



Application of triz inventive principles to innovate the multi-tool drill machine

Fazıl Canbulut^{1*}, Burak Demirtaş²

¹Erciyes University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, 38039 Melikgazi Kayseri, Turkey

²Institute of Science, Department of Mechanical Engineering, 38039 Melikgazi Kayseri, Turkey

Highlights:

- Using TRIZ in innovative design
- Increasing machine efficiency
- Increasing machine reliability

Keywords:

- TRIZ
- Furniture
- Wood components
- Multi tool drill
- Machine design

Article Info:

Research Article
Received: 19.03.2021
Accepted: 04.06.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.898854

Correspondence:

Author: Fazıl Canbulut
e-mail:
canbulut@erciyes.edu.tr
phone: +90 532 786 6172

Graphical/Tabular Abstract

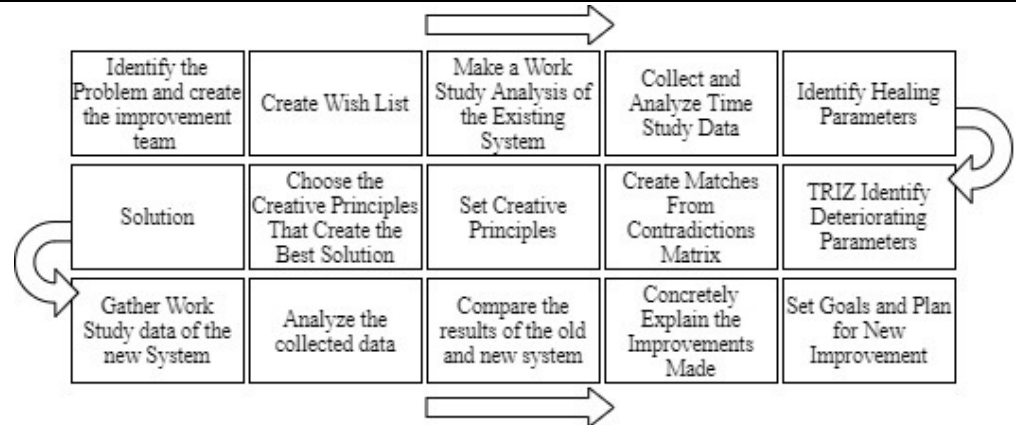


Figure A. Innovative Design Flow Chart

Purpose: Search for solutions using the TRIZ-contradictions matrix method to increase the machine utilization efficiency of the multi-hole drilling machine.

Theory and Methods:

Multi-tool drills are widely used in the wood furniture industry. The preparation time of these drills, which are adjusted manually, is long, the product quality is not good and the machine efficiency is low. In this study; A bench with high machine working efficiency, more precise and faster production, which is located in a large-scale establishment in Kayseri, has been redesigned. Systematic design, brainstorming and TRIZ - contradictions matrix techniques were used together in the development process of the multi-tool drill machine.

Results:

While 216 minutes were used daily to make the old bench ready for production, this time was reduced to 60.9 minutes in the redesigned machine.

Conclusion:

The newly designed loom was made semi-automatic, resulting in an increase of 71.88% in production speed.



Çok takımlı matkap tezgâhını yenilemek için triz yaratıcı ilkelerin uygulanması

Fazıl Canbulut^{1*}, Burak Demirtaş²

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 38039 Melikgazi Kayseri, Türkiye

²Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 38039 Melikgazi Kayseri, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- TRIZ yöntemi kullanılarak ayar adım sayısı azaltılmıştır
- Makine verimliliği %71,88 artmıştır
- Makine emniyeti %212,5 iyileşmiştir

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 19.03.2021

Kabul: 04.06.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.898854

Anahtar Kelimeler:

TRIZ,
mobilya,
ahşap bileşenler,
çok takımlı matkap,
makine tasarımı

ÖZ

Bu çalışmada, manuel ayarlanan çok takımlı matkap tezgâhı geliştirilerek, otomatik ayarlanan tezgâha dönüşümü adım adım anlatılmıştır. Geliştirilen tasarımda beyin fırtınası, sistematik tasarım, TRIZ'e ait çelişkiler matrisi birlikte kullanılmıştır. Ayarlanması ve kullanımı kolay, hatasız üretim, çalışma verimliliği yüksek ve hızlı üretim yapabilen bir tezgâh yeniden tasarlanmıştır. Tezgâh yarı otomatik ve ergonomik hale getirildi, işlem adımları %50 azaltılmıştır, üretim hızında ise %71,88'lik bir artış sağlanmıştır. Ayrıca yeni sistemin delme ünitesinin dayanımı %68,96, yer değiştirmesi %41,17 ve emniyet katsayısı %212,5 iyileşmiştir.

