

Tekstil Malzemelerinin Yapıştırılma Teorisi

Raşit ARSOY, İbrahim ÜÇGÜL

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Batı
Kampüsü 32260, Isparta.*

Özet: Yapıştırma işlemi konfeksiyon endüstrisinde, giysi üretiminde, mobilya endüstrisinde, lamine kumaşların üretiminde ve çeşitli tekstil malzemelerinin birleştirilmesinde anahtar bir role sahiptir.

Yapıştırıcı, malzemelerin yüzeylerini birleştirerek bir arada tutabilme yeteneğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır. Yapıştırmaya tabi tutulan tekstil malzemelerinin bağlantı kalitesi kullanılan tutkallı birleştirilmenin performansına, tutkal bağı oluşumunun başarısına bağlıdır. Tekstil malzemesi ve tutkal arasında yeterli direnci sağlayacak bağ oluşumu birçok faktöre bağlı bulunmaktadır. Bunlar: yapıştırılacak tekstil malzemelerin özellikleri (özgül ağırlığı, rutubeti, yapısı, yüzey düzgünlüğü, ıslanabilme yeteneği vb.), yapıştırma şartları (yapıştırma sırasındaki sıcaklık ve bağıl nem, presleme süresi, sıcaklığı, basıncı ve vb.) ve yapıştırıcı ile ilgili (yapıştırıcı türü ve karakteristikleri, tutkal karışım formülü, viskozite, yüzeylere sürülen tutkal miktarı, uygulama şekli ve vb.) faktörlerdir.

Bu makalede yapıştırılan yüzeyler arasında yeterli direnç sağlayacak bağ oluşumunu açıklayan ve kabul görmüş yapıştırma teorileri üzerine bilgi verilerek incelenmeye tabi tutulmuş, elde edilmiş bulgular ve tekstil malzemelerinin özellikleri göz önünde bulundurularak kumaşların yapışmasını açıklayan teorisinin esasları anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Adezyon, Molekül, Tekstil, Kuvvet, Temas Açısı

The Adhesion Theory of Textile Materials

Abstract: Operation bonding in the clothing, furniture, leather industry, as well as in the production of duplicated fabrics or combined textile materials plays a key role.

Adhesive materials are defined as materials having the ability to hold together bonding surface. The success of the formation of adhesive bond depends on the properties and the quality of the adhesive material. Providing sufficient linkages between textile materials and adhesive depends on many factors. They are: textile adherend properties (specific weight, humidity, structure, surface smoothness, wettability, etc.) bonding process conditions (temperature and relative humidity of the environment, pressing time and temperature, etc.) and factors associated with adhesive properties (the type and characteristics of the composition, viscosity, amount and method of applying adhesives, and so forth).

In this paper, considering the characteristics and properties of textile materials, described the formation of relationships which provide a strong connection between the bonding surfaces and investigated the conventional theory of bonding.

Keywords: Adhesion, Molecule, Textile, Force, The wetting angle

1. GİRİŞ

Yapışkan bağlantı yöntemi - fiziksel ve kimyasal yollarla, tek bir varlık olarak faaliyet gösteren, çok katmanlı sistem oluşturmasına yol açan ve yapışkan etkileşim kanunlarına tabi süreç olarak şu aşamaları içermektedir: yapıştırılan yüzey ve yapıştırıcı arasındaki doğrudan temas oluşumu, temas yüzeylerinde güçlü yapışma sağlayan güçlerin tezahürü ve adezyon kuvvetlerin kohezyon gücü oluşumu (Meteljova, 2008).

Tekstil malzemelerinin birleştirilmesinde iğne işlemleri ile karşılaştırıldığında yapışkan yönteminin uygulanması iş verimliliğini artırır, sızdırmazlığı sağlar, kaymada yüksek ve yapışkanın ayrılmasında düşük direnç sağlar. Yapıştırma tekniğinde parçalar konturdan ya da geniş alanlardan paralel veya paralel-ardışık bağlantı yapabilmekte ve mekanizasyon ve otomasyon için geniş olanaklar sağlamaktadır (Zhilina, 2005).

Yapışkan bağlantısının oluşum süreci çok adımlı ve çok etkenlidir. Yapıştırma işlemine farklı kimyasal ve lif özelliğine sahip çeşitli tekstil malzemeleri maruz kalmaktadır. Bunun için uygun kimyasal bileşime sahip tutkallar kullanılır. Giysi üretiminde uygun yapıştırıcı seçmek için, yapışma doğasını ve fiziğini bilmek gerekir. Çalışmada yapıştırılan yüzeyler arasında yeterli direnç sağlayacak bağ oluşumunu açıklayan ve kabul görmüş yapıştırma teorileri üzerine bilgi verilerek incelenmeye tabi tutulmuş, elde edilmiş bulgular ve tekstil malzemelerinin özellikleri göz önünde bulundurularak kumaşların yapışmasını açıklayan teorinin esasları verilmiştir.

2. YAPIŞTIRMA TEORİLERİ

Yapıştırma işlemine ilgi 1940'lı yıllarda başlamıştır. Bu işlemin araştırılmasında çıkan zorlukların başında işlemin çok sayıda - fizik, kimya, malzeme, mekanik gibi bilim dalına bağlı olmasıdır.

Günümüzde yapıştırma işleminin

araştırılması ve incelenmesi sırasında yapıştırıcının kullanım alanına bağlı olarak farklı teoriler oluşturulmuştur. Bu teorilerden en yaygın olanları şunlardır: mekanik; emilim; elektrostatik; reolojik; difüzyon ve kimyasal bağ teorileri. Bu teoriler belirli tip katı cisimlerin yapıştırma koşullarına bağlı olarak önem kazanırlar. Buna göre bu teoriler birbirleri ile çatışmamakta hatta çok yönlü yapıştırma işleminin açıklığa kavuşmasına yardımcı olmaktadır.

Temel yapıştırma teorileri tekstil malzemeleri için oluşturulmadıklarından dolayı, teorinin giysi üretimine uyarlanması sırasında tekstil materyallerinin özelliklerini, en önemlisi de bunların çoğunlukta polimer esaslı olduklarını göz önünde bulundurmak gerekir.

2.1 Mekanik Yapıştırma Teorisi

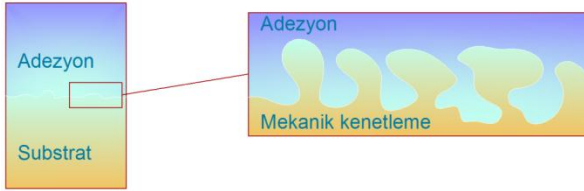
Mekanik yapışma teorisi, yapışacak malzemenin yüzeyindeki düzensiz bölgeler içinde katılan yapıştırıcının fiziksel kenetlenmesi sonucu oluşan yapışmayı ifade eder. Uzun yıllardır tekstil malzemelerindeki en iyi yapışmanın, tutkalın kumaş yüzeyinin altındaki hücreler içine nüfuz ettiğinde gerçekleştiği bilinmektedir. Bu nedenle mekanik yapıştırma teorisinin, tekstil malzemelerinin yapışma mekanizmaları içinde en önde gelen ve en önemli mekanizma olduğu kabul edilmiştir (Pizzi, 1994). Hangi mekanizmanın etkisi sonucunda oluşursa oluşsun, kumaş malzemelerin yapışması için tutkalın nüfuzu önem taşımaktadır. Etkili bir yapışma mekanizması olarak bu teori kabul görmese de, bu mekanizma, yani mekanik tutunma olmaksızın malzemelerin iyi bir yapıştırma oluşturması mümkün değildir (Gagliano, 2001).

Mekanik teoriye göre yapışma yüzey tabakalarındaki gözenekler ve çatlaklar içine tutkalın akışı ve daha sonra sertleşmesiyle gerçekleşir; bu sırada yapıştırıcı ve yapıştırılan yüzeyleri birleştiren 'perçinler' oluşur (Timofeeva, 2002; Vakula, 1984).

İyi bir bağlantının gerçekleşmesi için yapıştırılan yüzeyler birbiriyle bağlantılı gözeneklerin gelişmiş bir sistemini oluşturmalı ve ‘perçinler’in aktığı yarıklardaki gözeneklerde tutunması için yapıştırıcı yeterince yüksek çekim gücüne sahip olmalıdır.

Mekanik yapıştırma için yapıştırıcının katı maddenin yüzeyine uygulanması ve bu yüzeyi ıslatması gerekmektedir (Clearfield vd., 1991).

Yapıştırıcı molekülleri, katı maddenin yüzeyindeki düzensiz bölgelerden ve açıklıklardan içeri girer ve katlaşıp mekanik bağlar meydana getirir (Şekil 1).



Şekil 1. Mekanik kenetleme (Gent ve Hamed, 1983).

Mekanik kenetleme, tekstil ve giysi malzemeleri gibi kaba yüzeylere sahip veya pürüzlü malzemelerin yapıştırılmasında önemli olabilir (Gent ve Hamed, 1983).

Bununla birlikte mekanik kenetleme, tek başına yeterli bir direnç gösteremez.

Yapışkan ve yüzeyler arasındaki ilişki bir nevi krampon veya perçin bağlantısına benzerlik gösterir. Mekanik bağlantıya tipik örnek olarak ‘lastik-kumaş’ bağlantısı gösterilebilir. Kumaş yüzeyindeki elyaf uçları lastiğin içine nüfuz ederek yapışkan bağlantılarının dayanıklılığını etkilemektedirler. Mekanik teoride yapışkan bağlantısının kopma kuvveti aşağıdaki denklemle bulunabilir:

$$c = a \cdot M \cdot S \quad (1.1)$$

Denklemde, a — sabit katsayı; M — mekanik etkileşim bileşeni (boşluk, çatlak, vs.); S — etkileşim bileşenlerinin yüzey

alanıdır. Denklem göre bağlantı gücünün artırılması etkileşim bileşenlerinin yüzey alanı S 'in artırılması ve bu yüzeylerin geometrik formunun değiştirilmesi ile mümkündür. Özellikle de, yüzey pürüzlülüğünün artışı bağ kuvvetlerinin artırılmasına katkıda bulunur. Ancak, mekanik teori gözenekler ve çatlaklar olmayan pürüzsüz yüzeylerin yapıştırılmasını açıklayamamaktadır.

