma tezgahından çıkarıldıktan ve tam relakse olduktan sonraki durumu ise Peirce'in verdiği (2) eşitlikleri ile verilecektir. Atkı için (16)'dan hesaplanan l_0 ile (2)'den hesaplanan P'nin eşitliği yanında, (1) eşitliğindeki V kuvveti ile (16) eşitliklerindeki P kuvvetinin tezgahtaki kumaşın tam elastik biçim değiştirdiği varsayıldığında aynı kuvvet olması, tüm denklemlerin çözümünü olanaklı kılan ek bağıntılar sağlamaktadır. Böylece hem kumaş geometrisi çözümlenmekte, hem kumaşın tezgahta ve serbest durumda belirlenen boyutlarından çekmeler bulunabilmekte, bunlar yapılırken büyük güçlüklerle neden olan çap parametresinin kullanımı gerekmemektedir.

Bu hesaplamalar uzun ve karmaşık bir bilgisayar programı ile yapılmıştır Başer (1989), aynı problemi yaklaşık olarak da çözmüştür. Ancak bu çözüm bir ara çözüm olarak kullanılabilir, çünkü iplik çaplarının serbest ve yassılma koşullarında çok doğru biçimde bilinmesini zorunlu kılmaktadır. Diğer yandan dokunan çok sayıda pamuklu kumaştan elde edilen deneysel verilerin teoriler ile iyi bir uyum sağlayamadığı, buna karşın dokunan yünlü kumaşlardan elde edilen verilerin teorilerle iyi uyum sağladığı gözlenmiştir. Bunun bir nedeni pamuklu kumaşların dokunmasında kullanılan haşılı çözümler ipliklerinin farklı davranışlar göstermesi, bir başka nedeni pamuk ipliğinin yassılma etkisine daha az direnç göstermesi olarak yorumlanmıştır. Bu doğrultuda Önder (1985), haşısız, çift katlı pamuk ipliklerinden bezayağı örgüde dokuduğu pamuklu kumaşlardan elde ettiği verilerle yaklaşık teoriyi destekleyen ölçüde uyum elde etmiştir. Ayrıca, yassılmayı da hesaba katan bir yaklaşık teori geliştirilmiş, ancak deneysel verilerle uyum sağlanamamıştır (Başer, 1982). Tüm bu çalışmalar pratikte kullanılabilir güvenli ve kolay uygulanabilir bir teori için çalışmaların daha kapsamlı olarak yeniden ele alınması gerektiğini göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu yazıda kumaş geometrisinin kumaş tasarım parametrelerine, iplik özelliklerine ve tezgah parametrelerine bağlı olarak nasıl oluştuğu ve tanımlandığı,

kumaş geometrisinin kumaşın kullanım özelliklerini nasıl etkilediği aşağıda belirtilen şu ana ilkeler doğrultusunda açıklanmaya çalışılmıştır:

1. Kumaş geometrisini belirleyen ana büyüklükler örgü türü ve iplik sıklıkları olmak üzere kumaş tasarım parametreleri kumaşı oluşturan ipliklerin çap, eğilme, uzama, yassılma özellikleri ve bir makina parametresi olarak çözümlenmiştir.

2. Kumaşın yapısal özelliklerinden kalınlığını yapımında kullanılan ipliklerin çapları, yassılma ve eğilme özellikleri ile sıklıklar ve kumaş örgüsü birlikte etkiler. Diğer yapısal özelliklerden olan örtme ve gözeneklilik iplik çapına ve sıklıklara bağlı olduğu kadar kumaş örgüsüne de bağlıdır. Bu faktörler kumaşın yüzey yapısındaki özel özellikleri de (çöküntüler, dişler gibi) belirlerler.

3. Kumaş geometrisi ile büyük ölçüde belirlenen kumaş yapısı kumaşın kullanımındaki davranışlarını etkiler. Yüzey yapısı gerek kumaşın görsel algılanışı, gerekse tuşe ve tutum deyimleriyle tanımlanan niteliklerini belirler. Örgü, sıklık ve ipliğin mekanik özellikleri ise, kumaşın başta dayanım ve döküm olmak üzere diğer mekanik özelliklerini belirler.

Bu yazı kapsamında her ne kadar kumaş geometrisinin kumaşın yapısal ve davranışsal özelliklerini etkileyişinin ana ilkelerine değinilmişse de, bu konuların ayrıntılı incelemeleri ayrı yazıların konusu olacak ölçüde genişdir.

5. KAYNAKÇA

- Başer, G. 1982. Tezgahta Oluşan Kumaş Yapısının Belirlenmesi ve Dokuma Sonrası Boyut Değişimlerinin Analitik Yöntemlerle İncelenmesi Üzerinde Araştırmalar, Doçentlik Tezi, Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi, İZMİR
- Başer, G. 1989. J. Text. Inst. 80, No.4, s.507-521
- Bergen, von W. 1969. American Wool Handbook, Vol.2, Part 1, John Wiley and Sons Inc., New York, s. 569
- Brierley, S. 1931. Textile Manufacturer, 15, s. 47
- Grosberg, P., Hearle, J.W.S., Backer, S. 1969. Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics, Vol 1. Wiley-Interscience, London, Sydney, Toronto. s. 329
- Hamilton, J.B. 1964. J. Text. Inst. 55, No. 1, T 66
- Kemp, A. 1958. J. Text. Inst. 49, T 44
- Narter, M.A. 1985. İki Katlı Pamuk İpliklerinden Dokunan Kumaşlarda Maksimum Atkı Sıklığının Değişimi Üzerine Bir Araştırma. Y. Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir
- Peirce, F.T. 1937. J. Text. Inst. 21, S 409
- Satlow, G. 1950. Melland Textilberichte, 31 (1), S 13
- Strong, J. H. 1954. Textile Calculations Simplified, National Trade Press, London, S 141
- Walz, von F. 1948. Textile Praxis, H 9, S 266