Application of triz inventive principles to innovate the multi-tool drill machine

H I G H L I G H T S

- The number of setting steps has been reduced by using the TRIZ method
- Machine efficiency increased by 71.88%
- Machine safety improved by 212.5%

Article Info

Research Article

Received: 19.03.2021

Accepted: 04.06.2021

DOI:

10.17341/gazimmfd.898854

Keywords:

TRIZ,
furniture,
wood components,
multi tool drill,
machine design

ABSTRACT

In this study, a manually adjusted multi-tool drill bench has been developed and its transformation into an automatically adjusted bench is explained step by step. In the developed design, brainstorming, systematic design, and contradictions matrix belonging to TRIZ were used together. A machine that is easy to adjust and use, has an error-free production, has high working efficiency and can produce fast, has been redesigned. The bench has been made semi-automatic, and an increase of 71.88% has been achieved in the production speed. In addition, the strength of the drilling unit of the new system has improved by 68.96%, its displacement by 41.17%, and the safety coefficient by 212.5%.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *canbulut@erciyes.edu.tr, demirtas_burak@hotmail.com /

Tel: +90 532 786 6172

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ev ve büro mobilyaları üreticileri müşteri beklentilerini aşmak için, günün rekabet koşullarına uymak zorundadır. Tüketiciler ise bu değişimin baş aktörleridir. Yaşam alanlarının vazgeçilmez unsuru olan mobilyalar görsellik, ergonomiklik, maliyet ve hızlı üretilmesi açısından sürekli geliştirilmektedir. Gerek alan kısıtlamaları sebebiyle depolama ihtiyaçlarının artması, gerekse taşınma esnasındaki sevklerinin kolay olmasının istenmesi, modüler mobilya sektörünün gelişmesinde ve sürekli yenilenmesinde etken bir faktördür. Bu nedenle üretim hatlarındaki yarı mamul hazırlık süreçlerinin, yeniden gözden geçirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Üreticilerin artan talebi karşılayabilmek için amaca uygun gelişmiş tezgâhlara ihtiyacı vardır. Bu tezgâhlardan biri de çok takımlı matkaplardır. Manuel olarak ayarlanan bu tezgâhların, hazırlık zamanı uzun olmakta, ürün kalitesi iyi olmamakta ve makine verimliliği de düşük olmaktadır. Mevcut tezgâhın geliştirilmesi ya da yeniden tasarlanmasında düşüncenin fikre, fikrin ürüne dönüşmesi aşmalarının sistematik bir şekilde yapılandırılması gerekmektedir.

Tasarım işlemi; düşüncenin ürüne dönüşmesinde, ayrıntılara dikkat ederek, sürekli gelişerek değişmesidir. Tasarım, bilinen tüm bilimleri ve tecrübeleri kullanarak faydalı mamul geliştirmek amacıyla uygulanan yaratıcı bir faaliyettir. Bu süreç, ihtiyaç ve isteklerin belirlenmesinden, problemin ortadan kaldırılmasına kadar birbirini takip eden faaliyetler dizisidir [1]. Günümüzde tasarım, ardışık süreçlerin yönetimi olarak görülmektedir. Pahl ve Beitz tasarımın sistematik olarak nasıl yapılmasını gerektiğini ortaya koymuşlardır [2]. Feldhusen ve Grote sistematik tasarım (ST) yaklaşımını daha da geliştirmişlerdir [3]. ST yöntemi kullanılarak, kişinin sezgi ve/veya becerisinde bağımsız tasarımlar yapılabilmektedir. ST yaklaşımı, dört aşamadan oluşmaktadır [2, 3]. Bunların ilki amacın net bir şekilde tanımlanması, ikincisi kavramsal tasarım, üçüncüsü şekillendirme tasarımı ve dördüncüsü ise ayrıntılı tasarım aşamalarıdır. Yeni tasarımın yenilikçi olabilmesi için geleneksel problem çözme teknikleri ile birlikte, yenilikçi problem çözme tekniklerine de ihtiyaç duyulmaktadır.

Yenilikçi/yaratıcı problem çözme teorisinin, kısaltması Rusçada TRIZ, İngilizcede ise TIPS olarak kullanılmaktadır [4]. Çelişkileri yok ederek, yenilikçi ürünler ortaya koymaya çalışan tasarımcılar için TRIZ, etkin çözümlere hızlı bir şekilde ulaşmayı sağladığından etkili bir yöntemdir [5, 6]. Souchkov, genel TRIZ kavram ve araçlarını tanıtan çalışmalar yapmıştır. Bilgi tabanlı ve kullanılabilir anlamında en gelişmiş TRIZ aracı olan operatörler sisteminin üzerinde durmuştur [7]. Royzen, TRIZ'in yeni nesil teknoloji ve ürünlerin geliştirilmesinde kullanılan madde-alan analizinin gelişmiş bir hali olan Araç-Nesne-Ürün (TOP) analizi yaklaşımını önermiştir [8]. Ensarioğlu vd. TRIZ'e ait çelişkiler matrisi ile montaj problemlerinin çözümü için kullanılan DFMA yönteminin bütünleşmesi üzerine çalışarak çözüme ulaşmışlardır [9]. Kuncan, CNC makine ilk

örnek üretimi için mekanik tasarım, matematiksel modelleme ve yazılım algoritması gerçekleştirilmiştir [10]. Altuntaş, bir aparatın tasarlanmasında önce TRIZ, sonra da Kalite Fonksiyonu Göçerimi kullanarak yeniden tasarımına yönelik bir uygulama yapılmışlardır [11]. Canbulut vd. Baza kaldırma sistemlerindeki problemi TRIZ yöntemini kullanarak çözerek, yenilikçi bir tasarım ortaya koymuşlardır [12]. Durgun ve ark. Trafik kazalarında yayaların güvenlik koşullarının iyileştirilmesi için TRIZ'i kullanmış ve iyileştirme önerilerinde bulunmuştur [13].