2.2 Moleküler veya Yüzey Tutma Teorisi

Moleküler veya yüzey tutma teorisi adezyonu Van der Waals kuvvetleri etkisi (ayrılım kuvvetleri, kalıcı veya indüklenmiş dipol ve kalıcı arasındaki etkileşim kuvvetleri), iyon-dipol etkileşimi veya hidrojen bağlarının oluşumu ile açıklamaktadır. Yapışma iki aşamaya ayrılabilir (Tager, 2007): İlk aşamada, Brown hareketi nedeniyle, yapıştırılan yüzey üzerinde çözünen maddeden veya eriyik yapıştırıcıdan geniş bir molekül geçişi gerçekleşir ve polar veya hidrojen bağı oluşturma kapasitesine sahip gruplar yapıştırılan yüzeyin ilgili gruplarına yaklaşır. İkinci aşamada tutunma yer alır. Yapıştırıcı molekülleri ve yapıştırılan yüzey arasındaki mesafe 5nm daha az olduğu takdirde yapıştırılan malzeme yüzeylerinin güçlü bağlantısını sağlayan hidrojen, dipol-dipol, dispersiyon ve indüksiyon kuvvetleri etkili hale gelir.

Yapışma işlemi işi, yapıştırıcı ve malzeme arasında meydana gelen etkileşimin ihlali için gereklidir ve eşittir:

$$W_a = -(0.6A/\pi L^2) \quad (1.2)$$

Burada, A – moleküler etkileşim sabiti (Van der Waals sabiti), D_j ; L – temas eden nesnelere arasındaki mesafe, nm.

Giysi üretiminde kullanılan yapıştırıcıların özelliği yapıştırma etkilerinin onların adezyon etkinliğinin düşük olmasıdır. Yapıştırıcı ve yapıştırılan yüzey arasında oluşan zayıf enerji bağlantıları ara yüzey etkileşimi belirleyen bir unsur olarak dikkate

alınmamaktadır (Kuzmichev, 1995).

Bu teori polar olmayan malzemelerin polar olmayan yapıştırıcılarla yapışmalarını ve ıslatma işleminin yapışkan eklemlerin gücüne nasıl bir etki gösterdiğini açıklanmamaktadır. Yapışkan eklemlerin katmanları arasındaki temas noktalarda kimyasal bağların oluşumu mukavemeti önemli oranda etkiler. 60-1050 kJ/mol enerjili kimyasal bağlar (iyonik, kovalent) 2-50 kJ/mol enerjisi olan hidrojen bağları ile birlikte geri dönüşümsüz denilen yapışmanın bir bölümünü oluştururlar. Yapıştırıcının etki seviyesini arttırmak, yapıştırıcı ve yapıştırılan yüzey ile kimyasal bağlara ek bağların dahil edilmesiyle mümkün olmaktadır. Terbiye işleminin son aşamasında tekstil malzemelerine uygulanan terbiye maddeleri bu tür etkiyi oluşturabilir. Genel olarak, kimyasal bağlar teorisinin kullanımı onların, kanıtlanması zor olan, oluşumunun deneysel doğrulanmasını gerektirir.

Polimer malzemelerin yüzey tutma teorisi 1944-1947 yıllarda geliştirilmiştir.

Özel yapışma veya ıslanma teorisi olarak da bilinen yüzey tutma teorisi, günümüz yapışma biliminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Islanma teorisi, çok yakın bir temasın gerçekleşmesi şartıyla, bir ara yüzeyde etkili olan atomlar arası ve moleküller arası kuvvetleri içermektedir. Bunlar, ikincil (sekonder) (Van der Walls ve hidrojen bağları ile elektrostatik kuvvetler) ve birincil (primer) (iyon, kovalent ve metalik bağlar) kuvvetler olarak açıklanmaktadır. Islanma teorisine göre, tekstil malzemenin yapıştırılmasında ikincil kuvvetlerin etkisinin daha fazla olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Pizzi, 1992).

Yüzey tutma teorisi, iki yüzeyin birbiri ile angström düzeyinde temas ettiğinde, aralarında moleküller arası kuvvetlerin var olduğunu ifade etmektedir (Green vd., 1999).

Yapışma – Van der Waals kuvvetleri (dipol-

dipol etkileşimler, London dispersiyon kuvvetleri ve hidrojen bağları) olarak bilinen moleküller arası etkileşimler sonucunda oluşmaktadır. Bu çekim, hem tutkalın yüzeyi ıslatması hem de katılma işlemi esnasında oluşur ve çok kuvvetli bağlar ortaya çıkarır (Lee, 1991). Özel yapışmanın, tekstil malzemelerinin ve hatta diğer birçok materyalin yapışması için en etkili mekanizma olduğu kabul edilmektedir (Green vd., 1999).

Tekstil malzemelerinin moleküller arası ve tutkal polimerleri arasındaki bağın oluşumunda etkili olan Van der Waals kuvvetleri; moleküller arası üç çekim kuvvetinden ibarettir. Bunlar:

-Dipol-dipol kuvvetler; pozitif ve negatif yüklü polar moleküller olup diğer polar moleküller için güçlü çekimlere sahiptir.

-London dispersiyon kuvvetleri; polar olmayan moleküllerin birbiri için sahip oldukları zayıf çekim kuvvetlerini içermektedir.

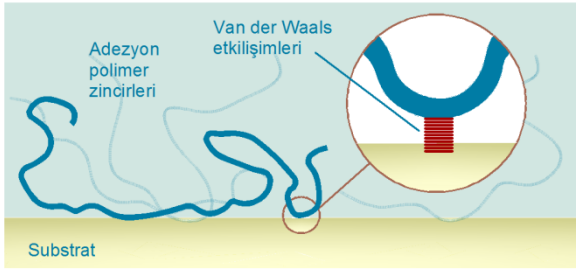
-Hidrojen bağları; dipol-dipol kuvvetlerin özel bir tipi olup, polar bir molekülün pozitif yüklü hidrojen atomları ile diğer molekülün elektronegatif atomu arasındaki güçlü çekimleri ifade etmektedir.

Hidrojen bağ kuvvetleri, polar hidroksil grupları bakımından zengin olan hemiselüloz ve selüloz molekülleri ile ara yüzeydeki polar tutkal polimerlerinin çekiminde önem taşımaktadır. Bu fiziksel çekim kuvvetleri, ıslanma olayında ve tutkal polimerinin tekstil malzemelerinin moleküller yapısı üzerindeki adsorpsiyonunda özel bir önem taşımaktadır (Vick, 1999). Ayrıca moleküller çekim kuvvetleri, bir sıvı yapıştırıcı-katı, katı madde ara yüzeyi boyunca sıralanmışlardır. Yapıştırıcı molekülleri, primer ve sekonder bağ oluşumları tarafından yapışacak madde yüzeyindeki belirli bölgelere çekilirler.

Van der Waals kuvvetlerinin, iyonik veya kovalent yollarla yapıştırıcı ve yapışacak

madde arasında kimyasal bağlar oluşturabileceği muhtemeldir (Subramanian, 1984)(Şekil 2).

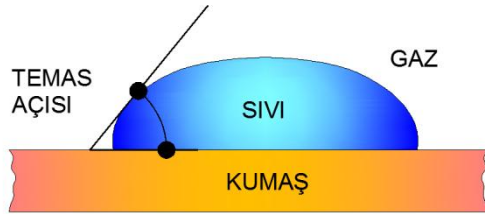
Dolayısıyla iyi ıslatma esastır; iyi yapışma elde etmek için, yakın temas Van der Waals etkileşimi veya asit-baz etkileşimi veya her ikisi gerçekleşmektedir.



Şekil 2. Van der Waals etkileşimi (Gent ve Hamed, 1983).

Young denkleminde göre, denge halinde yüzey gerilimi (katı-gaz, K/G; katı-sıvı, K/S; ve sıvı-gaz, S/G) üç eksenli gerilmelerde temas açısı ile değerlendirilir (Şekil 3):

$$\gamma_{K/G} = \gamma_{K/S} + \gamma_{S/G} \cos \Theta \quad (1.3)$$



Şekil 3. Bir katı nesnenin yüzeyi ile sıvı damlasının temas açısı

İyi ıslatma için $\gamma_{K/G} < \gamma_{S/G}$ şartının yerine getirilmesi yeterlidir.

Genel olarak, yapışkan bir sıvının yüzey gerilimi, yapıştırılacak yüzeyin kritik ıslanma geriliminden daha az olmalıdır.

Bu teoriye göre yapışma iki aşamada gerçekleşir.

Birinci aşamada yapıştırılacak yüzeye tutkal sürüldükten sonra çözelti makro molekülleri

Brownian hareketi nedeniyle yapıştırma yüzeyine göç yapıyorlar. Dış basınç ve yüksek sıcaklık bu süreci hızlandırır.

İkinci aşamada soğurma işlemi ön plana çıkıyor. Yapışkan ile yapışma yüzeyi molekülleri arası uzaklık 5 nanometrin altına ulaştığında moleküller arası kuvvetler etkili olmaya başlar.

Bu teoremin zayıflığı yapışkan bağlantısının oluşturduğu delaminasyon kuvvetlerinin enerjisi moleküller arası kuvvetlerin toplam enerjisinden farklı alınması olarak görülür. Birincisi her zaman ikincisinden daha büyük alınır.

