



Jakarlı Numune Dokuma Makinesi Tasarımı, Prototip İmalatı ve Güvenlik Analizi

Müslüm KAPLAN ^{1,a}, Nihat ÇELİK ^{2,b}

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bartın

²Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana

^aORCID: 0000-0002-8410-4688; ^bORCID: 0000-0001-6782-9698

Makale Bilgileri

Geliş : 23.01.2025

Kabul : 24.05.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1625802

Sorumlu Yazar

Müslüm KAPLAN

mkaplan@bartin.edu.tr

Anahtar Kelimeler

Jakarlı dokuma

Numune dokuma makinesi

Elektronik jakar sistemi

Prototip tasarım

Makine güvenliği

Atıf şekli: KAPLAN, M., ÇELİK, N., (2025). Jakarlı Numune Dokuma Makinesi Tasarımı, Prototip İmalatı ve Güvenlik Analizi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 40(2), 347-360.

ÖZ

Bu çalışmada, tekstil endüstrisinin Ar-Ge ihtiyaçları ve eğitim kurumlarının uygulamalı eğitim gereksinimleri için elektronik jakarlı numune dokuma makinesi tasarlanmış ve prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. 192 kancalı elektronik jakar modülleri kullanılan prototipte, her kancaya 5 harniş bağlanarak maksimum 67,5 cm dokuma eni elde edilmiştir. Makine tasarımında TS EN ISO 12100:2010 standardı kapsamında kapsamlı risk değerlendirmesi yapılmış, mekanik ve elektronik güvenlik önlemleri alınmıştır. Geliştirilen prototip, yurtdışı menşeli benzer makinelerle göre düşük maliyet avantajı sunarken, 785W elektrik tüketimi ile ekonomik işletme koşulları sağlamaktadır. Sistem tasarımı, kanca sayısının ve dokuma eninin müşteri taleplerine göre modifiye edilebilmesine imkan vermektedir. Ticarileşebilir nitelikte olan prototip, tekstil endüstrisinin Ar-Ge çalışmalarına ve eğitim kurumlarının uygulamalı eğitimlerine katkı sağlayabilecek özelliğindedir.

Design, Prototype Manufacturing, and Safety Analysis of Jacquard Sampling Loom

Article Info

Received : 23.01.2025

Accepted : 24.05.2025

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1625802

Corresponding Author

Müslüm KAPLAN

mkaplan@bartin.edu.tr

Keywords

Jacquard weaving

Sampling loom

Electronic jacquard system

Prototype design

Machine safety

How to cite: KAPLAN, M., ÇELİK, N., (2025). Design, Prototype Manufacturing, and Safety Analysis of Jacquard Sampling Loom. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 40(2), 347-360.

ABSTRACT

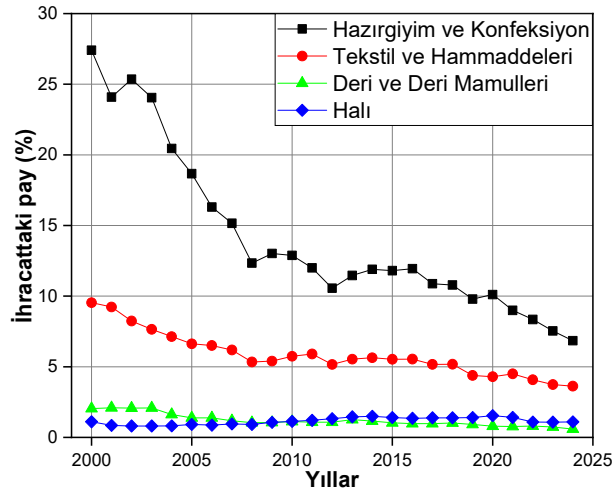
In this study, an electronic jacquard sampling loom was designed and manufactured to meet the R&D needs of the textile industry and the practical training requirements of educational institutions. The prototype, utilizing 192-hook electronic jacquard modules with 5 harnesses per hook, achieves a maximum weaving width of 67.5 cm. The machine design incorporates comprehensive risk assessment according to TS EN ISO 12100:2010 standard, implementing mechanical and electronic safety measures. The developed prototype offers cost advantages compared to similar foreign machines while providing economical operating conditions with 785W power consumption. The system design allows changing hook numbers and weaving width according to customer demands. The commercialized prototype features capabilities to contribute to the textile industry's R&D activities and practical training in educational institutions.

1. GİRİŞ

Dokuma işlemi, çözgü ve atkı ipliklerinin belirli bir düzen içerisinde birbirlerinin altından ve üstünden bağlantı yapması ile gerçekleşmektedir. Dokuma makinelerinde ağızlık açma sistemi, kamlı, armürlü ve jakarlı olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Çerçevesi sistemlerde gücü telleri gruplar halinde çerçevelere bağlıyken, jakarlı dokuma makinelerinde gücü telleri tek tek harnişlere bağlıdır. Çerçevesi dokuma makinelerinde desenlendirme imkanı çerçeve sayısı ile kısıtlanmışken jakarlı sistemlerde her çözgü ipliğinin iniş-kalkışlarının tek tek kontrol edilebilmesi, neredeyse sınırsız bir desenlendirme imkanı sağlamaktadır [1,2].

Tekstil sektöründe artan rekabet koşulları, işletmelerin müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilmesini her zamankinden daha önemli hale getirmiştir. İşletmelerin dokuma kumaş üretimine geçmeden önce gerçekleştirdiği Ar-Ge ve Ür-Ge faaliyetlerini endüstriyel dokuma makinelerinde yürütmesi oldukça güçtür. Türk tekstil ve hazır giyim sektörünün toplam ihracattaki payı yıllar içinde görece olarak azalma gösterirken (Şekil 1), sektörün makine ve teknoloji ihtiyacı sürekli artış göstermektedir.

Türkiye'nin toplam ihracatı içinde tekstil sektörünün payı incelendiğinde, hazır giyim ve konfeksiyon ihracatının 2000 yılında %27'lerden 2023 yılında %7'lere, tekstil ve hammaddeleri ihracatının ise %9'lardan %4'lere gerilediği görülmektedir (Şekil 1). Bu düşüş, sektörün ihracat hacmindeki artışa rağmen, diğer sektörlerin (otomotiv, elektronik vb.) ihracattaki paylarının daha hızlı büyümesinden kaynaklanmaktadır [3]. Ancak tekstil ve hazır giyim sektörleri birlikte düşünüldüğünde, halen istihdam ve dış ticaret bakımından en fazla katkıyı yapan ve en fazla dış ticaret fazlası veren sektörlerdir.

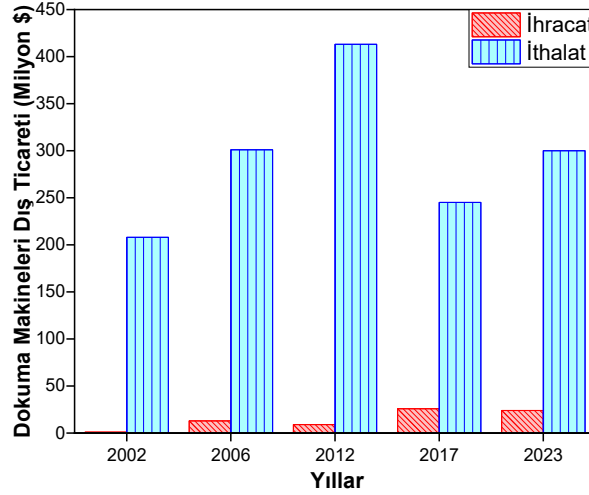


Şekil 1. Yıllara göre tekstil, hazır giyim, deri ve halı sektörlerinin ihracat performansı (Türkiye İhracatçıları Meclisi verileri kullanılmıştır).

Sektördeki dışa bağımlılığın en belirgin göstergelerinden biri dokuma makineleri dış ticaretidir [4]. Şekil 2'de görüldüğü üzere, dokuma makineleri ithalatı 2012 yılında 400 milyon doları aşmış, 2023 yılında ise 300 milyon dolar seviyesinde gerçekleşmiştir. Buna karşılık ihracat rakamları 25-30 milyon dolar bandında kalmış olup, bu ihracatın önemli bir bölümü ikinci el dokuma makinelerinin Orta Doğu ve Afrika ülkelerine satışından oluşmaktadır. İthalat ve ihracat arasındaki bu büyük fark, dokuma makineleri alanında yerli üretim kapasitesinin geliştirilmesi ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır.