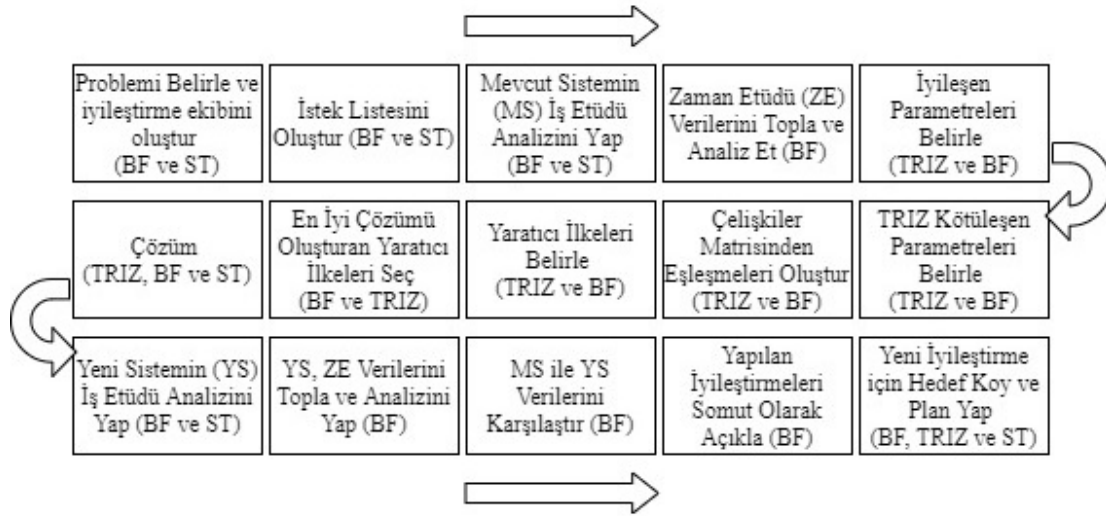
Söğütü ve ark. Ahşap işleyen işletmelerin alt yapılarının yeterli olmadıklarını belirlemişlerdir [14]. Şenol vd. Sac bükme işlemlerinde kullanılan makinelerin güvenlik donanımlarının yeterli olmadığını ortaya koymuşlardır [15]. Azezoğlu vd. Bir egzersiz aletini sistematik tasarım yaklaşımı ile yapmıştır [16]. Börklü vd. ST yöntemini kullanarak, şamandıranın kavramsal tasarımı, ekosistemdeki değişikliklerin gerçek zamanlı olarak izlenmesini veya kaydedilmesini sağlayarak, toplanan verileri değerlendirerek ve uzun vadeli tahminler için kullanılabilir hale getirmişlerdir [17]. Mayda vd. ST, QFD ve TRIZ'i ortak kullanarak örnek bir tasarım uygulaması yapmışlardır [18]. Ersoy vd. iş sağlığı ve güvenliği açısından makinenin kurulması, sökülmesi ve emniyetli çalışmasının üretim sürecinin en riskli aşamaları arasında olduğunu belirtmişlerdir [19].

Bu çalışmada; Kayseri'de büyük ölçekli bir kuruluşun üretimde faal olarak kullandığı, çok takımlı matkap tezgâhının iyileştirilmesi için bir çalışma yapılmıştır. Çalışma sırasında geleneksel ve yenilikçi problem çözme teknikleri birlikte kullanılmıştır. Tasarım çıktısı olarak makine çalışma verimliliğinin yükseltilmesi, işlem adimlerini azaltılması, hassas ayarlanabilen, üretim hızı artırılmış, ergonomik, güvenli ve emniyetli olması istenmektedir. İstek listesi doğrultusunda, yenilikçi tasarım gerçekleştirme adımları takip edilerek, tezgâh özellikleri iyileştirilmiştir. Elde edilen bulgular tartışılarak sunulmuştur.

2. METOT (METHOD)

Tezgâhın geliştirilmesi için süreç iyileştirme biriminin koordinatörlüğünde Ar-Ge, kalite, süreç iyileştirme, makine imalat birimlerinden birer personel ve tezgâh operatörünün de dahi edildiği bir iyileştirme ekibi kurulmuştur. İyileştirme ekibi ilk olarak Şekil 1'deki problem çözümünde kullanılacak olan akış şemasını oluşturmuştur. Bu şema adım adım izlenerek problem çözülmüş ve önemli tasarım çıktıları elde edilmiştir.