Teori giysi parçalarının yapıştırılmasında ortaya çıkan birçok soruyu açıklaya bilemediğinden pratik dayanıklılık hesaplarında kullanılması zor gözüküyor.

Katı ve sıvıdan oluşan bir sistemin denge durumunun Yung denklemi ile ifade edildiği bilinir:

$$\delta_k = \delta_s + \delta_g \cos \Theta \quad (1.4)$$

Denklemden, $\delta_k, \delta_s, \delta_g$ — görüşme noktasında katı, sıvı ve gaz fazlarının yüzey gerilimleri; Θ — ıslanma köşe açısı.

Yüzey gerilimi δ_g sıvıdan buharın emilmesi sonucu katı cismin yüzeyindeki serbest enerjiyi karakterize ediyor. Bazı durumlarda bu enerjinin değeri katı cismin vakumdaki δ_k yüzey gerilim enerjisinden küçük olabilir. Polimerler ve tekstil malzemeleri için ilkin hesaplarda

$$\delta_k \approx \delta_g \quad (1.5)$$

olduğu varsayılabilir.

Kenar açısı $\Theta > 0^\circ$ olduğunda sıvı katı yüzeyinde akamaz. Ancak $\Theta = 0^\circ$ ise sıvı katı yüzeyini ıslatır ve yüzeye dağılarak akmaya başlar. Rastgele ıslatma durumu için ıslatma şartları:

$$\delta_k \geq \delta_s + \delta_g \quad (1.6)$$

$$S = \delta_k - \delta_s - \delta_g \geq 0 \quad (1.7)$$

Denklemden, S —dağılım katsayısıdır.

(1.7) denklemini katı yüzeylerin ıslanması kriteri olarak görmek gerekir. Katı yüzeyin pürüzlülüğü ve dış basınç gibi faktörlerin, bu kriterin kullanımını sınırlayabileceği dikkat çekicidir. Bu nedenlerden dolayı kumaşların yüzey pürüzlülüğü değeri $5 \cdot 10^{-6}$ 'yı geçtiğinde bu kriterin uygulanması imkânsızdır.

Yapışma gücü ve yapışma oluşum koşulları üzerinde büyük etkiyi yapışkan akışkanlığı sağlıyor. Akışkanın çok düşük değeri yapıştırma gücünü, özellikle yumuşak gözenekli malzemeler birleştirildiğinde kumaş dokusuna büyük miktarda akan yapışkan nedeniyle azalmaktadır. Yapışkanın akışkanlığı yüksek olunca yüzey alanının gözenekler içine sızma olasılığı düşüktür (Nikulicheva, 2000).

Böylelikle, yapışma olayını açıklayan birleşik bir teori yoktur ve muhtemelen olamaz. Değişik durumlarda, adezyon yapıştırılan yüzeyin ve adezyonun doğasına ve adezyon bağının oluşumu koşullarına bağlı olarak farklı mekanizmalar tarafından açıklana bilir. Yapışma pek çok durumda, iki ya da daha fazla faktörlerin hareketi ile izah edilebilir. Bu nedenle, yapışma işlemi aşağıdaki değerlerinin toplamıdır:

$$W_a = W_{ad} + W_{ah} + W_{ap} + W_{ai} + W_{ate} + W_{ava} + W_{ae} \quad (1.8)$$

Denklemdenki üst indekslerin anlamı: d - London dispersiyon etkileşimi; h - hidrojen bağı, p - dipol-dipol etkileşimi; i - indüksiyon etkileşimi; te - kimyasal bağı (web.itu.edu.tr/~ozcanm/kim/kimyasal%20ba%20g.pdf (03.05.2014)); va - verici-alıcı bağı; e - elektrostatik etkileşimdir.

Böylece, adezyon özelliğine çeşitli faktörler

tarafından etki vardır: adezyonun kimyasal etkinliği, onun reolojik ve kohezif özellikleri, yapıştırma bileşenlerinin termodinamik uyumluluğu, adezyon etkinliği ve yapıştırılan yüzeyin yapısı, terbiye maddelerin varlığı, ve giyim parçalarının yapıştırma prosesinin teknolojik parametreleri.

Bilinen yapışma teorileri çelişkili değiller, aksine birbirini tamamlamaktadırlar. Ancak, onlar belli bir dizi özelliklere sahip yapıştırma işlemin gerçekleştirilmesini ve tahmin edilmesini öngörmez.

2.3 Elektrostatik Teorisi

Elektrik teorisi iki dielektrikler veya metal ve dielektriğin yakın temas halindeyken meydana gelen temas elektrifikasyon hususuna (eylemine) dayanmaktadır. Adezyon-substrat sistemi bir kondansatör ile iki farklı yüzeylerin temas ettiğinde oluşan elektriksel çift tabaka ise kondansatör plakaları ile tanımlanıyorlar. Adezyonun yapıştırılan yüzeylerden ayrıldığında, kondansatör plakalarında olduğu gibi, elektrik potansiyellerin farkı oluşuyor, hangisi ki tam deşarj olana kadar yüzeylerin arasındaki boşluğun büyümesiyle artar (Sidorova, 1999). Bu durumda adezyonu kondansatörün enerjisine eşdeğer görür ve

$$W_a = 2\pi\delta^2 h / \epsilon_a \quad (1.9)$$

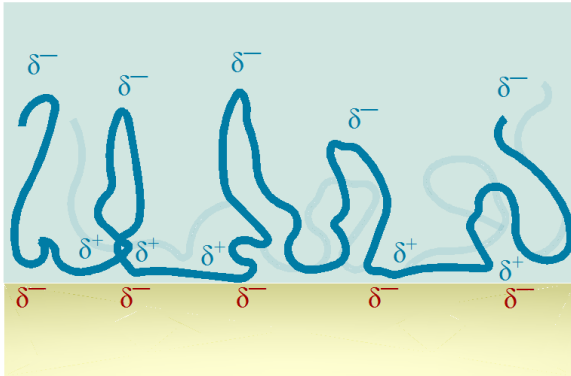
formül ile tespit edilebilir.

Burada, a - elektrik yüklerinin yüzey yoğunluğu, h - plakalar arasındaki boşluk kalınlığı; ϵ_a - mutlak dielektrik ortam geçirgenliğidir.

Teori adezyon işinin yüzeylerin ayrılma hızından ve deneylerin yapıldığı ortamdan bağımlılığını açıklıyor. Aynı zamanda, elektrik teorisi bir birlerine yapısıyla yakın olan polimerlerin adezyon bağlarını açıklayamıyor: yani polimerlerin her ikisi de ya polar olmayan veya ikisi de polardır.

Yapıştırma işlemini açıklayan teorilerden biri olan ve 1948. yılında B. V. Deryagin ve arkadaşları (Deryagin vd., 1948) tarafından ortaya atılan elektron teorisinin temelinde bir fiziki olay- bağlantıda yapışkan yüzeyle temas geçtiğinde yapışkandan bir kısım elektronun temas yüzeyine geçmesi dayanmaktadır.

Bu olay aralık yüzeyde çift katlı elektron tabakasının ve dolayısıyla elektrostatik bağ kuvvetlerinin oluşmasına neden olabileceğinden yapıştırma gücünü artırabilir. Teoriye göre yapışkan bağlantısını bir kondensatör olarak görmek mümkündür (Possart, 1988) (Şekil 4).



Şekil 4. Aralık yüzeyde çift katlı elektron tabakası (Gent ve Hamed, 1983)

Kondensatöre benzerlik gösteren bir yapışkan bağlantısında yapışmış yüzeyler ayrılmaya zorlandığında, elektronik tabakada kondensatörlerde olduğu gibi potansiyel farkı yükselir. Bu olay deneylerle doğrulanmaktadır. Yapışkan ile yüzey arasında bağlantı, çift katlı elektron tabakasında oluşan elektrostatik çekim kuvveti sonucu elde ediliyor. Ayrılma enerjisi G_e ile potansiyel deşarj V_e arasındaki bağıllık

$$G_e = \frac{h\varepsilon}{8\pi} \left(\frac{\partial V_e}{\partial h} \right)^2 \quad (1.10)$$

denklemleri ile ifade edilebilir. Denklemlerde; h - deşarj aralığı; ε - dielektrik sabitidir.

Teoride yapışkanın erimesi sırasında viskozite ve plastikliğinin değişmesi göz ardı edilmiştir.

Bununla birlikte, tekstil malzemelerin birleştirilmesinde yapışkanın dayanıklılığı ile elektronların emisyonu arasında bir bağ vardır. Yapışkan bağları tahrip edildiğinde elektrik olayları daha belirgin olarak ortaya çıkıyorlar.

2.4 Reolojik Teorisi

Reolojik teorisinin temel ilkesi, aşağıdaki şekilde açıklanıyor: eğer yapıştırılan eklemlerin kopması sınır bölgelerde meydana geliyorsa, kopma işi en zayıf sınır tabakasının adezyon gücüne bağlı olacaktır.

Yapıştırılan yüzey üzerinde adsorbe gaz molekülleri, su, düşük moleküler ağırlıklı yapışkan ürünleri tabakası oluşacaktır. Bu geçiş tabakası yapışkan etkileşimi zayıflatır. Onun etkisi altında bütün yapıştırıcı eklemlerin düşük dayanıklılığına neden olan zayıf bölge oluşuyor.

Kombinasyon halinde boya ve terbiye maddeleri malzemenin yüzeyi yoğunluğunun % 12 kadar olabilir. Yüzeyi üzerine işlenen bu maddeler lifi oluşturan polimerlerin aktif merkezlerini bloke ediyor ve atalet nedeniyle tekstil malzemesinin kimyasal aktivitesini azaltır (Veselov vd., 1999).