Bu ihtiyaca cevap vermek amacıyla yapılan çalışmalardan birinde, Ala ve Çelik [5] mekanik armürlü ve manuel kullanımlı Gülşen numune dokuma tezgahlarını, bilgisayar kontrollü elektro-pnömatik ağızlık açma mekanizmalı olarak yeniden tasarlamış ve prototip imalatını gerçekleştirmiştir. Çalışma kapsamında ayrıca makinenin ağızlık açma fonksiyonlarını yönetebilen bir CAD-CAM programı geliştirilmiştir ve numune dokuma tezgahı için özel bir desen tasarım yazılımı oluşturulmuştur [6]. Geliştirilen numune dokuma tezgahının üretim ve desenlendirme kabiliyetinin değerlendirilmesi amacıyla farklı örgü tiplerinde ve atkı iplik numaralarında numune kumaş üretimleri gerçekleştirilmiş ve üretilen numunelerin dokuma süreleri ile yapısal özellikleri incelenmiştir [7]. Aynı araştırma ekibi tarafından yürütülen ardışık çalışmalarda

sistemin çeşitli yönleri geliştirilerek kapsamlı bir proje haline getirilmiştir. Prototip numune dokuma makinesinin geliştirilmesi aşamasında, ağızlık açma mekanizması için farklı alternatifler (elektromanyetik çubuk-giyotin mekanizması, elektromanyetik itici selenoidler ve servo motor) değerlendirilmiş, nihai tasarımda elektro-pnömatik silindirler tercih edilmiştir [8]. Bu silindirler için gerekli elektrik-elektronik kontrol sistemi, önce PLC tabanlı olarak tasarlanmış, daha sonra doğrudan kontrol için mikrodenetleyici elektronik kart geliştirilmiştir [9]. Bu sistemin ağızlık geometrisine yönelik kapsamlı çalışmalar ve optimizasyonlar da literatürde yer almaktadır [10]. Son olarak, makinenin desen tasarımı ve kontrol yazılımı üzerine çalışmalar geliştirilerek, yerli ve yabancı dokuma makinelerinde kullanılabilecek yazılımlar oluşturulmuştur [11]. Bu sistematik çalışmalar serisi, yerli çerçeveli numune dokuma makinelerinin geliştirilmesi ve tekstil sektörünün dış bağımlılığının azaltılması yönünde önemli adımlar olarak değerlendirilebilir.



Şekil 2. Türkiye'nin yıllara göre dokuma makineleri dış ticaret değerleri (Tekstil Makina ve Aksesuar Sanayicileri Derneği verileri kullanılmıştır).

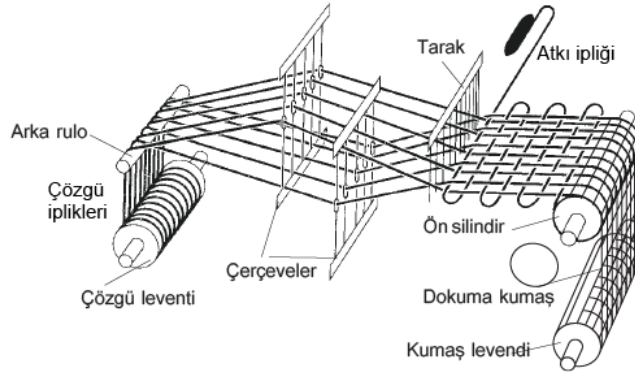
Dokuma kumaş yapılarının kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Özellikle son yıllarda görünüş ve estetik amaçlı kullanımların yanı sıra teknik amaçlı dokuma kumaşların geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi çalışmaları hız kazanmıştır [12,13]. Jakar teknolojisi, sağladığı desenlendirme imkanı nedeniyle bu alanda özel bir konuma sahiptir. Ancak endüstriyel jakarlı dokuma makinelerinin yüksek maliyetleri ve geniş alan gereksinimleri, hem işletmelerin Ar-Ge faaliyetlerini hem de eğitim kurumlarının bu makinelerden faydalanabilmesini kısıtlamaktadır [14].

Bu çalışmada, elektronik jakarlı numune dokuma makinesinin tasarımı, prototip imalatı ve güvenlik analizi üzerine sistematik bir yaklaşım sunulmaktadır. Geliştirilen prototip, 192 kancalı ve maksimum 67,5 cm dokuma enine sahiptir. Her kancaya 5 harniş bağlanarak toplamda 960 çözgü ipliğinin kontrolü sağlanmıştır. Makinenin tasarım ve imalat süreçlerinde TS EN ISO 12100:2010 standardı esas alınarak kapsamlı bir risk değerlendirmesi gerçekleştirilmiş ve gerekli güvenlik önlemleri uygulanmıştır [15,16]. Prototip, geniş desenli ve karmaşık yapıdaki klasik dokuma kumaşların yanı sıra teknik amaçlı kumaşların üretiminde de kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır [17]. Makinenin tek çözgü levendi ile çalışabilmesinin yanında, birden fazla çözgü levendi kurulumu ile havlu, halı, kadife, katlı dokuma ve sandviç kumaş gibi yüksek katma değerli ürünlerin Ar-Ge çalışmalarında kullanılabilmesi hedeflenmiştir. Bu özellikleriyle geliştirilen prototip, ülkemiz tekstil endüstrisine, eğitim kurumlarına ve ekonomisine katkı sağlayabilecek niteliktedir [18].

2. JAKAR AĞIZLIK AÇMA SİSTEMLERİ VE TASARIM PRENSİPLERİ

Dokuma işlemi, çözgü ve atkı ipliklerinin kesişmesiyle oluşan tekstil yüzeylerinin üretim tekniğidir [1]. Dokuma makinesi üzerinde çözgü iplikleri çözgü levendinden beslenerek çerçevelerdeki gücü tellerinden geçirilir ve tarak yardımıyla paralel halde tutulur (Şekil 3). Atkı iplikleri çözgü ipliklerinin arasından geçirilerek kumaş oluşumu sağlanır ve üretilen kumaş kumaş levendine sarılır. Bu işlemler sırasında ağızlık

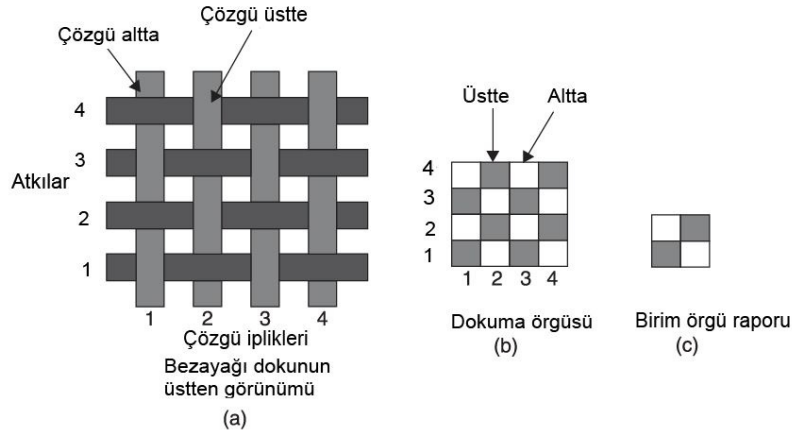
açma, atkı atma ve tefeleme olmak üzere üç temel hareket ile çözgü salma ve kumaş sarma gibi yardımcı hareketler senkronize bir şekilde gerçekleştirilir [19].