Şekil 1'den görüldüğü gibi, problemin belirlenmesi ile birlikte iyileştirme ekibi oluşturulmuştur. İyileştirme ekibi de tasarım istek listesinin belirlemiştir. Bu adımı mevcut durumu tespit etmek için iş ve zaman etüdü çalışmalarının yapılması ve toplanan verilerin analiz edilmesi izlemiştir. Sonraki adımda, problemin yenilikçi çözümü için TRIZ



Şekil 1. Yenilikçi problem çözme iş akışı şeması (Innovative problem solving work flow chart)

mühendislik parametrelerinden, iyileştirilmesi gereken ve bunlara karşılık gelen kötüleştiren özellikler belirlenmesini takiben, 39X39 çelişkiler matrisine geçilerek, eşleşen hücrelerden yaratıcı ilkelere ve bunlardan da en iyi çözümü oluşturan yaratıcı ilke/ler seçilmesi planlanmıştır. İstek listesine uygun, kavramsal tasarımın çıktısı olan, ana sistemi oluşturan alt sistemlerin en uygun bir şekilde belirlenmesi ve yeni sistemin iş ve zaman etüdü sonucu toplanan verilerin analizini ve sonuçların karşılaştırılması izlemiştir. Altshuller'in ideal sistem anlayışına uygun olarak, yeni sistemin daha ileri götürülmesi için yeni hedeflerin konmasının takip etmiştir. Tezgâh iyileştirme ekibi, beyin fırtınası, sistematik tasarım ve TRIZ çelişkiler matrisi yöntemlerini etkin bir şekilde kullanılmıştır.

Özellikle çelişkiler matrisinde, yaratıcı ilkelerden hidrolik ya da pnömatik sistemlerin kullanılmasının önerilmesi, geliştirilecek tezgâhta ne yapılmasının gerektiği ortaya çıkmıştır. Hidrolik ve pnömatik sistemlerin kullanılıyor olması, fonksiyonların analiz edilmesi sonucu, bazı fonksiyonların birleştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu sayede 6 fonksiyon aşamasından oluşan kurulum, yeni sistemde 3 fonksiyon aşamasına indirilmiştir.

2.1. Çok Takımlı Matkap Tezgâhının Tanımı (Description of The Multi-Tool Drilling Machine)

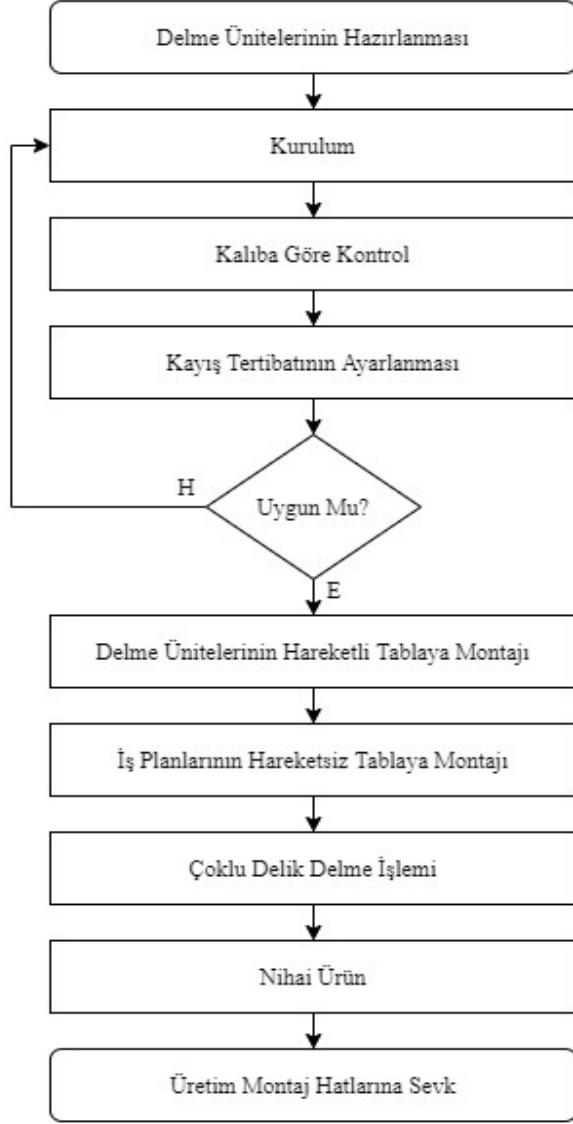
Çok takımlı matkap tezgâhları, kapasitesine bağlı olarak, üst üste dizili levhaları düşey bir hareketle birden çok deliğin açılmasında, çoklu işlemi esas alan bir sistemdir. Bu tezgâhlar, mobilya sektöründe iş parçalarına istenilen sayı ve ebatlarda deliklerin açılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Döşemeli grup olarak adlandırılan kanepeler ve koltuk takımlarının alt kollarını oluşturan ahşap levhalar üretimlerinde, çok takımlı matkaplar tercih edilmektedir. Yaşanan problemlerin giderilmesi için de işletmeler günümüzde tüm makine hatlarını yarı veya tam otomatik sistemlerle değiştirmektedir. Şekil 2'de çok takımlı bir tezgâh ve üzerindeki alt sistemler görülmektedir.