Diğer katı cisimler ile karşılaştırılınca tekstil malzemeleri heterojen kimyasal bileşimlere sahip, hem temel elementler - lifler seviyesinde, hem de entegre ürün seviyesinde. Örneğin, lif ve iplik eğirmede hafif lifler daima dış çevreye çıkıyor ve dolayısıyla materyal iç ve dış yüzey kimyasal bileşiminde farklılıklar vardır.

Bu teori tekstil malzemeleri yüzeyinde bulunan farklı nihai terbiye işlem maddelerinin onların adezyon özelliklerine etki gösteren değişimi açıklar (Kuzmichev, 1995).

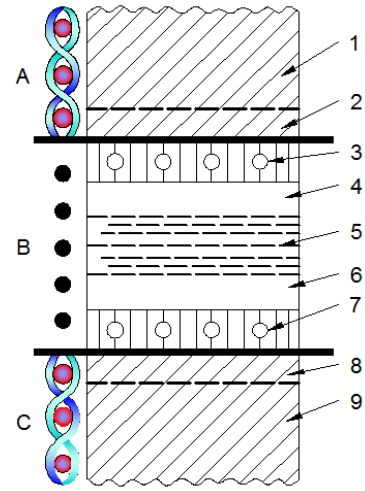
Maddelerin agregasyon durumuna bağlı olarak adezyon aşağıdaki tiplere ayrılır: Sıvı adezyonu (polimer emülsiyon, sıvı yapıştırıcı-solüsyonlar, ve yüksek sıcaklıkta eriyen yapıştırıcı-solüsyonlar); Partiküller adezyonu (tebeşir, baskı mürekkep partikülleri); Film adezyonu (astarlar veya kumaş kenarları üzerinde katı film formundaki polimer malzemeler) (Polushenko, 2003).

Sıvı adezyonu yapıştırılan yüzeylerin sınır tabakasındaki sıvı (polimer solüsyon) ve katı faz (tekstil materyali) arasında bir sıvı etkileşimidir (Movsiyana, 1980).

Reolojik teorisi (sınır tabakaları ve ara fazlar teorisi) (Deryagin, 1948). Yapışkan bağlantılarının oluşumunda farklı özelliklere sahip ara katların ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu olaya dayalı olarak oluşturulmuş reolojik teoriye göre, eğer yapışkan bağlantısının kopması sınır tabakalarından başlıyorsa, onda kopma işi en zayıf sınır tabakasının adezyon kuvvetine bağlı olacaktır.

Bu nedenle, adezyon kuvveti G her zaman zayıf tabakanın adezyon enerjisi G_e 'e eşit olacaktır. Ve zayıf adezyon bağları oluşturan yapışkan bağlantıları da zayıf alınır. Tutkal yüzeyinde adsorbe edilmiş gaz molekülleri ve su biriktiğinden, katmanda adezyon kuvvetlerinin zayıflaması bağlantı dayanıklılığının düşmesine neden olur. Bu tabakalara geçit tabakası denir ve yapışkan bağlantısını birkaç kattan oluşan sistem olarak kabul edilir (Şekil 5).

Yapıştırıcılar iç ve yüzeye yakın bölgelerde moleküller özelliklerine göre farklılık gösteriyorlar. İç bölgelerde yerleşen moleküllerde moleküller arası kuvvetler dengelenmişler. Dış yüzeylerdeki moleküller dengesiz duruma sahipler ve yüzeyel kuvvetlerin etki kuralları değişiklik gösterir. Böylece iç katlarda Van der Waals çekim kuvvetleri temas yüzeyleri arasındaki uzaklığın yedinci derecesine orantılı azaldığı halde, yüzeylerde bu orantı üç-dört'e eşittir.



A, C — tekstil malzemelerini; B — yapışkanı; 1, 9 — yapıştırma işleminde yer almayan tekstil malzeme katlarını; 2, 8 — ara yüzeye bitişik tekstil malzeme katlarını; 3, 7 —atom veya moleküler kalınlığa sahip yapıştırıcı katlarını; 4, 6 — yapışkanın ana külesinden farklı yapıya sahip yapışkan katlarını; 5 — yapıştırılan yüzeylerin etkisi dışında kalmış yapışkan katını göstermektedir.

Şekil 5. Yapışkan bağlantısının en kesit görünümü (Kuzmichev, 2005)

Bu nedenlerden dolayı zayıf sınır katlarının oluşumu kaçınılmazdır. Fakat bu idare edilebilir bir süreçtir. Doğru yapılmış ve dayanıklı yapışkan bağlantısında geçiş katlarının da dayanıklılığı ana malzemenin-yapışkanın dayanıklılığına eşit olmalıdır. Zayıf bağlantılarda kopma her zaman sınır katlarında baş verir.

Zayıf katların oluşmasının nedenleri, yapıştırılacak yüzeylerin üzerinde gaz ve sıvıların, katı parçacıkların varlığıdır. Onların kaldırılması için sanayide yüzeylerin yapıştırmadan önce temizlenme işlemine tabi tutulması ile gerçekleştirilir. Tekstil malzemelerinin yapıştırılmasında böyle temizlemenin yapılması öngörülmektedir. Tekstil malzemelerinin dayanıklılığının artırılması malzemelerin kimyasal olarak işlenmesi sonucu ile elde edilebilir.

Bu teori nihai terbiye işlemlerindeki uygulamaların tekstil malzemelerinin yüzeyindeki adezyon özelliklerinin nasıl değiştiğini doğrudan açıklamaktadır. Lif ve adezyon arasındaki boşluklar terbiye sırasında yapıştırıcı bağlantısının hem

zayıflamasına ve hem de güçlenmesine getirebilir.

Bu teorinin devamı olarak ‘güçlü ara katlar’ veya ‘ara fazlar’ konsepti geliştirilmiştir. Böyle ara fazlar sınır katlarında moleküler düzeyde birkaç nanometre kalınlığında oluşuyorlar. Bu fazların oluşması çok sayıda fiziki, fiziki-kimyasal ve kimyasal olaylara dayanmaktadır:

1. Lif ve yapışkan yüzeylerinde serbest enerjinin azaltılması için kimyasal grupların yönlendirilmesi;
2. Yüzeyler boyunca düşük molekül ağırlıklı dolguların hareketlendirilmesi;
3. Kristalik yapıların geliştirilmesi;
4. Katı cisimle etkileşimden dolayı moleküler zincir hareketliliğinin azalması sonucu yanlış kristalik bölgenin oluşumu;
5. Katalizatörlerin etkisi sonucu polimerleşmenin termodinamik ve kimyasal faktörlerinin değişimi.

Bu tür sınır bölgelerin yapışkanlara etkisinin göz önünde bulundurulması onların tam kavranması ve idare edilmesi ve apre terbiye işlemlerinde rasyonel koşulların oluşturulması için gereklidir.

2.5 Difüzyon Teorisi

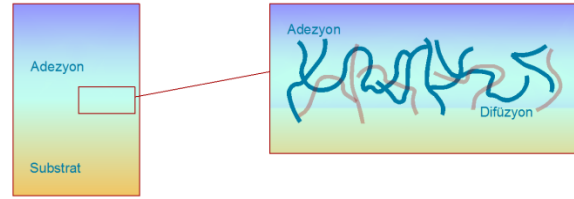
Difüzyon teorisine göre, polimerlerin birbirlerine yapışması, autohesion (otohezyon-aynı malzemenin kendi kendine yapışması) gibi, moleküller arası kuvvetler nedeniyle oluşur. Zincir moleküllerinin veya onların parçalarının yayılımı ise yapıştırıcı ve yapıştırılan yüzey makro-moleküllerin azami iç içe geçmeleri ile sağlanmaktadır. Uzunluğu büyük olan arayüz üzerindeki polimer makro-moleküllerin difüzyonu sadece erime sıcaklığı üzerindeki sıcaklıklarda mümkündür (Polushenko, 2003).

Temas sıcaklığı ve yapıştırma süresinin artması ile yapışma mukavemetinin artması bu teorinin doğruluğunu göstermektedir. Bununla birlikte, bu teori, birbirleri ile

homojen karışımların oluşumuna olanak sağlamayan polimerlerin yapışmasını açıklayamamaktadır. Bu teori moleküler düzeyde, sıvı yapıştırıcı içindeki uzun zincir moleküllerinin yapıştırılacak madde içine kısmen veya tamamen nüfuz etmesi esasına dayanmaktadır. Yapışkan eklemlerin formasyonunda performans özellikleri benzer yapışkan bileşenlerinin parametrelerinden farklı olan ara bölgeler oluşuyor (Kisliakova, 1993).

Difüzyon teorisi, 1960’lı yılların başlarında Voyutski tarafından ortaya atılmıştır (Pizzi, 1994; Voyutski, 1963).

Bu teori moleküler düzeyde, sıvı yapıştırıcı içindeki uzun zincir moleküllerinin yapıştırılacak madde içine kısmen veya tamamen nüfuz etmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Moleküllerinin yapıştırılacak madde içine nüfuz etmesi (Gent ve Hamed, 1983)

Yapıştırıcı moleküllerin yapışacak madde içine difüzyon derecesi, yapıştırılacak maddenin serbest hacmine ve yapıştırıcı ile yapıştırılacak maddenin moleküler uygunluğuna, moleküler uygunluk ise, yapıştırıcı ve yapıştırılacak madde içindeki farklı polimerlerde mevcut olan fonksiyonel gruplar arasındaki çekime bağlıdır (Gent ve Hamed, 1983; Carpenter, 1999).