Şekil 3. Dokuma makinesinin temel elemanları ve dokuma işleminin şematik gösterimi [19]

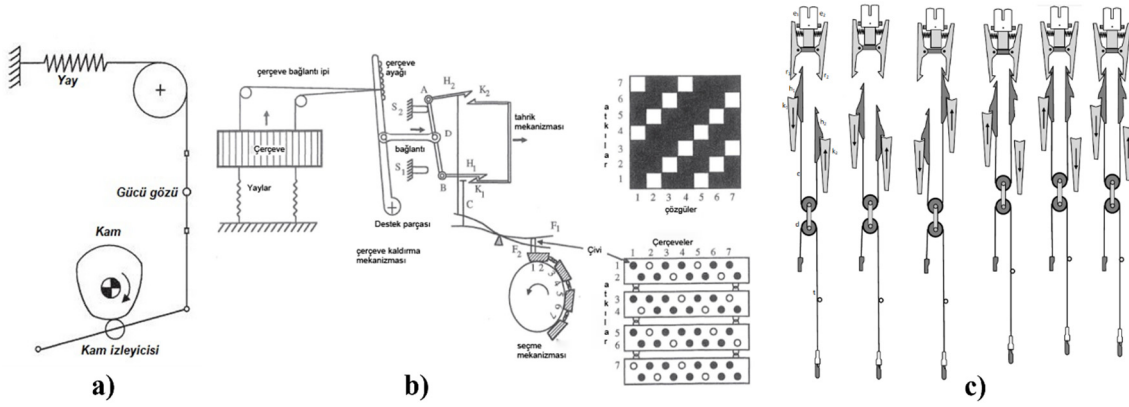
Çözgü ipliği üretim doğrultusunda uzanır ve istenilen kumaş eninde ve sıklığında dokuma işleminden önce çözgü levendine sarılır. Dokuma işlemi sırasında gücü tellerinin koordine hareketi ile çözgü tabakaları birbirinden ayrılarak ağızlık açılır ve bu ağızlıktan kumaşın eni doğrultusunda atkı iplikleri geçirilir. Her atkı atımından sonra tefeleme hareketi ile atkı ipliği kumaş çizgisine dahil edilir ve bu işlem sürekli olarak tekrarlanarak dokuma kumaş oluşturulur [1].

Dokuma kumaşlarda çözgü ve atkı iplikleri birbirleriyle sınırsız sayıda bağlantı yapabilme imkanına sahiptir. Ancak tüm dokuma örgüleri, bezayağı, dimi ve saten olarak adlandırılan üç temel örgüden türetilmektedir [19]. Bu temel örgüler basit ve az sayıda çözgü ve atkı ipliği ile oluşturulurken, bunlardan türetilen karmaşık örgüler çok sayıda çözgü ve atkı ipliği gerektiren büyük desenli tasarımlara imkan vermektedir. Şekil 4'te en basit temel örgü olan bezayağının farklı gösterim teknikleri verilmiştir. Şekil 4(a)'da kumaş kesitinde çözgü ve atkıların üstten görünümü, (b)'de desen kağıdı üzerinde örgü raporu ve (c)'de birim rapor gösterimi yer almaktadır [19,20].



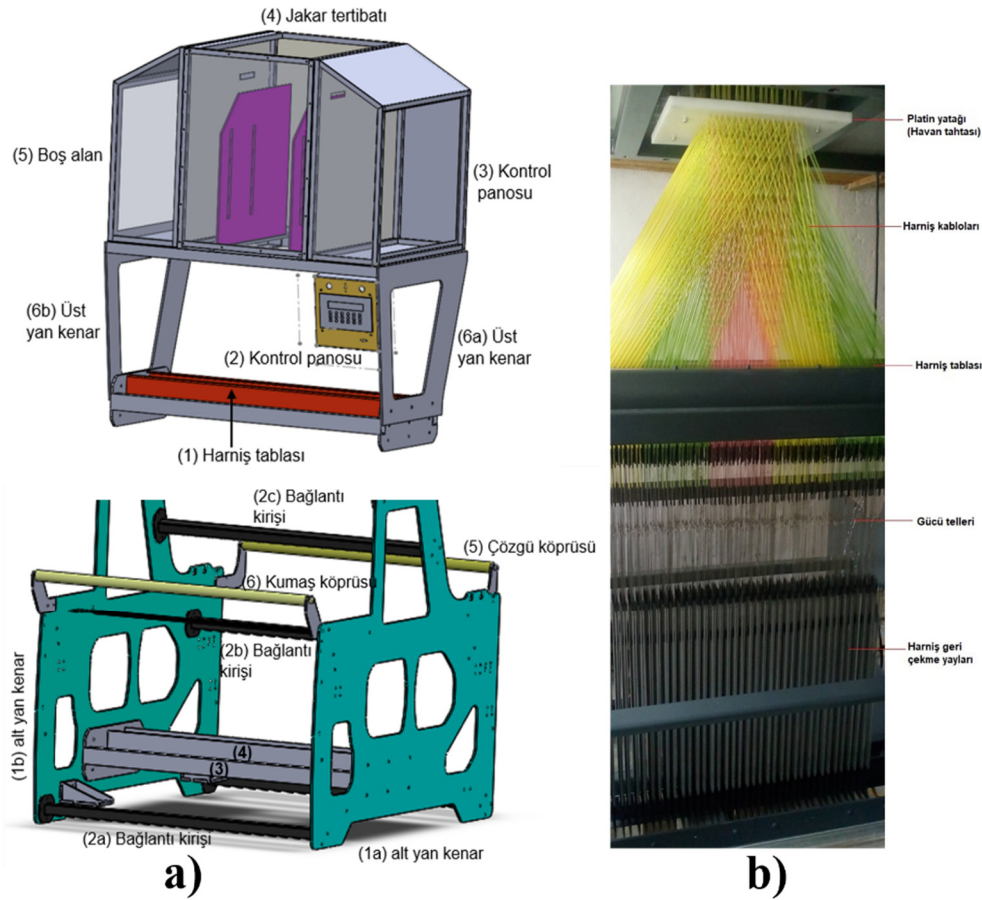
Şekil 4. Bezayağı örgünün dokuma kumaş tasarımı tekniklerine göre farklı gösterimleri: (a) kumaş kesiti (b) desen kağıdı (c) birim rapor

Ağızlık açma sistemleri dokuma makinelerindeki en kritik mekanizmalardan biridir ve kamlı, armürlü ve jakarlı olmak üzere üç temel yapıda tasarlanmaktadır (Şekil 5). Kamlı sistemlerde kam profillerine göre, armürlü sistemlerde ise mekanik veya elektronik seçicilerle çerçeve grupları kontrol edilir [20]. Her iki sistemde de çözgü iplikleri gruplar halinde çerçevelere bağlı gücü tellerinden geçirilir [19]. Jakarlı sistemler ise çözgü ipliklerinin tek tek kontrolüne imkan veren harniş mekanizması sayesinde diğer sistemlerden ayrılır. Her çözgü ipliği bağımsız bir harniş kablosuna bağlıdır ve elektronik kontrol ünitesi tarafından yönetilir. Böylece çerçevesiz sistemlerde çerçeve sayısı ile sınırlı olan desenlendirme kapasitesi, jakarlı sistemlerde neredeyse sınırsız hale gelmektedir. Bu özellik özellikle karmaşık ve büyük desenli kumaşların üretiminde jakarlı sistemleri vazgeçilmez kılmaktadır [13,19].