Şekil 2. Çok takımlı matkap tezgâhı
(The multi-tool drill machine)

Şekil 2'de 1 makine gövdesi, 2 hareketli taşıyıcı tabla, 3 delme ünitesi, 4 hareketsiz tabla, 5 tahrik ünitesini göstermektedir. Delme Ünitesi, matkap uçlarının üzerine montajlandığı rulman yataklı mil tertibatlarına sahiptir. Bu düzenek kayış-makara vasıtasıyla tahriki doğrudan matkap uçlarına aktarmaktadır. Matkap uçları, dönme hareketini sağlayan mil düzeneğinin uç kısmına ayar vidaları ile montajlanmaktadır. Hareketsiz tabla; ikili veya dörtlü iş parçalarına ait kalıplar kullanılarak makineye sabitlenir. Kurulumu tamamlanan delme üniteleri ile delme işlemleri yapılarak süreç tamamlanmaktadır. Her bir parti için bağlama çözme şeklinde periyodik olarak yapılır. İş parçalarına ait kalıplar, özel istiflendikleri dolaplarda muhafaza edilmektedir. İşleme tabi tutulacak parçalar, kodlarına göre operatör tarafından seçilerek, makinenin kurulumunda kılavuz olarak kullanılmaktadır. Hareketsiz tablaya ilk olarak kalıplar sabitlenmekte, sonrasında delme üniteleri kalıptaki deliklerin konumuna göre hareketli tablaya montajlanmaktadır. Yapılan bu işlemler sonrasında, delme ünitelerinin doğru şekilde hazırlandığını anlamak ve kurulumu tamamlamak adına sadece bir adet iş parçası delik delme işlemine tabi tutulmakta, böylece kalıba göre kontrol edilerek kurulumun doğruluğu test edilmektedir. İlk kurulum

ile kalıp ölçülerine uygun delme işlemi yapılmış ise sürece devam edilmektedir. Aksi durumda kurulumdan kayış tertibatına kadar, tüm hazırlık aşamaları ikinci kez baştan yapılmalıdır. Tezgâhın ayar ve delme ile ilgili iş akışı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Çok takımlı matkap tezgâhı iş akışı
(The multi-tool drill machine work flow chart)

2.1.1. İstek Listesi (Wish List)

Tasarımla ilgili işveren, makine operatörü ve makine bakım birimindeki elemanlarla görüşülerek istek ve şartları alınmıştır. Yeni tasarımla ilgili istek ve şartlar aşağıdaki gibi olup, tasarıma yansıtılmıştır.

- Geliştirilen makine boyutları mevcut makine boyutları ile aynı olmalı,
- Hareketli tabla için mevcut olan pnömomatik güç ünitesinin kullanılmalı,

- Mevcut takımların kayış kasnakları, delici matkapları ve tahrik motoru yeni tasarımda kullanılmalı,
- Delme ünitelerinin hareket ettirilmesi için yetişkin bir insan kuvveti yeterli olmalı,
- Yeni tezgâh; her bir parça için ayrı kurulum gerektiren ve her seferinde sökülüp tekrar montajlanan delme üniteleri yerine, kolaylıkla delik delme pozisyonuna uygun olmalı,
- TS EN 953 Makinelerde Güvenlik – Koruyucular – Sabit ve Hareketli Koruyucular Standardına uygun tasarlanmalıdır.

Çok takımlı tezgâhta en çok kullanılan ve en fazla kurulum sürelerine sahip 5 ayrı iş parçası Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. En çok kullanılan beş parça ile ilgili özellikler
(Features related to the five most used parts)

| | İş Parçası | | | | |
|--------------|------------|------|------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| En/mm | 105 | 120 | 110 | 90 | 80 |
| Boy/mm | 778 | 1005 | 1636 | 678 | 775 |
| Kalınlık/mm | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Delik Sayısı | 4 | 4 | 2 | 6 | 6 |

2.1.2. Mevcut Sistemin İş ve Zaman Etüdü (Work and Time Study of the Current System)

Mevcut tezgâh ile yeni tezgâhı kıyaslayabilmek için iş etüdü ve zaman etüdü çalışmaları yapılmıştır. İş etüdü için operatörün manuel olarak yaptığı işlemler ve işlemleri yaparken göstermiş olduğu çabalar hem gözlemlenmiş hem de videoya kaydedilmiştir. Video kaydı defalarca iyileştirme ekibi tarafından izlenerek iş aşamaları belirlenmiştir. Çok takımlı matkap tezgâhı ile işin yapılması altı adımda tamamlanmaktadır. Bunlar; delme ünitesinin hazırlanması, ilk kurulum, parça kalıbına göre kontrol, son kurulum ve kayış tertibatının hazırlanması, delme ünitesinin hareketli tablaya montajı ve çoklu delik delme işlemidir.