Bazı durumlarda, uygun bir madde ile temasta bulunan yapıştırıcı sadece difüze olmaz, aynı zamanda yeni bir kimyasal ürün oluşturmak üzere birbiri ile kimyasal reaksiyona da girerler (Klein, 1979). Difüzyon teorisi, ara yüzey boyunca polimer zincirlerinin karşılıklı difüzyonu neticesinde oluşan adezyonu ifade etmektedir. Bunun oluşması için, her iki malzemenin de

karşılıklı olarak çözünebilir ve hareket edebilir olması gerekir (Gagliano, 2001).

Difüzyon teorisine göre yapışmada yer alan sıvı ve katı cisimlerin molekülleri karşılıklı olarak geçit yapmaktadırlar. Fazlar arasında sınırların kalkması sonucu bir polimerin diğer polimere geçtiği özel alanlar oluşur. Bu durumda yapışma yüzeysel değil, hacimsel olay olarak ele alınır.

Büyük temas alanına sahip yüzeylerde polimer makro moleküllerinin difüzyonu onların erime sıcaklıklarının üzerinde bir sıcaklıkta mümkündür. Difüzyonun gerçekleşmesi için polimerlerin termodinamik uyumluluk göstermesi önemlidir. Buna ek olarak, polimerlerin çoğu birbiriyle homojen karışım oluşumuna eğilimli değildirler. Bu iki polimer karışımının toplam entropisinin düşük moleküler bileşenlerin ayrılıkta götürülmüş entropi değerine göre çok daha az olduğu gerçeği ile açıklanabilir. Bununla birlikte, çözelti entalpisi onun oluşumu için bir itici güç olarak işlev görür.

Belirtmek gerekir ki, tekstil malzemeleri yapıştırma bağlantılarında yapıştırılan malzemeler kendi özelliklerini koruduklarından biri-birilerine nüfuz etmeleri imkânsızdır.

Adezyon kuvvetleri temas sürecine, ortam sıcaklığına, polimerlerin özellikleri ve moleküler ağırlıklarına bağlı olacaktır. Böyle bağımlılıklar birçok polimer çiftleri için belirlenmiştir ve tekstil malzemelerinin yapıştırılması işlemi için tipiktir.

Teorinin sayısal modeli R.M. Vasenin tarafından geliştirilmiştir (Vasenin, 1961).

Bu modele göre birim yüzey alanından x doğrultusunda difüzyon yapan malzeme miktarı ω , konsantrasyon oranı $\partial c / \partial x$ 'ya ve ortam sıcaklığı t' ye bağlıdır.

$$\partial \omega = -D_f \partial t (\partial c / \partial x) \quad (1.11)$$

Burada, D_f — difüzyon katsayısı; c — konsantrasyon oranıdır.

R.M.Vasenin (Vasenin, 1961) t_c sürecinde temas alanında difüzyon yapan moleküllerin nüfuzunu belirlemek için difüzyon katsayısı D_f 'nin zamana göre değişimini ifade edebilecek

$$\Delta D_f = D_d t_c^{-0.5} \quad (1.12)$$

denklemini önerir.

Denklemden, D_d — polimer makro molekül zincirlerinin hareketliliğini belirleyen sabittir. Nüfuz derinliği l_p ve ayırma düzlemini geçen molekül zincirlerinin sayısı N_c

$$l_p \approx k(\pi D_d t_c^{1/2})^{1/2} \quad (1.13)$$

$$N_c = (2N\rho / M)^{2/3} \quad (1.14)$$

denklemlerden bulunurlar.

Denklemlerde, κ ve π — sabitler; N — Avocado sayısı; ρ — polimer yoğunluğu; M — polimerin molekül yar kütesidir.

Adezyon enerjisi G , yapıştırıcı ile katı cisim aralığından geçen molekül zincirlerinin sayısı ve nüfuz derinliğine orantılıdır. Önceki denklemlerden (1.12 — 1.14) alınır:

$$G \approx k(2N\rho / M)^{2/3} D_d^{1/2} t_c^{1/4} \quad (1.15)$$

Burada, κ — bir-biri ile temasta bulunan polimerlerin moleküler özelliklerini ifade eden sabittir.

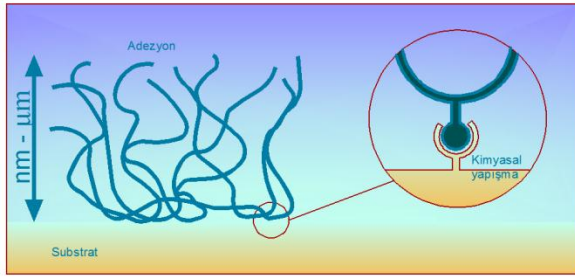
Bu teori ve deney sonuçları farklı moleküler kütlelere sahip benzer polimerlerin oluşturduğu yapışkan bağlantılarında iyi bir uyum gösterir.

Teori birçok polimerlerin adezyonunda difüzyonun önemli yere sahip olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak bu teori biri-birine difüzyon gerçekleştirilmeyen malzemelerin yapışmasını açıklamakta zor olduğundan

tekstil malzemelerinin yapıştırılmasında emin olarak kullanılamaz.

2.6 Kovalent Kimyasal Bağlanma Teorisi

Kovalent kimyasal bağlanma teorisi, tekstil malzemeleri ile tutkal arasındaki kovalent bağ oluşumu neticesinde meydana gelen adezyonu ifade etmektedir. Kovalent bağların oluşması durumunda, çok güçlü ve sağlam birleştirmelerin ortaya çıkacağına inanılmaktadır. Tekstil malzemeleri yüzeyi çok sayıda fonksiyonel gruplara sahip olduğu için, kovalent yapışma tekstil malzemeleri için diğer malzemelerden daha uygundur. Tekstil malzemeleri kovalent bağlanma için en güçlü durum, izosiyanat içeren tutkallar ile lignin'deki hidroksil grupları arasındaki reaksiyondur (Plueddemann, 1991) (Şekil 7).



Şekil 7. Tekstil malzemeleri ile tutkal arasındaki kovalent bağ oluşumu (Gent ve Hamed, 1983)

Kovalent kimyasal bağlar hidrojen ile bağ yapan elemanların atomlarının moleküller oluşturmak üzere elektronlarını paylaşarak etkileşime girmeleri neticesinde oluşur. Tek bir kovalent bağ için en basit örnek, iki hidrojen atomunun hidrojeni oluşturmak üzere elektronlarını paylaşmasıdır. Bu kovalent bağlar en güçlü kimyasal bağlar olup, hidrojen bağına göre 11 kat daha fazla dirence sahiptir. Tekstil malzemeleri moleküler yapısı ile tutkal polimeri arasında kovalent kimyasal bağların oluşması mümkün gibi gözükse de, tekstil malzemeleri tutkal ile yapıştırılmasında bu tür bağların önemli bir mekanizma meydana getirdiğine ilişkin belirgin bir delil yoktur (Vick, 1999). Tekstil malzemeleri malzeme ile tutkal arasında kovalent bağ oluşumu mümkün olsa

bile, endüstriyel üretim şartlarında bu tür yapışmaların oluşup oluşmayacağı ispatlanmamıştır (Pizzi, 1994).

Herhangi bir malzemenin tutkal ile yapıştırılmasında, yukarıda belirtilen mekanizmaların birden fazlasının, hatta tamamının meydana gelebileceğini vurgulamak gerekmektedir. Tekstil malzemeleri için ise bu durum çok daha yüksek bir ihtimalle gerçekleşecektir. Tekstil malzemeleri yüzeyi spesifik adezyonun oluşması için faydalı olan polar bir tabaka ortaya koyarken, mekanik kenetlenme ile oluşacak adezyonu kolaylaştıracak bir yapı sağlamak için de yeterince heterojen ve pürüzlüdür. Taze haldeki bir tekstil malzemeleri yüzeyi aynı zamanda, hidroksil ve karboksil gruplarını içeren çok miktarda kimyasal reaktif bölgelere sahip olabilir (Carpenter, 1999). İki tekstil malzemeleri tabakası arasındaki yapışma direncinin yüksek olabilmesi için sıvı tutkalın yüzeyi ıslatması ve serbest bir şekilde yayılması gerekir. Tekstil malzemeleri ile tutkal arasındaki moleküller arası çekim kuvvetlerinin etkili olabilmesi, tutkal moleküllerinin tekstil malzemeleri moleküler yapısı ile temas etmek üzere tüm yüzeye difüze olmasına bağlıdır. Diğer malzemelerde olduğu gibi tekstil malzemeleri de çekim enerjileri, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey kimyası gibi açılardan büyük farklılıklar göstermektedir. Tekstil malzemeleri yüzeyleri düzgün ve pürüzsüz gibi gözükseler bile, mikroskobik incelemelerde yüzeyde çukurların, tepelerin ve çatlakların olduğu, düzensiz lifler ve diğer bozukluklar ile karmakarışık bir halde bulunduğu görülebilir. Bu yüzey şartları, tutkal tarafından tamamen ıslanmayı engelleyen tıkanıklıklara sebep olur ve tutkal sertleştiğinde gerilmelerin oluşmasına yol açar. Böylece sıvı tutkal, tekstil malzemeleri yapısına nüfuz etmek için iyi bir kapilar akış sağlayacak bir viskozite ile birlikte yüksek ıslanabilme yeteneğine sahip olmalıdır. Yüzeyin ıslanması ve tutkalın yüzeye iyi yayılması, yüzey ile bir tutkal damlası arasındaki temas açısı sıfıra yaklaştığında

gerçekleşir. Temas açısının sıfıra yaklaşması için; yüzeyin yüksek çekim enerjisine sahip olması, tutkal ile yapıştırılacak malzeme arasında bir çekim olması ve tutkalın yüzey geriliminin düşük olması gerekmektedir. Adezyon işlemi, tutkalın sıvı halden katı hale geçmesinden sonra tamamlanır. Sıvı tutkalın viskozitesi yükseldikten ve tutkal katılaştıktan sonra yüzeylerin etkin bir şekilde yapışması gerçekleşir (Miller ve Ishida, 1991).