Şekil 5. Ağzılık açma sistemleri: (a) kamlı sistem (b) mekanik armürlü sistem (c) elektronik jakarlı sistem [1]

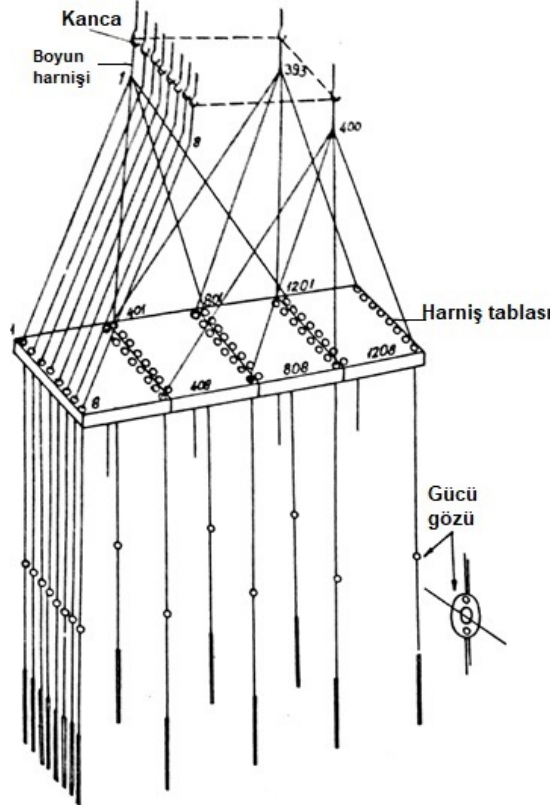
Jakar sisteminde çözgü ipliklerinin kontrolü, makine gövdesinin üzerine dikey olarak yerleştirilen jakar kulesi üzerindeki mekanizmalar vasıtasıyla gerçekleştirilir. Şekil 6'da jakar sisteminin üç boyutlu teknik çizimi ve harniş sistemi gösterilmektedir. Jakar tertibatı, elektronik kontrol panosu ve yardımcı bileşenler üst bölmede yer alırken (Şekil 6a), harniş sistemi dikey bir düzende yerleştirilmiştir (Şekil 6b). Harniş kabloları platin yatağından başlayarak harniş tablasına kadar düzenli bir şekilde uzanmakta ve gücü tellerine bağlanmaktadır [19]. Harniş geri çekme yayları, ağızlık kapandıktan sonra çözgü ipliklerinin tekrar aşağı pozisyona dönmesini sağlamaktadır.



Şekil 6. Jakar ağızlıklı dokuma makinesinin yapısı: (a) makine gövdesinin üç boyutlu teknik çizimi (b) ağızlık kontrolünde kullanılan harniş sisteminin bileşenleri

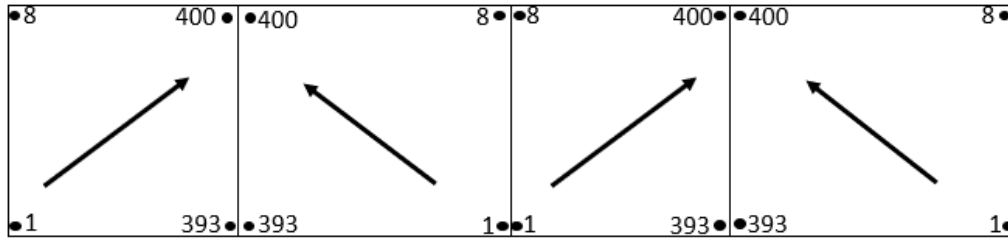
Jakar sisteminin alt ve üst gövde konstrüksiyonunda mekanik dayanım kritik önem taşımaktadır (Şekil 6a). Alt gövdede çözgü köprüsü ve kumaş köprüsü, üst gövdede ise harniş tablası ve jakar tertibatının montajı sistemin rijitliğini ve çalışma performansını doğrudan etkilemektedir.

Jakarlı dokuma makinelerinde desenlendirme kapasitesi, jakar tertibatı tarafından kontrol edilebilen kanca sayısına göre belirlenmektedir. Dokunacak kumaş eni boyunca desendeki tekrar sayısı kadar harniş kablosu, her kancanın ucunda bulunan küpelere bağlanmaktadır. Harniş diziliminde düz ve simetrik olmak üzere iki temel sistem kullanılmaktadır [20].



Şekil 7. Düz dizim sisteminde kancaların ve harniş kablolarının yerleşimi: Her kancaya 4 harniş kablosu bağlanarak 4 rapor gerçekleştiren düzenleme [20]

Düz dizim sisteminde harniş kabloları düzenli olarak soldan sağa doğru sıralanırlar. Bu dizim sisteminde desen raporları yan yana aynı yönde sıralanır [20]. Şekil 7’de gösterildiği gibi, her kancaya 4 harniş kablosu bağlanarak toplam dört desen raporu elde edilebilmektedir.



Şekil 8. Simetrik dizim sisteminde desen raporlarının ayna görüntüsü prensibi: Her kancaya 4 harniş kablosu bağlanarak 4 rapor gerçekleştiren düzenleme

Simetrik dizim sistemi düz dizim sisteminin farklı bir uygulamasıdır. Bu sistemde, ilk raporun harnişleri baştan sona doğru harniş tablasından geçirilirken ikinci raporun harnişleri sondan başa doğru geçirilmektedir (Şekil 8). Bu dizim sisteminde düz dizim sisteminden farklı olarak harniş iplikleri birbirlerine yaklaşmakta ve desen raporunun kapasitesi iki katına çıkmaktadır [20].

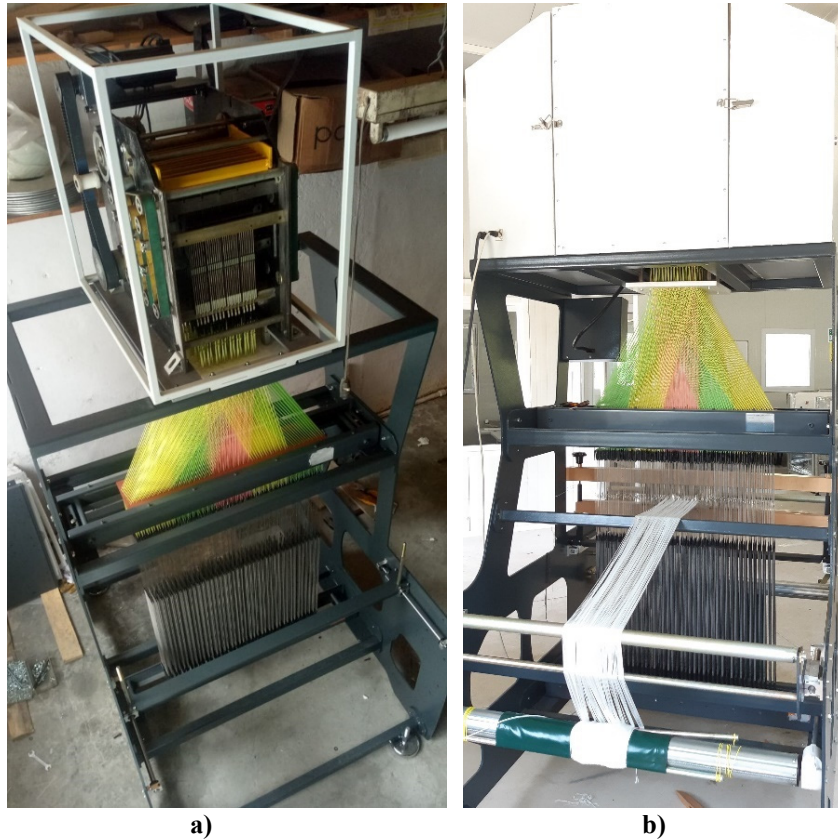
Modern elektronik jakarlı sistemlerde desen değişimi çok daha hızlı ve kolay hale gelmiştir. Jakarlı sistemin her çözgü ipliğini bağımsız kontrol edebilme özelliği, son yıllarda görünüş ve estetik amaçlı kullanımlarının yanında teknik kullanım amaçlı dokuma kumaş yapılarının geliştirilmesine de imkan sağlamıştır [12,13]. Özellikle üç boyutlu dokuma yapıların üretiminde jakar teknolojisi kritik önem taşımaktadır. Bhandari ve arkadaşları [12], jakar sistemlerinin mikro akışkan tekstil yapılarının geliştirilmesindeki rolünü incelerken, Zeng ve arkadaşları [13] T-bağlantılı üç boyutlu boru kompozit yapıların üretiminde sistemin avantajlarını göstermiştir.

Jakar teknolojisinin endüstriyel ölçekteki yüksek maliyeti ve kapladığı alan nedeniyle, özellikle Ar-Ge ve eğitim amaçlı kullanımlar için daha küçük boyutlu numune dokuma makinelerinin geliştirilmesi önem kazanmıştır. First [14], öğrencilerin jakar desen tasarım programında hazırladıkları tasarımları deneyebilmeleri için numune jakar tezgahının önemini vurgularken, Yang ve arkadaşları [18] PLC tabanlı kontrol sistemi geliştirerek numune dokuma makinelerinin otomasyonunu sağlamıştır. Ala ve Çelik [5], bilgisayar kontrollü numune dokuma makinelerinin tasarım parametrelerini analiz etmiş ve yerli bir sistem geliştirmiştir.