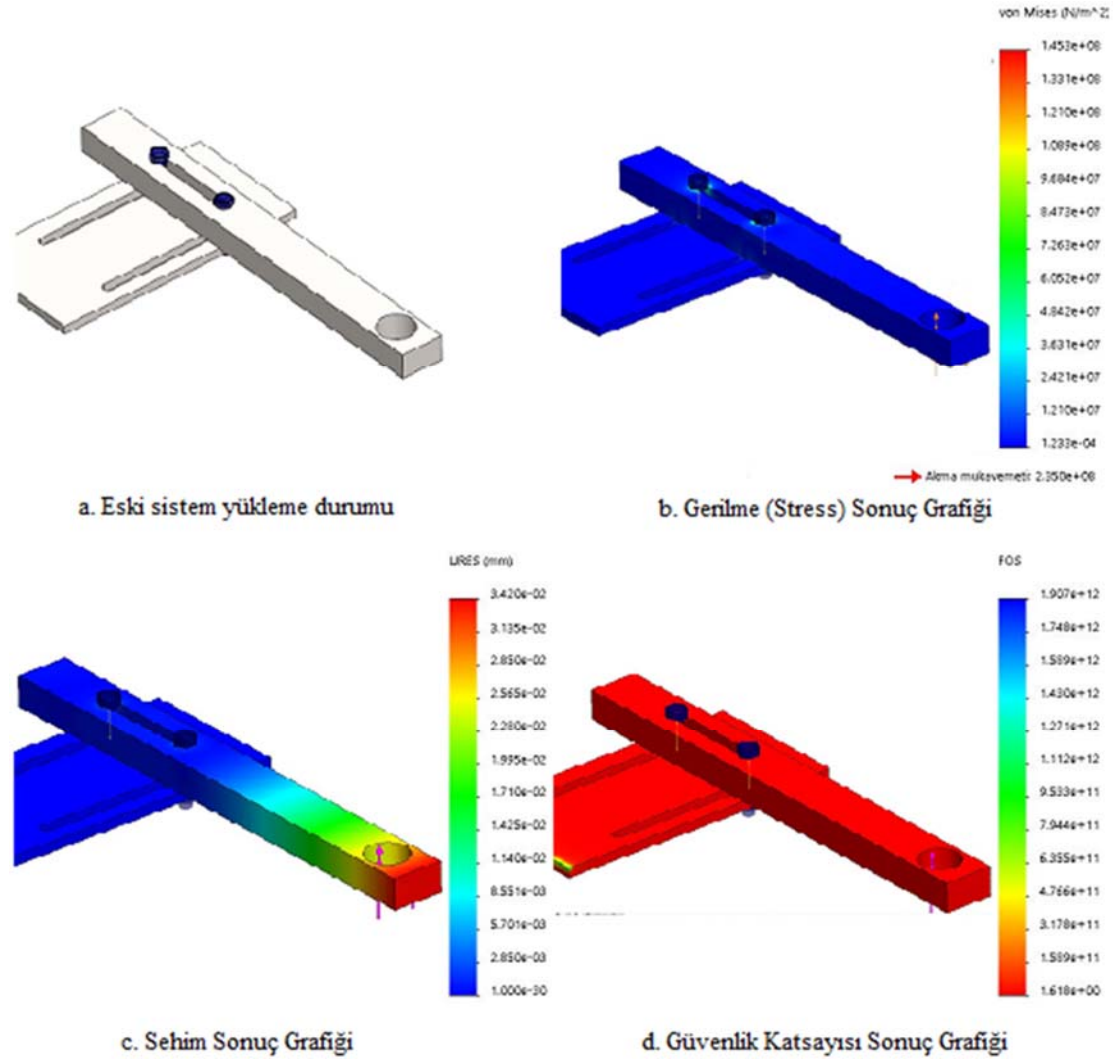
Zaman etüdü uygulamasında, öncelikle operatöre alışık olduğu şekilde kurma ya da yeniden kurma işlemlerini yapması istendi. Operatör, sistem kurulurken, video ile kayıt altına alınacağı ve her bir aşama için kullanılan zamanın kaydedileceği konusunda bilgilendirilmiştir. Zaman ölçülmesinde GE 100 dijital zamanlayıcı kullanılmıştır. Her bir kurulum işlemi üç kez tekrarlanarak zaman ölçümü yapılmış ve ortalama zaman ölçümleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Üretimin yoğun olduğu günlerde en az 15 ayrı ayarlama işlemi yapılmaktadır. Bu da ayar ve işlem sürelerini uzatarak tezgâh çalışma verimliliğine olumsuz etki yapmaktadır. Zaman etüdü çalışmasında elde edilen bulgular, sonuçlar ve tartışmalar bölümünde somut olarak ortaya konmuştur.

2.1.3. Eski Delik Delme Ünitesinin Analizleri (Analyzes of the Old Drilling Unit)

Delik delme ünitesine etki eden yük, gerilme, sehim ve güvenlik katsayısı analizleri Şekil 4’te verilmiştir [20].