Adezyon için yüzeylerin birleşmesi gerekli olduğundan, tekstil malzemeleri yüzeyinin fiziksel ve kimyasal şartları iyi bir tutkal-kumaş bağı performansı için son derece önemlidir. Tekstil malzemeleri yüzeyi yeterli yüzey enerjisine sahip olduğunda tutkal yayılacak ve yakın bir temas sağlanacaktır. Yüksek sıcaklıkta kurutma ve ısıtma işlemleri, ekstaktif maddelerin yüzeye çıkmasını zorlayabilir. Bu durum tutkalın temasını fiziksel olarak engelleyebilir, tutkalın yayılmasını geciktirebilir ve bazı tutkalların sertleşme kinetiklerini değiştirebilir (Green vd., 1999). Oksidasyon ve UV degradasyonu, tekstil malzemeleri yüzeyinin kimyasal bozunması için verilebilecek diğer örneklerdendir (Gagliano, 2001).

Kesin olarak bilinmektedir ki, katı ile temasta bulunan yapıştırıcı aralığında oluşan kimyasal bağlar iki madde arasında yapışma gücünü etkileyecektir. Bu bağlantılar ikinci dereceden sayılan fiziksel Van der Waals kuvvetlerinden daha büyük önem taşırlar.

"Birincil" ve "ikincil" bağlantılar adları için bağlantı türünün enerjisine borçludurlar. Kimyasal bağ enerjisinin değerleri (kJ/mol): İyon 500 -1050, Kovalent 60-710, Metalik 110 -350.

Kimyasal bağların oluşumu yapışkan ve katının reaksiyona girme yeteneğine bağlıdır. Reaksiyonun güçlendirilmesi yapışkan ile katı arasında, bunların her ikisi ile iyi bir bağlantı oluşturan ek bir kimyasal kullanılması ile mümkündür. Tekstil

malzemelerinin yapıştırılmasında bu tür ek madde nihai terbiye işleminde apre maddeleri ola bilir.

Genel olarak, bu teorinin kullanımı her zaman kimyasal bağların oluşumunun deneysel doğrulanmasını gerektirir. Ve örneğin, yapışkan dayanaklığının kimyasal reaksiyon sonucu arttığını kanıtlamak çok zordur.

2.7 Tekstil Malzemelerinin Yapışma Teorisi

Günümüzde var olan yapıştırma teorilerinin analizi yapıştırma işleminin son derece karmaşık bir proses olduğunu ve tek bir model veya teori ile tanımlanamayacağını gösterir. Yapıştırılan malzeme ve yapışkan türüne bakmaksızın yapıştırma işleminde birkaç yapışma mekanizması yer ala bilir. Bununla birlikte her bir yapıştırma işleminde yapıştırma mekanizmalarından biri diğerlerine göre daha etkin olmaktadır. Yapıştırma işleminden önce bu etkin mekanizmanın belirlenmesi büyük önem taşır. Bu tekstil malzemelerinin yapıştırma işleminin daha doğru idare edilmesini ve yapıştırıcı özelliklerinin doğru seçilmesini sağlayabilir.

Tekstil malzemeleri farklı kimyasal, fiziksel ve diğer özelliklere sahip elyaf ve ipliklerden oluşmaktadırlar. Bitkisel lifler yüzeyinde çatlaklar, çapraz halkalar, yünlülerde ise - çok karmaşık pullu tabakalar vardır. Tüm bunlar dış yüzeyi ve dolayısıyla yapıştırılan yüzeylerin adezyon özelliğini artırıyor. Kimyasal elyaf yüzeyleri uzunlamasına çizgiler veya enine şeritlerle karakterize edilir. Sentetik liflerin dış yüzeyinde artış sağlanması özel kalıplar yardımıyla pürüzlü, nervürlü veya oluklu şekil verme ile elde edilebilir. İpliğin büküm artışı liflerin çıkıntı ve dolayısıyla yapışkan eklem alanda mümkün temas noktalar sayısını azaltıyor (Safonov, 2002; Babarina, 2003).

Tekstil malzemeleri yapı parametrelerinin adezyon özellikleri oldukça etkilidir:

ipliklerin atkı ve çözgü yoğunluğu, yüzey dolgu (gözeneklilik), hacimsel dolum, hava geçirgenliği. Düşük yoğunluklu kumaşlarda ve yüzey dolguda yapışkan malzemenin ön tarafına nüfus edebilir. Bu tür kusurları önlemek için yapıştırma proses parametreleri doğru seçilmelidir (sıcaklık, yapıştırma süresi ve basınç). Kumaş yüzeyindeki tiftiklerin yapıştırıcının uygulanması ve sertleşmesinden sonra adezyona sıkıca eklenmesi mekanik adezyonun diğer halidir. Tekstil malzemelerinin tüylülüğü arttıkça adezyon ara yüzde daha büyük temas alanı kapsayacaktır, bu da dayanıklı adezyon bileşiğinin oluşumunda gereken şartlardan biridir. Tekstil malzemesini oluşturan elyafların dayanımı yüksek olunca bağlantı direnci yükselmektedir (Zimon, 1983).

Tekstil materyallerinin yüzey pürüzlülüğü mekanik, özellikle şardonlama, ve plazma kullanılarak fiziksel-kimyasal yöntemlerle artırılabilir (Guskina, 2005).

Bu yöntemlerin ikisi de etkindir ve pratikte kullanılmaktadırlar. Eğer bir tutkal tekstil malzemesine yeterli derinlikte nüfuz etmiş ve yeterli miktarda sertleşme meydana gelmişse, yapışma direncinin tekstil malzemesinin kendi direncinden daha yüksek olacağı ifade edilmektedir (Vick, 1999).

Tekstil malzemelerinin yapıştırma teorisinin oluşturulmasında tekstil malzemelerinin ve yapışkanların içerik ve özellikleri, yapışma yüzeylerinin oluşum mekanizmaları ve teknik parametreleri yer almaktadırlar.

Tekstil malzemeleri (iplik, kumaş, non-dokuma ve örme kumaş) - gelişmiş iç ve dış yüzeylere sahip, kılcal gözenekli yapıya karmaşık anizotropik malzemelerdir. Metal, ahşap, plastik ve diğer katı maddeler ile karşılaştırıldığında, tekstil malzemeleri heterojen kimyasal bileşime sahipler.

Malzemelerde farklı kimyasal yapıya sahip iplik ve elyaf sayısı büyük ölçülerde değişiklik gösterirler. Örneğin karışımlardan büküm yöntemiyle üretilen ipliklerde hafif elyaflar ipliğin yüzeyine itildiklerinden

ipliğin iç kısmı ve yüzeyinde kimyasal bileşenler farklılık gösterirler. Bu da tekstil yüzeylerini oluşturan kimyasal bileşenleri için kesin bilgilerin elde edilmesini zorlaştırır.

Şimdiye kadar, yapıştırıcı madde ve yapıştırılan yüzeyler arasındaki kuvvetlerin tekstil malzemelerin yapıştırılmasında yapışma mekanizmasına ve doğa kuvvetlerinin gösterdiği etkiye dair tek bir açıklama verilmemektedir (Kuzmichev, 2000). Gözenekli malzemelerin, özellikle kumaşların, yapıştırılmasında mekanik tutunma önemli yer almaktadır. Aynı zamanda adsorpsiyon, elektriksel, reolojik, termodinamik ve adezyonun difüzyon teorileri ile açıklanabilir adezyon karşıya çıkmaktadır.

Binin üzerinde kimyasallardan elde edilen boya ve terbiye maddeleri kumaş yüzeylerinin % 12'ne varan kısımlarını kaplamaktadırlar. Tutkallarla aktif birleşmeler yapabilen veya uyum sağlamayan bu kimyasallar yapıştırma işlemini ciddi şekilde etkilemektedir.

Tekstil malzemelerinin bir başka özelliği malzemelerin içerisinde hava ile dolmuş boşlukların varlığıdır. Hacimsel olarak hava kumaşın 1/5-1/4'nü oluşturur. Boşlukların varlığı yapıştırma alanının artmasına getirdiğinden teorik açıdan bu yapıştırma gücünün artmasına getirmelidir. Ancak sıvı yapışkanla görüşen hava boşlukları yapıştırma kalitesini düşüre de biler.

Tekstil malzeme yüzeylerinin yüzey pürüzlülüğü çok etkili olduğundan adezyon temaslarında reoloji proseslerin gerçekleşmesini zorlaştırır ve sonuç olarak yapıştırma işleminin incelenmesinde reoloji teorisinin kullanılmasını imkansız kılar.

Tekstil malzemelerinin yapıştırılmasında kullanılan tutkalların temel özelliği onların düşük adezyon etkinliğine sahip olmalarıdır. Yapıştırmada kullanılan polietilen, poliamid ve akrilik tutkallar ile elyaf polimer grupları

(örneğin, selüloz elyaflar) arasında farklı moleküller arası bağlantıların oluşması mümkündür. Tekstil malzemeleri ile yapışkanlar arasında bağ oluşmasını sağlamak için işlem büyük basınç ortamında gerçekleştirilebilir.

Böylece tekstil malzemelerinin özelliklerini göz önünde bulundurarak yüzeylerde yapıştırıcı etkileşimini açıklığa kavuşturmak çok zor bir işlemdir ve bu problemin çözümü tekstil malzemelerine has özelliklerinin tamamının ele alınması ile çözülebilir.