3. NUMUNE JAKAR DOKUMA MAKİNESİ TASARIMI VE GÜVENLİK ANALİZİ

3.1. Sistem Tasarımı ve Bileşenleri

Geliştirilen prototip numune jakarlı dokuma makinesinin aşamalı olarak montajı Şekil 9'da gösterilmektedir. İlk aşamada (Şekil 9a) jakar kulesi ve harniş sistemi monte edilmiş, ardından (Şekil 9b) tüm mekanik ve elektronik bileşenlerin montajı tamamlanmıştır. Paslanmaz çelikten imal edilen tezgah gövdesi üzerinde çözgü köprüsü, çözgü levendi, kumaş levendi, kumaş köprüsü, tefe ve tarak bulunmaktadır. Elektronik jakar ağızlık açma mekanizması ve elektrik-elektronik kontrol elemanları makine gövdesinin üzerinde konumlandırılmıştır.



Şekil 9. Prototip numune jakar dokuma makinesinin gelişim aşamaları: (a) jakar kulesi ve harniş sistemi montajı (b) tamamlanmış makine

Makinede dokuma işlemine başlamadan önce hazırlık aşamaları gerçekleştirilmektedir. Endüstriyel sistemlerden farklı olarak haşılama işlemi uygulanmamakta, sadece çözgü çözme ve taharlama işlemleri yapılmaktadır. Performans değerlendirme çalışmalarında birim desen örgüsü için 192 çözgü ipliği kullanılmış, iplikler kasnak yardımıyla 5 m uzunluğunda hazırlanmıştır (Şekil 10). Çözgü çekme işlemi tek kişi tarafından ortalama 120 dakikada tamamlanmaktadır.

Hazırlanan çözgüler belirli bir sırada gücülerden geçirilmektedir. Gücü tellerinden çözgü geçirme işlemi, çözgü levendinin bulunduğu taraftaki delikten başlayarak 12 delikli sütunlar halinde gerçekleştirilmektedir. Her desen birimi 16 sütundan oluşmakta ve gücü taharı işlemi 192 tel çözgü için iki kişiyle ortalama 5 saat sürmektedir. Çözgü iplikleri 30 numaralı taraktan (30 dış/10 cm) her dişte 4 iplik olacak şekilde geçirilmekte ve uygun gerginlikte dokuma işlemine hazır hale getirilmektedir.



Şekil 10. Çözgü hazırlama

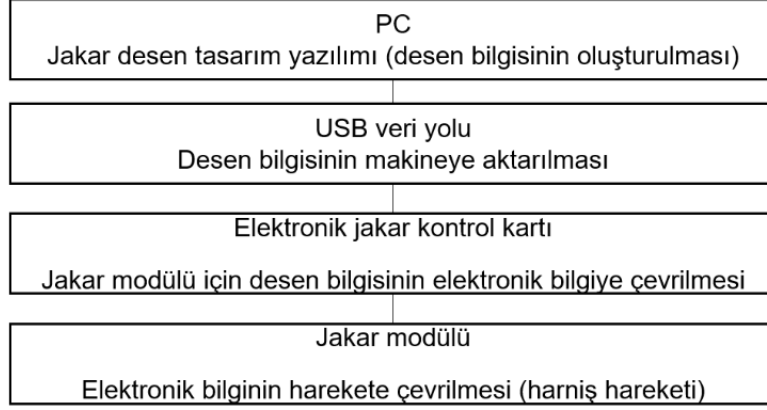
Makine gövdesinin alt kısmında dokuma işleminin temel mekanizmaları yer almaktadır. Tefe mekanizması ve tarak sistemi Şekil 11’de gösterildiği gibi kumaş oluşumu için kritik öneme sahiptir. Tefe üzerine monte edilen tarak, hem çözgü ipliklerinin paralel düzende tutulmasını sağlamakta hem de atılan atkı ipliğinin kumaş çizgisine yerleştirilmesini gerçekleştirmektedir.



Şekil 11. Dokuma tarağı ve tefe mekanizması

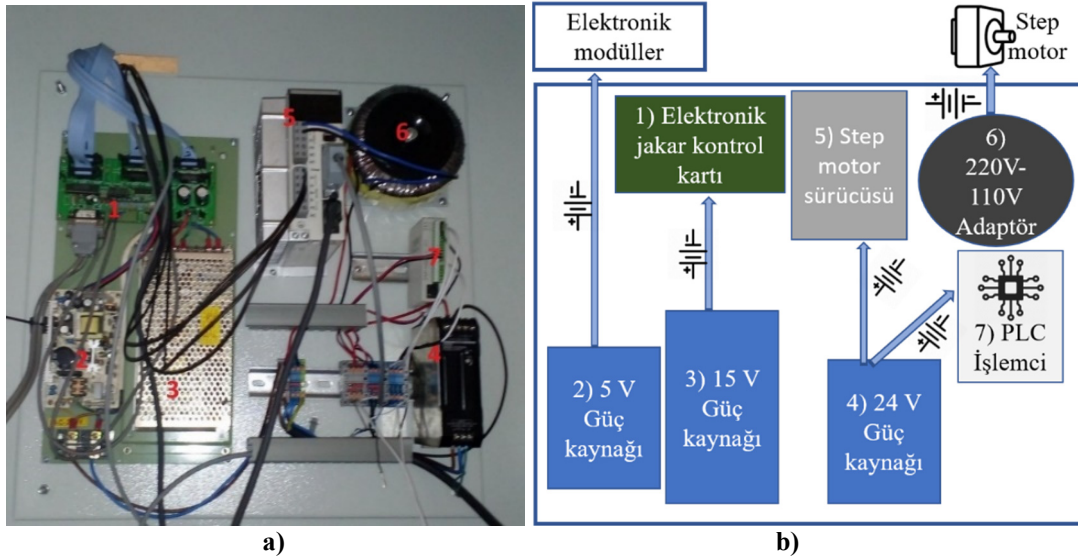
Geliştirilen prototip numune jakar dokuma makinesi mekanik ve elektronik olmak üzere iki ana sistem grubundan oluşmaktadır. Mekanik sistem jakar ağızlık açma mekanizması ile dokuma işleminin temel ve yardımcı hareketlerini gerçekleştiren ünitelerden oluşurken, elektronik sistem desen bilgisinin işlenmesi ve jakar hareketinin kontrolünü sağlayan bileşenleri içermektedir.

Elektronik kontrol sisteminin çalışma prensibi Şekil 12’de gösterilmektedir. Jakar desen tasarım yazılımından elde edilen bilgiler USB veri yolu üzerinden ana kontrol kartına gönderilmektedir. Ana kontrol kartı aldığı bu bilgileri elektronik jakar kontrol kartına iletmekte, buradan da jakar modüllerine aktarılmaktadır. Her bir modül 8 adet kancayı bağımsız olarak kontrol edebilmekte ve toplamda 192 kanca ile 960 özgü ipliğinin hareketi sağlanabilmektedir.



Şekil 12. Elektrik-elektronik kontrol sisteminin çalışma prensibi: Desen bilgisinin işlenmesi ve jakar kontrolü

Elektronik jakar kontrol panosu ve bileşenleri Şekil 13’te gösterilmektedir. Sistemin en önemli bileşeni elektronik jakar kontrol kartıdır (1). Bu kart USB veri yolu üzerinden okunan desen bilgisini jakar mekanizmalarını denetleyecek elektronik bilgi haline getirmektedir. Jakar modüllerinde bulunan elektromıknatısları beslemek için 5V’luk güç kaynağı (2), elektronik jakar kontrol kartı ve kontrol panosunun beslenmesi için 15V’luk güç kaynağı (3), step motor sürücüsü (5) ve PLC işlemci (7) için 24V’luk güç kaynağı (4) kullanılmaktadır. Step motorun beslenmesi için 220V elektriği 110V’a dönüştüren adaptör (6) panonun üzerinde sabitlenmiştir [21].