Tablo 2. En çok ayarlanan beş parça ile ilgili zaman etüdü değerleri (Time study values related to the five most set pieces)

| Süreç | Parça numarası ve etüt süresi (dk.) | | | | |
|--|-------------------------------------|-------|------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Delme Ünitelerinin Hazırlanması | 3,25 | 3,5 | 2 | 3 | 3,2 |
| İlk Kurulum | 4 | 5 | 3 | 5,5 | 4 |
| Parça Kalıbına Göre Kontrol | 2 | 2 | 0,5 | 2,5 | 2,5 |
| Son kurulum ve Kayış Tertibatının Hazırlanması | 4 | 4,5 | 1,5 | 5 | 5,5 |
| Delme Ünitelerinin Hareketli Tablaya Montajı | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Çoklu Delik Delme İşlemi | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Toplam etüt süresi | 14,4 | 16,15 | 8,15 | 17,15 | 16,35 |
| Ortalama etüt süresi | 14,44 | | | | |

**Şekil 4.** Delme Ünitesi Eski Tasarımı Üzerinde Yükleme, Gerilme, Sehim Ve Güvenlik Katsayısı Değerleri (Loading, Stress, Deflection and Safety Coefficient Values on Old Design of Drilling Unit)

Şekil 4b'de görüldüğü üzere eski sistemin 92 N'lik yüke karşı vermiş olduğu gerilme grafiği yer almaktadır. Burada malzeme akma mukavemeti 235 MPa iken, elde edilen maksimum gerilme değeri 145 MPa olduğundan sistem zarar görmeden çalışır. Şekil 4c'de delme ünitesindeki maksimum

yer değiştirme 0.034 mm dir. Şekil 4d'de delme ünitesinin güvenlik katsayısını minimum 1,6 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler statik yükleme durumu için yeterli görülebilir ancak, dinamik yük altında çalışan makine için yeterli bir emniyet oluşturmamaktadır. Bu nedenle yeni

sistemin delme ünitesine etki eden gerilme ve sehim değerleri azaltılarak emniyet katsayısının en az 3.5 olmasına karar verilmiştir.

2.2. Yaratıcı Problem Çözme Tekniği Triz (Inventive Problem-Solving Technique Triz)

TRIZ tasarımcıların karşılaştıkları zor ve karmaşık problemleri hızlı ve etkin bir şekilde çözmeleri için etkili bir araçtır [4]. Altshuller ve arkadaşları tarafından sistematize edilen TRIZ, bilim adamlarının da katkısı ile sürekli geliştirilmektedir. Bu çalışmada, 40 yaratıcı ilke ve 39x39 teknik çelişkiler matrisi etki bir şekilde kullanılmıştır.

TRIZ'in önemli araçlarından biri "teknik çelişkiler matrisidir. Çelişkiler matrisinde 39 mühendislik parametresinde birbiri ile çelişenler, 40 yenilikçi yaratıcı ilkeler kullanılarak problemin çözümünü esas almaktadır. TRIZ-çelişkiler matrisi, problemin çözümünün yaklaşık olarak neye benzediğini söyleyerek, çözümün kapsam alanını daraltarak daha hızlı çözülmesine yardım eder. TRIZ benzer problemle karşılaşan daha önceki araştırmacıların, çözümü nerde bulduklarının ipucunu problem çözücüyeye sunar. Yani TRIZ geçmişteki araştırmacıların tecrübesini kullanmamıza imkân vermektedir. TRIZ doğrudan çözümü ulaştırmaz, eninde sonunda problem çözme ve karar verme tekniklerine ihtiyaç duyulacaktır. Yani bir program çalıştırılarak araştırmacıyı doğrudan çözüme götüreceği gibi bir beklenti içinde olunmamalıdır. TRIZ yaklaşımları araştırmacıyı çözüme oldukça yaklaştıracaktır.

2.2.1. Temel Çözümün Geliştirilmesi ve TRIZ'in Probleme Uygulanması (Development of the Basic Solution and Application of TRIZ to the Problem)

Yeni tasarımın ortaya çıkarılmasında, istek listesindeki talepler etkin bir şekilde kullanılmıştır. Çözümde dikkate alınması gereken üç önemli başlık bulunmaktadır. Bunlar; kullanılabilir takımların kullanılması, ayar zamanının kısaltılması ve karmaşık olmayan bir yapının oluşturulmasıdır. Bu doğrultuda TRIZ teknik çelişkiler matrisi kullanılarak çözüm önerileri Tablo 3'de sunulmuştur.

Ayar zamanının azaltılması durumunda sistem karmaşık bir yapıda olmaktadır. İstek listesinde ise yapının karmaşık olmaması istenmektedir. Bu çelişkinin ortadan kalması için kırk yaratıcı ilkedeki 6. ve 29. Maddelerin uygulanması önerilmektedir. 6. Madde 'Evrensellik' (bir parçanın veya çoklu fonksiyonları yerine getirmesi diğer parçalara olan ihtiyacı ortadan kaldırma) ve 29. Madde ise 'Pnömatik veya Hidrolik Yapılar Kullanmak' prensipleridir. Belirlenen

evrensellik, pnömatik ve hidrolik yapılar kullanmak prensipleri mevcut makinede delik delme ünitesine uygulanmıştır.