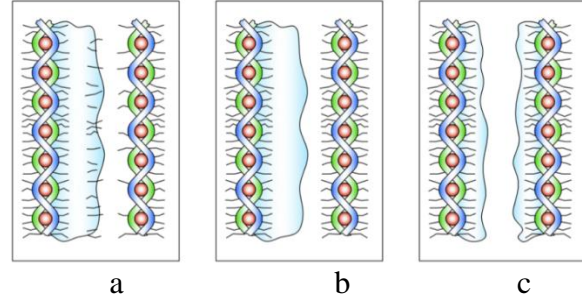
Tekstil malzemeleri yapıştırma teorisi geometri yapısından dolayı mekanik yapıştırma teorisi baz alınarak geliştirildi. Teoride malzemelerin temel adezyon özellik göstergesi olarak kumaşların tüylülüğü ön sırada yer aldı.

Teorinin ana ön kabulünü şu şekilde ifade edebiliriz: malzemenin tüylülüğü yüksek oldukça yapıştırıcı malzeme ile oluşturduğu temas alanı büyüdüğünden yapıştırma gücü ve aynı zaman dayanıklılığın artması için iyi ortam oluşmuş olacaktır.

Koparma yükü etkisinden yapışkan bağlantılarının tahrip süreci sırası ile önce yapışkan katının ve tekstil malzemesi bileşenlerinin şekil değiştirmesi, daha sonra kayma, uzama ve sonunda kopma olarak gerçekleşiyor. Dış koparma yükü aşağıdakilere yol açabilir:

1. Kopma yüzeylerin birinden tüylerin de kopması ile gerçekleşir (Şekil 8a);
2. Kopma yüzeylerin birinden tüylerin yapıştırıcıdan ayrılması ile gerçekleşir (Şekil 8b);
3. Kopma orta katta tüyler tahrip olmadan gerçekleşir (Şekil 8c).

Kopma olasılıklarının deneysel araştırma sonuçları yapışkan bağlantısında kopmanın genelde tüylerin ve yüzeyde yerleşen ipliklerin kopması ile gerçekleştiğini ortaya koymaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Tekstil malzemesi yapışkan bağlantısının tahribi: a- liflerin kopması ile; b-lifler kopmadan; c - yapışkan katında kopma (Kuzmichev, 2005)

Oluşturulan teorinin ikinci ön kabulü şu şekilde özetlenebilir: tekstil malzemesini oluşturan liflerin dayanıklılığı arttıkça yapışkan bağlantısının dayanıklılığı da yüksek olacaktır. Bağlantının dayanıklılığı iki parametreye: tutkalın temas alanının toplamı ve tutkal ile temasta bulunan yüzeydeki tüy örtüsünün kopma dayanıklılığına bağlıdır.

Böylelikle tekstil malzemesinin tüylülüğü ve liflerin teknik parametreleri (en kesit alanı ve kopma direnci) yapıştırma dayanıklılığının belirleyici faktörleridir ve tekstil malzemesinin adezyon dayanımı aşağıdaki parametrelerle belirlenmiş olacaktır:

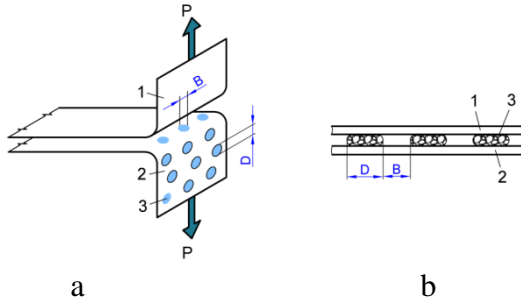
1. Yapışkanın tekstil malzemesi ile adezyon temasının toplam alanı;
2. Tekstil malzemesi yüzeyini kaplayan tüy örtüsünün kopma kuvveti.

Şekil 9'da tekstil malzemelerinin yapışkan bağlantılarında teorik dayanımın hesaplanmasının nasıl gerçekleştirileceğini açıklamaktadır.

Yapışkan bağlantısını oluşturan kumaşların n sayıda elyaf ve iplikten oluşmuş olduğunu var sayalım. Onda 1m'ye eşit kopma doğrultusunda kumaştan dışarıya çıkan elyaf uçlarının oluşturduğu adezyon temas alanının bir kısmı

$$S_b = 0.25kB\pi^2 d^3 \sum_{i=1}^n D_i / [(d+b)n] \quad (1.16)$$

denklemler ile, toplam alan ise



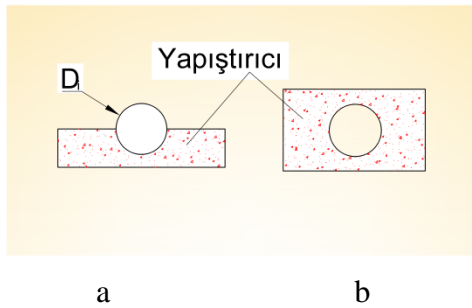
Şekil 9. Yapışkan bağlantıların dayanımının hesap şeması: a – ayrılma şeması; b – yapışkanın katmanlar arasında dağılımı; 1 ve 2 – tekstil malzemesi; 3 – yapışkan (Kuzmichev, 2005)

$$S = \frac{0.25\pi d^2}{d+b} \left(1 + \frac{k\pi B d}{100} \sum_{i=1}^n p_i D_i \right) \quad (1.17)$$

denklemden bulunabilir.

Tekstil malzemelerinin adezyon bağlantılarının oluşmasında şu durumlar ortaya çıkar (Şekil 10):

1. elyaflar yapışkana kısmen daldırılmışlar ve $k < 1$ (Şekil 10a);
2. elyaflar yapışkana tam olarak daldırılmışlar ve $k=1$ (Şekil 10b);
3. elyaflar yapışkana daldırılmamışlar ve $k=0$.



Şekil 10. Çapı D_i 'ye eşit elyafların yapışkanla temas şekilleri: a- elyaf yapışkana kısmen dalmıştır; b- elyaf yapışkana tam olarak dalmıştır (Kuzmichev, 2005)

Yaygın yapışkan türleri için k 'nın matematik modelleme metodu kullanılarak bulunmuş değerleri: düşük basınçlı polietilen

yapışkanlar için $k = 0.5$; poliamid yapışkanlar için $k = (0.7-1.0)$ (Kuzmichev, 2005).

Adezyon bağlantılarının ayrılma dayanımını ifade eden teorik bağlantı denklemleri

$$P_{teor.} = \frac{0.25\pi d^2 B}{100(d+b)} \sum_{i=1}^n p_i P_i \quad (1.18)$$

şeklinde yazılabilir.

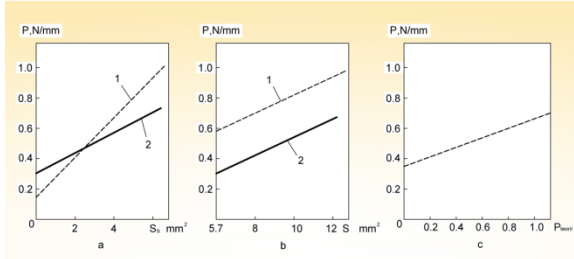
Denklemlerde: n – tekstil malzemesini oluşturan elyaf ve ipliklerin sayısı, p_i – i elyafların malzemede oranı, % ile; P_i – i elyafların kopma kuvveti, sN; B – yapışkan bağlantısının kopma doğrusu boyunca tekstil malzemesinin hav göstergesi, 1cm^2 'deki hav ipliği sayısı; D – i ipliğinin çapı, cm; d – yapışkan taneciklerinin çapı, cm; b – yapışkan tanecikleri arası uzaklık, cm; k – kumaş yüzeyinden dışarıya çıkan elyafların erimiş yapışkana nüfus etmesini karakterize eden katsayıdır.

Denklemden görüldüğü gibi hav örtüsü ve elyafların temel göstergeleri (çapı ve kopma kuvveti) tekstil malzemesinin adezyon teması ve kopmasının belirleyici parametreleridir.

Denklemin doğruluğunu ortaya koymak amacıyla teorik ve deneysel çalışmalardan elde edilmiş değerler karşılaştırılmalı analize tabi tutuldu. Şekil 11'de doğal (pamuk), yapay (viskoz, asetat), ve kimyasal (polyester) elyaflar içeren kumaşların teorik ve deneysel değerler arasında bağımlılıkları diyagramlar şeklinde verilmiştir. Araştırmada kullanılan kumaşın özellikleri: hav sıklığı $B = 1\text{cm}^2$ 2334 hav ipliği; elyaf çapları $D = (16 - 40)$ 10-4cm; elyafların kopma kuvveti $P = 4.3-15.3$ sN.

Kumaş yüzeyine çıkan elyaf uçlarının yapışkanla temas alanlarının artması bir kural olarak yapışkan bağlantılarının dayanımını artırmaktadır. Bağlantıda toplam adezyon alanının (S) %(30-60)'nı elyaf uçlarının yapışkanla temas alanı (S_b) oluşturur.

Diyagramların analizini şöyle özetlemek mümkündür: elyaf uçlarının oluşturduğu yapışma alanı sıfırdan 6 mm^2 değere vardığında ayrılma kuvvetinin teorik değeri beş kez artarak 0.18 N/mm 'den 1 N/mm 'ye, deneysel değeri ise 2.3 kez artarak 0.3 N/mm 'den 0.7 N/mm 'ye yükselmiştir. Deneysel değerlerin teorik değerlere göre az artım göstermesi yapışma alanı büyüdükçe yapışkanın alanın tamamına nüfuz etmemesinden kaynaklanır. Ayrılma kuvvetinin toplam yapışma alanından bağımlılığı teorik ve deneysel değerler için benzerlik göstermektedir. Buda elyaf uçlarının yapıştırma alanının $\%$ (30-60)'ını oluşturmasının sonucu olarak yorumlanabilir.