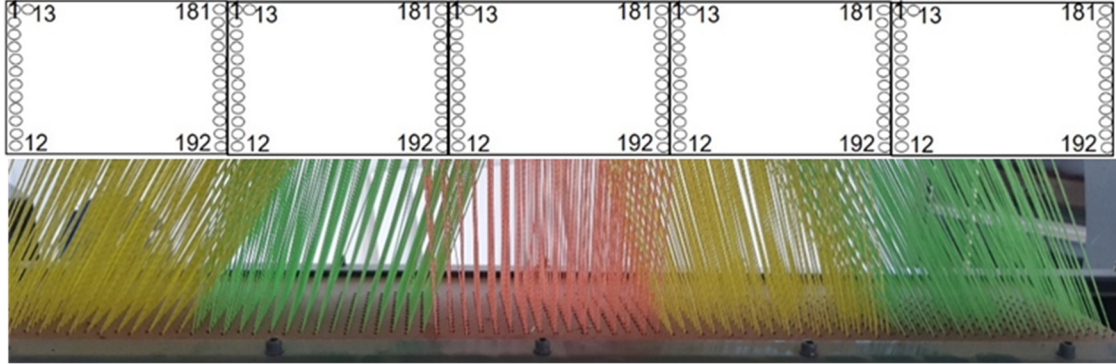


Şekil 13. Prototip elektronik jakarlı dokuma makinesinin elektrik-elektronik kontrol panosu (a) ve şematik gösterimi (b)

Jakarlı dokuma makinelerinde desenlendirme kapasitesini belirleyen parametre kontrol edilebilen kanca sayısıdır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen prototip projelendirilerek maliyetleri karşılanmıştır. Dolayısıyla kanca sayısı bütçe imkanları ölçüsünde belirlenmiştir. Geliştirilen elektronik kontrol sistemi ve diğer mekanizmalar daha yüksek kanca sayısında çalışılabilecek özelliklerde üretilmiştir. Ticarileşebilir özellikle oluşturulan prototip istenen kanca sayısına ve kumaş enine göre müşterinin talebine göre tasarlanabilmektedir.

Numune dokuma kumaş makinelerinde önemli diğer bir parametre de kumaş enidir. Her kancaya 5 harniş bağlanarak maksimum kumaş eni 67,5 cm'ye çıkarılmıştır. Konfeksiyonda model geliştirmek için genelde 55 cm üzerinde bir kumaş genişliği istendiği için minimum kumaş enini sağlamaktadır. Prototip numune dokuma makinesi temel alınarak imal edilecek makinelerde elektronik modül sayısı ve birim uzunluktaki harniş sayısı artırılarak desenlendirme kapasitesi artırılabilir ve çözgü sıklığı yüksek dokumalar gerçekleştirilebilir.

Harniş tablasında harniş kablolarının dizilimi Şekil 14'te gösterildiği gibi her bir desen biriminde 12x16 dizilime sahiptir. Tahar planının rahatlıkla gerçekleştirilebilmesi için desen birimlerinin harniş kabloları farklı renklerde çekilmiştir. Her kancaya 5 adet harniş ucu bağlanarak toplamda 960 çözgü ipliği kontrol edilebilmektedir. Bu dizilim sistemi sayesinde 67,5 cm dokuma eninde çalışabilmektedir.



Şekil 14. Harniş tablasında harniş kablolarının dizilimi: 12x16 harniş düzeni ve desen tekrarları

Geliştirilen prototip numune jakar dokuma makinesinin teknik özellikleri, yurtdışı menşeli benzer makinelerle karşılaştırmalı olarak Çizelge 1'de verilmiştir. Prototip, 192 kancalı elektronik jakar modülleri kullanılarak geliştirilmiş ve her kancaya 5 harniş bağlanarak maksimum 960 çözgü kapasitesine ulaşılmıştır. AVL Jacq3G (ABD) manuel kontrollü ve 360 kancalı bir sistem sunarken, CCI Tech Inc (Tayvan) Bonas firması (Belçika) elektronik jakar paketini kullanarak 1344 ve 2688 kancalı sistemler geliştirmiştir. Jiangyin Tongyuan (Çin) ise 1408 kancalı elektronik modüller kullanmaktadır. Prototip, 67,5 cm dokuma eninde çalışabilmekte olup, 170x117x221 cm boyutlarıyla endüstriyel uygulamalar için kompakt bir tasarım sunmaktadır [5].

Çizelge 1. Geliştirilen prototipin ve yurtdışı menşeli tezgahların makine ve tasarım parametreleri

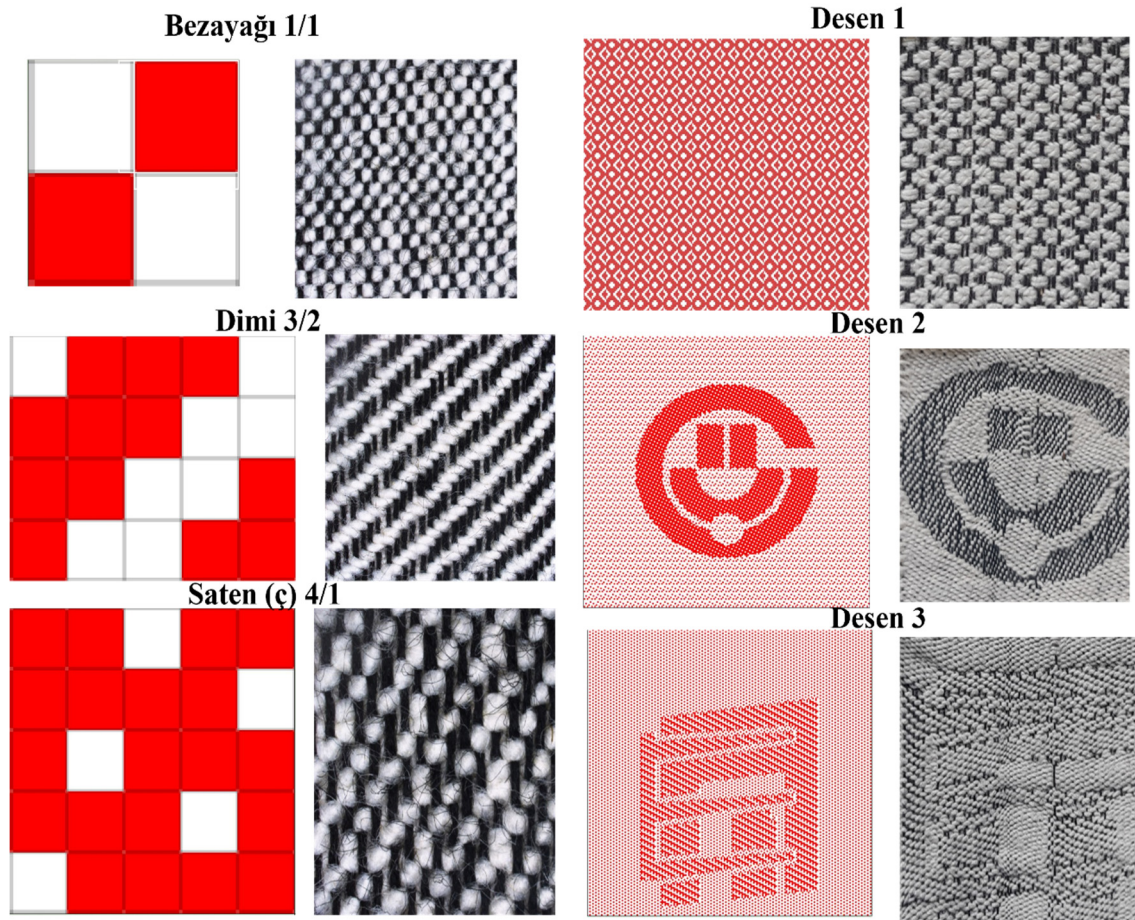
	Geliştirilen prototip	AVL Jacq3G (ABD)	CCI Tech Inc (Tayvan)	Jiangyin Tongyuan Text. Mach. (Çin)
Jakar sistemi	Elektronik jakar modülleri	Minyatür selenoid	Bonas firması (Belçika)	Elektronik modüller
Kanca sayısı	192	360	1344 ve 2688	1408
Toplam harniş sayısı	960	360	1344 ve 2688	1408
Maksimum kumaş eni (cm)	67,5	32	50 ve 90	50
Makine gövdesi	Paslanmaz çelik	Ahşap	Metal	Metal
Makine boyutları (cm)	170x117x221	167x114x214	-	200x150x280

Geliştirilen prototip makine gövdesi ve ağırlıklı açma mekanizması özellikleri bakımından CCI Tech ve Jiangyin Tongyuan Text. Mach firmalarının makineleri ile benzer özelliklerdedir. Projelendirme aşamasında yapılan satış fiyatı araştırmasında prototipin ticarileştirilmesinde halinde yurtdışı menşeli rakiplerine göre yaklaşık üçte bir satış rakamına rahatlıkla satış yapılabilceği hesaplanmıştır.