Şekil 11. Ayrılma kuvvetinin teorik ve deney değerlerinin karşılaştırılması: a- kuvvetlerin elyaf uçlarının oluşturduğu adezyon temas alanından bağımlılığı; b- kuvvetlerin yapışkanın tekstil malzemesi ile oluşturduğu toplam adezyon temas alanından bağımlılığı; c- teorik ve deney kuvvetlerinin bir-birinden bağımlılığı; 1- teorik kuvvetler; 2- deney kuvvetleri (Kuzmichev, 2005)

Öngörülen dayanımda göreceli (nispi) hatanın deneysel ve teorik değerler arasında $\%30$ 'u geçmediği görülmektedir. Bu hatanın temelinde terbiye sonucu yapışkanla tekstil malzemesi arasında var olan kimyasallar ve boya malzemeleridir.

Terbiye işlemlerinde içeriği yapışkan malzemesine yakın polimerler kullanıldığında gerçek dayanımın teorik değerlerinin üzerinde olması mümkündür.

P_t ve P_d arasında sağlam bir bağlantının olması tekstil malzemesi ile yapışkan

arasında özel bir yapıştırma mekanizmasının varlığına işaret etmektedir. Bağlantının dayanımı elyaf ve ipliklerin kopma direnci ile uçların kumaştan çıkarılması için gerekli kuvvetten asıldır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tekstil malzemelerinin birleştirilmesinde iğne işlemleri ile karşılaştırıldığında yapışkan yönteminin uygulanması iş verimliliğini artırır, sızdırmazlık sağlar, kaymada yüksek ve yapışkanın ayrılmasında düşük direnç sağlar. Yapıştırma tekniğinde parçalar konturdan ya da geniş alanlardan paralel veya paralel-ardışık bağlantı yapabilmekte ve mekanizasyon ve otomasyon için geniş olanaklar sağlamaktadır.

Yapıştırma işleminin araştırılması ve incelenmesi sırasında farklı: mekanik; adsorpsiyon; elektrostatik; reolojik; difüzyon ve kimyasal bağ teorileri oluşturulmuştur. Bu teorilerin analizi yapıştırma işleminin son derece karmaşık bir proses olduğunu ve tek bir model veya teori ile tanımlanamayacağını gösterir.

Tekstil malzemelerinin yapıştırma teorisinin oluşturulmasında tekstil malzemelerinin ve yapışkanların içerik ve özellikleri, yapışma yüzeylerinin oluşum mekanizmaları ve teknik parametreleri yer almaktadırlar.

Tekstil malzemeleri yapıştırma teorisi geometri yapısından dolayı mekanik yapıştırma teorisi baz alınarak geliştirildi. Teoride malzemelerin temel adezyon özellik göstergesi olarak kumaşların tüylülüğü ön sırada yer aldı.

4. TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonunca kabul edilen 3112-D-1-12 numaralı araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Babarina, E.E. 2003. Sovershenstvovanie tehnologii klevogo soedinenija / E.E. Barabina, V.V. Veselov // Izv. Vuzov. Tehnologija tekstilnoj prom-sti. №1. 86-88s.
- Carpenter, M.V. 1999. Characterizing The Chemistry of Yellow-Poplar Surfaces Exposed to Different Surface Energy Environments Using DCA, DSC and XPS, Master Thesis, West.
- Clearfield, H. M., McNamara, D. K., and Davis, G. D. 1991. Adherend surface preparation for structural adhesive bonding, in: Adhesive Bonding (L. H. Lee, ed.), Plenum Press, New York.
- Deryagin, B.V. 1948. Fizika i khimiya poverkhnostey, 35 (6)
- Gagliano, J.M. 2001. An Improved Method for The Fracture Cleavage Testing of Adhesively-Bonded Wood Master Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Gent, A.N., Hamed, G.R. 1983. Fundamentals of Adhesion, Adhesive Bonding of Wood and Other Structural Materials, Pennsylvania State Uni., University Park, P.A., Chapter 1 and 2.
- Green, D.W., Winandy, J.E., Kretschmann, D.E. 1999. Mechanical Properties of Wood, in Wood Handbook-Wood as An Engineering Material, Forest Products Society, pp. 41-45.
- Guskina, N.Y. 2005. Issledovanie vlijaniya SVCh JeMP na prochnost' klevogo soedinenija polimernyh voloknistyh materialov / N.E. Guskina, V.I. Besshaposhnikova, S.G. Kalganova, I.G. Polushenko, E.V Zhilina // Vestnik SGTU.- № 2(10).- S.39-43.
- Kisljakova, L.P. 1993. Vlijanie sostava appreta na prochnost'kleevyh soedinenij / Kisljakova, L.P., Kuzmichev, V.E., Veselov, V.V. // Tekstilnaja prom-st. №6. 40-41s.
- Klein, J. 1979. The Self-diffusion of Polymers, Contemporary Physics, 20(6), pp. 611-629.
- Kuzmichev, V.E. 1995. Teoreticheskoe obosnovaniye i razrabotka protsessov skleivaniya tekstilnikh materialov. Ivanovo.
- Kuzmichev, V.E. 2000. Razrabotka upravlyaemoj tehnologii skleivaniya detalej odezhdy / Aktualnye problemy nauki, tehniki i jekonomiki legkoj promyshlennosti: Tez. dokl. nauch.-tehn. konf., 18-20 sent., 170s. Moskva.
- Kuzmichev, V.E. 2005. Teorija i praktika processov skleivaniya detalej odezhdy / Izdatelskij centr «Akademija», 256s.
- Lee, L.H. 1991. Adhesive Bonding, Plenum Press, p. 19. New York.
- Meteljova, O.V. 2008. Soedinenie materialov s raznorodnymi svojstvami / Meteljova, O.V., Surikova, M.V. // Shvejnjaja prom-st. №6. 7s.
- Miller, J. D. and Ishida, H. 1991. Adhesive-Adherend Interface and Inter-phase through silane coupling agents, in Fundamentals of Adhesion (Lee, L. H., ed.), Plenum Press, New York.
- Movsiyana, G.V. 1980. Spravochnik po kleyam [Tekst] / Izdatelstvo 'Khimiya', Leningrad, 304 p. 295-296 pp.
- Nikulicheva, I.G. 2000. Prognoziruemyj podbor dobavok na stadii razrabotki receptury - zalog uspeha proizvoditelja / Nikulicheva, I.G., Prohorov, V.T. // Aktual'nye problemy nauki, tehniki i jekonomiki legkoj prom-sti: Tez. Dokl. Mezhdunar. nauchn.-tehn. konf., , 19-21 apr., 278s. Moskva.
- Pizzi, A.A. 1992. Brief, Non-mathematical

- Review of Adhesion Theories as Regards Their Applicability to Wood, *Holzforchung und Holzverwertung*, pp. 6-10.
- Pizzi, A.A. 1994. Brief Nonmathematical Review of Adhesion Theories as Applicable to Wood, *Advanced Wood Adhesive Technology*, Chapter 1, Marcel Dekker, Inc.
- Plueddemann, E. P. 1991. Adhesion through silane coupling agents, in *Fundamentals of Adhesion* (L. H. Lee, ed.), Plenum Press, New York.
- Polushenko, I.G. 2003. Fiziko-himicheskie osnovy tehnologii kleevykh sopoliamidov dlja legkoj promyshlennosti. Diss. kand. tehn. nauk: 05.17.06. i 05.19.01., 156s. Saratov.
- Possart, W. 1988. Experimental and Theoretical Description of the Electrostatic Component of Adhesion at Polymer Metal Contacts, *Int. J. Adhes. Adhes.* 8, pp. 77-83.
- Safonov, V.V. 2002. Sovremennye napravlenija v himicheskoy tehnologii tekstil'nyh materialov // *Tekstil'naja prom-st.* №5. 39-42s.
- Sidorova, E.A. 1999. Priroda i svoystva kleevykh veshhestv, ispolzuemykh v shvejnom proizvodstve / E.A. Sidorova, L.A. Osipenko, A.A. Tartanov // *Izv. VUZov. Sev.-Kavk. region. Tehn. nauki.* №3. 107-108s.
- Subramanian, R.V. 1984. Chemistry of Adhesion, *The Chemistry of solid Wood*, Chapter 9, ACS Advances in Chemistry Series 207, R.Rowel, ed. American Chemical Society, Washington, D.C.
- Tager, A.A. 2007. Fiziko-himija polimerov. Izdanie 4-e, pererab. i dop. M.: Nauchnyj mir, 576s.
- Timofeeva, M.J. 2002. Zakonomernosti adgezii mnogokomponentnyh sistem k voloknistym substratam / Timofeeva, M.J., Dolmatov, M.J. // *Plast, massy.* №2, 4-7s.
- Vakula, V.L. 1984. Fizicheskaja himija adgezii polimerov / V.L. Vakula, L.M. Pritykin. M.: Himija, 224 s.
- Vasenin, R.M. 1961. The sticking pressure in the diffusion theory of adhesion to polymers, *Vys. Soed.* 3, 5, *Rapra Translation* 1010 by R Moseley, pp. 679-685.
- Veselov, V.V, 1999. Himizacija tehnologicheskikh processov shvejnyh predpriyatij / V.V. Veselov, G.V. Kolotilova. IGTA, 424s. Ivanovo.
- Vick, C.B. 1999. Adhesive Bonding of Wood Materials, in: *Wood Handbook-Wood as An Engineering Material*, Chapter 9, FPL-GTR-113, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Voyutski, S.S. 1963. Autohesion and adhesion of high polymers, Interscience, New York.
- web.itu.edu.tr/~ozcanm/kim/kimiyasal%20bag.pdf (03.05.2014)
- Zhilina, E.V. 2005. Nauchnye osnovy tehnologii kompozicionnyh tekstil'nyh materialov i shvejnyh izdelij na osnove akrilovykh sopolimerov Diss. kand. tehn. nauk: 15.17.06. i 15.19.04, 167s. Saratov.
- Zimon, A.D. 1983. Chto takoe adgezija. M.: Nauka, 176s.