İşletme maliyetleri açısından değerlendirildiğinde, prototipte kullanılan elektronik sistemin kullanım anında 785 watt (W) elektrik tükettiği hesaplanmıştır. Elektrik tüketimi büyük oranda makinenin aktif kullanımı sırasında olmaktadır. Operatörün pedala basmasıyla harekete geçen ve step motor tarafından tahrik edilen bıçak sistemi bu elektrik gücünün önemli bir kısmını tüketmektedir (110 V, 4,5 Amper). Dolayısıyla jakarlı numune dokumasının elektrik tüketimi yatırım maliyeti karşılaştırıldığında ihmal

edilebilecek durumdadır. Prototipin ticarileştirme aşamasında veya yeniden projelendirilerek tam otomatik hale getirilmesi durumunda elektrik tüketiminin tekrar hesaplanması gerekmektedir.

Jakarlı ağızlık açma sisteminin tüm basit, orta ve karmaşık (kompleks) yapıdaki dokuma desenlerinin yanında dijital resimlerden dönüştürülmüş geniş desenli dokumaları gerçekleştirebilmesi beklenmektedir. Bu kapsamda geliştirilen prototipte Şekil 15'te verilen 3 temel (bezayağı, dimi ve saten) ve 3 dijital resimden dönüştürülmüş desen olmak üzere 6 farklı örgü tipi ile dokuma gerçekleştirilmiştir. Şekil 15'te sol tarafta verilen örgü raporları prototipte üretilen kumaşlarda hedeflenen görüntüyü oluşturmaktadır. Dokunan numunelerin mikroskop görüntülerinin bu örgü raporlarının görünümüne yakın olması desenlendirme yeteneğinin yüksek olmasını ifade edecektir. Dokuma işlemi öncesinde Nm 22,7 iplik numarasına sahip %100 pamuk çözgü ipliği önceki bölümde anlatıldığı gibi prototipte dokumaya hazırlanmıştır. Nm 10,7, Nm 12,12 ve Nm 13,5 iplik numarasına sahip %100 pamuk elyafından eğrilmiş 3 farklı atkı ipliği kullanılarak Şekil 15'te solda verilen 6 farklı örgü tipinde dokuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Desen dosyaları her seferinde makineye yüklendikten sonra sırasıyla 3 atkı ipliği ile denemeler yürütülmüştür. Şekil 15'te örgü raporlarının sağında, dokunan numune kumaşlardan her örgü tipi için örnek görüntü verilmiştir. Numune kumaşların mikroskop altında elde edilen görüntüleri verilen örgü raporları ile karşılaştırıldığında, prototip numune dokuma makinesinin desenlendirme yeteneğinin yeterli olduğu görülmektedir.



Şekil 15. Prototipte dokunan kumaşların örgü tipleri ve kumaş görüntüleri

3.2. Risk Değerlendirmesi ve Güvenlik Önlemleri

Prototip jakarlı numune dokuma makinesinin tasarım ve imalat aşamalarında TS EN ISO 12100:2010 "Makinalarda güvenlik - Tasarım için genel prensipler - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması" standardı [9] temel alınmıştır. Çizelge 2'de verilen risk grupları içerisinde prototip makineyi ilgilendiren tehlikeler belirlenmiş ve gerekli önlemler alınmıştır.

Çizelge 2. TS EN ISO 12100:2010 standardına göre makinelerde tehlike tanımları

	Risk grubu	Risk durumu
1. Mekanik riskler	Ezilme, sıkışma, kesme, kesilme makaslama, kırılma dolanma, sarma vb.	Var
2. Elektriksel riskler	Elektrik çarpması, elektrik ekipmanları üzerinde bozucu harici etkenler	Var
	Yüksek gerilime kapılma, elektrostatik deşarj, elektromanyetik etki, kimyasal prosesler sonucu kısa devri vs.	Yok
3. Isıdan kaynaklanan riskler	Yanma, haşlanma, aleve temas, patlamaya maruz kalma, aşırı soğuma problemleri vs.	Yok
4. Gürültüden kaynaklanan riskler	İşitme kaybı, gürültü sebebiyle stres bozukluğu vs.	Yok
5. Vibrasyondan kaynaklanan riskler	Sırt, omurga, kemik, eklem, nörolojik rahatsızlıklar	Yok
6. Radyasyondan kaynaklanan riskler	Işık yayını, lazer, iyonlaşmış radyasyon kaynağı, elektromanyetik radyasyon	Yok
7. Makinede kullanılan malzemeden Kaynaklanan riskler	Zararlı, zehirli korezif gaz, yangın patlama biyolojik durumlar	Yok
8. Makinenin ergonomik tasarımı esnasındaki ihmallerden kaynaklanan riskler	Makinenin tasarımında insan anatomisine uygun olmayan duruş pozisyonu, Kumanda ekipmanlarının yanlış tasarımı, gösterge panellerinin yanlış tasarımı, Aşırı bedensel olarak çaba gösterilmesi,	Var
	Personel koruma ekipmanlarının dikkatsiz kullanılması, Yetersiz lokal aydınlatma, aşırı zihinsel zorlama, İnsan hatasından kaynaklanan durumlar, operatörün dışındakilerin üretim yerinde bulunması	Yok
9. Makinenin enerji kaynağının düzensizliği veya kesilmesi kaynaklanan riskler	Elektriğin kesilmesi veya düzensizliği,	Var
	Hava ve yağ basıncının kesilmesi veya düzensizliği	Yok

Mekanik risklerin önlenmesi için makine gövdesinde ST37 çelik malzeme kullanılmış ve jakar ağızlık açma mekanizmasının ağırlığının oluşturacağı gerilimler Solidworks® programında analiz edilmiştir. Hareket eden tüm mekanik aksamlar koruyucu panellerle kapatılmış, özellikle tefe mekanizması ve bıçak sisteminin bulunduğu bölgelere erişim sınırlandırılmıştır. Metal aksamın korozyona karşı korunması için elektrostatik toz boya kaplaması uygulanmıştır.

Harniş sistemi için yüksek yorulma dayanımına sahip malzemeler seçilmiştir. Polyoxymethylene (POM - Delrin) malzemeden üretilen platin yatağı düşük sürtünme katsayısı ve yüksek yorulma dayanımı sağlarken, harniş kabloları ve gücü tellerinde aşınmaya dayanıklı özel plastik malzemeler kullanılmıştır. Geri çekme yaylarının gerginliği optimize edilerek uzun dönem güvenilir çalışma sağlanmıştır.

Jakar kulesinin yapısal güvenliği için taşıyıcı sistem statik analize tabi tutulmuştur. Özellikle alt ve üst yan kenarların bağlantı noktalarında uygun profil kalınlıkları seçilmiş, titreşimlerin sönümlenmesi için bağlantı kirişleri kullanılmıştır. Makinenin toplam ağırlığının dengeli dağılımı için alt gövde tasarımı optimize edilmiştir.

Elektronik sistem güvenliği için kontrol panosuna acil durdurma butonu ve açma-kapatma mandallı anahtarı eklenmiştir. Elektrik beslemesindeki düzensizliklere karşı regülatör kullanılmış, elektronik bileşenlerin aşırı yüke karşı korunması için güç kaynakları ve kontrol kartları uygun şekilde boyutlandırılmıştır. Jakar modüllerinin elektromıknatısları için ayrı bir güç kaynağı (5V) kullanılarak sistem kararlılığı sağlanmıştır.

Makine ergonomisi için kumanda elemanlarının yerleşimi ve operatör erişim alanları optimum çalışma koşullarına göre tasarlanmıştır. Kontrol panosu operatörün kolay ulaşabileceği bir yüksekliğe monte edilmiştir. Jakar kulesi üzerindeki bölmeler bakım ve onarım işlemleri için menteşeli kapaklarla donatılmış, elektronik aksamın toza karşı korunması sağlanmıştır.

Periyodik bakım-onarım işlemleri için kritik kontrol noktaları belirlenmiştir. Harniş sistemi, bıçak mekanizması ve elektronik aksam için düzenli kontroller tanımlanmış, yedek parça ihtiyacı ve arıza müdahale prosedürleri oluşturulmuştur. Alınan tüm bu önlemler sayesinde prototip makinenin risk seviyesi standartlarda belirtilen kabul edilebilir düzeye indirilmiştir.

4. SONUÇLAR

Türkiye, dünya dokuma kumaş ihracatında önemli bir paya sahip olmasına rağmen, dokuma makineleri üretiminde dışa bağımlı durumdadır. Bu durum, sektörün Ar-Ge ve inovasyon kapasitesini sınırlandırmaktadır [22,23]. Özellikle geniş desenli ve karmaşık yapıdaki kumaşların üretiminde kullanılan jakarlı dokuma makinelerinin yüksek maliyeti ve kapladığı alan, hem endüstriyel Ar-Ge çalışmalarını hem de eğitim kurumlarındaki uygulamalı eğitimi zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen prototip numune jakarlı dokuma makinesi, bu ihtiyaçlara yerli ve ekonomik bir çözüm sunmaktadır.

Prototip elektronik jakarlı numune dokuma makinesi 192 kancalı ve elektronik jakar kontrollü ağızlık açma sistemine sahip olarak geliştirilmiştir. Her kancaya 5 harniş bağlanarak maksimum kumaş eni 67,5 cm'ye çıkarılmıştır. Makine tasarımında TS EN ISO 12100:2010 standardı göz önünde tutulmuş, tüm mekanik ve elektronik güvenlik önlemleri alınmıştır.

Geliştirilen prototip, CCI Tech ve Jiangyin Tongyuan makineleriyle benzer özelliklere sahip olup, üretim maliyeti açısından önemli avantaj sunmaktadır. 785W elektrik tüketimi ile işletme maliyetleri düşük tutulmuştur. Sistem tasarımı, kanca sayısının ve dokuma eninin müşteri taleplerine göre modifiye edilebilmesine imkan vermektedir.

Tekstil sektöründe artan rekabet koşulları, işletmelerin müşteri taleplerine hızlı cevap verebilmesini gerektirmektedir. Endüstriyel dokuma makinelerinde Ar-Ge ve ürün geliştirme çalışmalarının yürütülmesi zor ve maliyetli olmaktadır. Ayrıca tekstil eğitimi veren kurumlarda öğrencilerin pratik becerilerinin geliştirilmesi için jakarlı dokuma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Geliştirilen prototip bu ihtiyaçları karşılayabilecek niteliktedir.

Gelecek çalışmalarda prototipin desenlendirme kapasitesi ve performansı üzerine araştırmalar yapılacaktır. Şu an yarı otomatik olan sistemin tam otomatik hale getirilmesi ve özgün jakar desen tasarım programının geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmalar tekstil makineleri alanında dışa bağımlılığın azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Makine ticarileşebilir nitelikte olup, Türkiye tekstil endüstrisine, eğitim kurumlarına ve ekonomisine katkı yapabilecek özelliktedir. İleride geliştirilecek yeni projelerle havlu, halı, kadife, katlı dokuma gibi teknik tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca makine üzerinde yapılacak araştırma çalışmaları bilimsel literatüre katkı sağlayacak niteliktedir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBA-2016-6295 kodlu proje ile desteklenmiştir. Yazarlar ayrıca tüm teknik destekleri için Gülas-Makine'ye teşekkür eder.

6. KAYNAKLAR

1. Adanur, S. (2001). Handbook of weaving, CRC press publication. Boca Raton, FL, USA, 152-167.
2. Seyam, A.M. (2011). Developments in jacquard woven fabrics. *Specialist Yarn and Fabric Structures: Developments and Applications*, 223-245.
3. İTKİB, (2023). Türkiye tekstil sektörü ihracat performans raporu. *İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri*, İstanbul.
4. TEMSAD, (2023). Tekstil makineleri sektör raporu. *Tekstil Makine ve Aksesuar Sanayicileri Derneği*, İstanbul.
5. Ala, D.M. ve Çelik, N. (2016). Bilgisayar destekli yarı-otomatik tasarlanmış ve geliştirilmiş yerli bir numune dokuma makinesi. *Tekstil ve Mühendis*, 22(98), 16-23.
6. Ala, D.M. ve Çelik, N. (2015). Geliştirilmiş bir yerli dokuma desen tasarım programı. *Tekstil ve Mühendis*, 22(99), 27-40.
7. Ala, D. ve Çelik, N. (2016). Bilgisayar destekli yarı-otomatik bir numune dokuma tezgahının kumaş üretim yeteneğinin incelenmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 23(101), 11-21.
8. Ala, D.M. ve Çelik, N. (2016). Bir numune dokuma tezgahı için tasarlanmış alternatif ağızlık açma mekanizmaları. *Tekstil ve Mühendis*, 23(103), 182-188.
9. Ala, D.M. ve Çelik, N. (2016). Bir numune dokuma makinesinin ağızlık açma sisteminin elektrik-elektronik kontrolü. *Mühendis ve Makina*, 57(675), 54-62.
10. Ala, D.M. & Çelik, N. (2021). Design of an electropneumatic shedding mechanism for a sampling loom. *The Journal of The Textile Institute*, 112(6), 965-975.
11. Ala, D.M. & Çelik, N. (2024). A computer software developed for designing woven patterns and generating machine readable files for sampling looms. *The Journal of the Textile Institute*, 115(9), 1423-1431.
12. Bhandari, P., Narahari, T. & Dendukuri, D., (2011). Fab-chips: a versatile, fabric based platform for low-cost, rapid and multiplexed diagnostics. *Lab Chip*, 11, 2493-2499.
13. Zeng, T., Li, S., Jing, S. & Ou, Y. (2013). Designing of 3D woven integrated T joint tube. *Textile Research Journal*, 83(11), 1143-1155.
14. First, D. (2000). Educating designers using electronic jacquard loom. *Textile Society of America Symposium Proceedings*, 794.
15. TS EN ISO 12100, (2010). Makinalarda güvenlik - Tasarım için genel prensipler - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması. *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
16. Bauder, H.J. (2004). Entwicklung eines hochleistungsharnisches für luftdüsenwebmaschinen. *Melliandtextilberichte*, 84, 250-251.
17. Jing, S. (2015). Photonic fabric devices for phototherapy. *Smart Textiles Handbook*, Springer, 577-596.
18. Yang, C., Cui, B. & Li, C. (2010). The sample loom control system based on PLC and the configuration software. *International Conference on Electrical and Control Engineering*, 25-27 Haziran, Wuhan, 2428-2431.
19. Gries, T., Veit, D. & Wulfhorst, B. (2015). Textile technology: an introduction. *Carl Hanser Verlag GmbH Co KG*.
20. Alpay, H.R. (1985). Dokuma makineleri. *Makine Mühendisleri Odası*, Bursa.
21. Kaplan, M., Ala, D.M. & Çelik, N. (2019). Design of an electronic jacquard sampling loom. *International Congress of Innovative Textiles ICONTEX*, 66-70, Tekirdağ, Türkiye
22. Koç, D.D., Abdulvahitoğlu, A. ve Abdulvahitoğlu, A. (2023). Adana ilinde bir tekstil işletmesindeki Avrupa Birliği yeşil mutabakatı uygulamalarının çok kriterli karar verme yöntemleriyle analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(4), 875-885.
23. Yontar, E. ve Zengin, Ş. (2023). Sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimine firma niteliklerinin etkisi: tekstil sektörü bakış açısı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(2), 515-530.