Sistem verimliliğini artırırken sistem karmaşıklığındaki kötüleşmeyi ortadan kaldırmak için TRIZ çelişkiler matrisinde yaratıcı ilkelerden 12 'Eşit potansiyel', 17 'Yeniden boyutlandırma', 28 'Yeniden boyutlama' ve 24 'Aracı kullanımı' önerilmektedir. Bu doğrultuda da delme ünitesi yeniden boyutlandırılmıştır. Mevcut makinede özellikle kayış kasnak tahrik grubu ve delme ünitelerinin bulunduğu kısımlar makine veya makine bakım operatörlerinin kolaylıkla el, kol vb. uzuvlarının temas edebileceği açıklıklara sahip olmakla birlikte iş kazaları risklerini de taşımaktadır. Geliştirilen yeni sistemde bu risklerin bertaraf edilmesi için makinede belirtilen kısımların gerek elektronik gerekse mekanik olarak erişime kapatılması gerekmektedir. Güvenlik tedbirleri sebebiyle bu açık alanlar yeni sistemde kapatılmıştır. Buna istinaden mevcut sistemde hareketsiz olan ürün yerleştirme tablasına yeni sistemde erişimin kolay olması için hareket kabiliyeti kazandırılacaktır.

2.2.2. Kavramsal Tasarım (Conceptual Design)

Yeni sistem delme ünitesi ve hareketsiz tabla ünitesi tasarımı için TRIZ çelişkiler matrisinde belirlenen prensiplere ve istek listesinde yer alan maddelere istinaden Tablo 4'de yer alan kavramsal tasarım tablosundan alternatifler değerlendirilerek en uygun olanı seçilmiştir.

2.2.3. En uygun alt sistemlerin seçimi (Selection of the most suitable subsystems)

Alt sistemlere ait çeşitli çözüm yollarının belirlenmesi için bir toplantı yapılmıştır. Toplantıya tasarımcı, mobilya bölümü üretim uzmanları, makine operatörleri ve makinelerin bakım onarımlarından sorumlu teknik elemanlar katılmıştır. Beş farklı çözüm önerisinden 5. alternatif seçilmiştir. 5. alternatifin seçilme aşağıda ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

1. Alternatif: (1,1), (2,1), (3,1), (4,1), (5,1)
2. Alternatif: (1,2), (2,2), (3,2), (4,2), (5,2)
3. Alternatif: (1,3), (2,3), (3,3), (4,1), (5,1)
4. Alternatif: (1,4), (2,3), (3,3), (4,1), (5,1)
5. Alternatif: (1,3), (2,1), (3,1), (4,1), (5,2)

1. Delme ünitesinin sabitlenmesi için 'Pnömatik Kilit Tertibatı' çözüm yolu seçilmiştir. Çünkü sistemde yer alan delme ünitelerinin makine hareketli tablasında sayılarının

Tablo 3. Çelişkiler Matrisinden Problemin Çözümüne Dair Alınan Kesit (A section of the TRIZ matrix)

| İyileşen faktör | Kötüleştiren faktör | | |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------|
| | 1. Hareketli nesnenin ağırlığı | 36. Sistem karmaşıklığı | 39. Verimlilik |
| 1. Hareketli nesnenin ağırlığı | | 26, 30, 36, 34 | 35, 3, 24, 37 |
| 25. Zaman Kaybı | 10, 20, 37, 35 | 6, 29 | |
| 39. Verimlilik | 35, 26, 24, 37 | 12, 17, 28, 24 | |

Tablo 4. Yeni Sisteme Ait Kavramsal Tasarım Tablosu (Conceptual Design Table of the New System)

| No | Alt Sistemler | Çözüm Yolu | | | |
|----|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Delme ünitesi sabitleme | Baskı yaylı pim | Pnömatik pistonlar | Pnömatik kilit | Servo motor (SM) vidalı mil |
| 2 | Tahrik ünitesi | Kayış- kasknak | Zincir – dişli | Dişli rediktör | |
| 3 | Delme ünitesi hareketi | Manuel lineer ray ve araba tertibatı | Otomatik SM’li vidalı mil | SM’li lineer aktuatörler | Pnömatik pistonlar |
| 4 | Makine güvenliği | Işın bariyerleri | Mekanik koruyucu | 2d alan tarayıcıları | |
| 5 | Hareketsiz tabla | Manuel vidalı mil | SM’li vidalı mil | | |

arttırılması ya da azaltılması gibi durumlar söz konusudur. Ayrıca tercih edilen pnömatik kilit takımı diğer çözüm yolları gibi yardımcı birden fazla takıma ihtiyaç duymadan (servo motor, yay-baskı pim ve kanalları, piston bağlama aparatları vb.) sistemin yalın halde çalışmasına yardımcı olacaktır.

2. Delici matkapların tahrik grubu için ‘kayış kasknak tertibatı’ seçilmesini sebebi, mevcut makinede kullanılan takımları yeni sistemde de kullanılmasının istenmesinden dolayıdır.

3. Delme Ünitelerinin Hareket Grubu için Manuel Olarak ‘Lineer Ray ve Araba Tertibatı’ çözüm yolu tercih edilmiştir.

4. Güvenlik Ekipmanları grubu için sistemde yer alması gereken yapının, makinenin çalışması esnasında operatör tarafından müdahale edilmemesi için mekanik koruyucu takımlar ile donatılması tercih edilmiştir.

5. Hareketsiz tabla grubu için, makinenin delme ünite kısımlarının koruyucu ile kapatılması durumunda işlem parçalarının daha kolay ve güvenli şekilde beslenip boşaltılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Buna istinaden mevcutta hareketsiz olarak adlandırılan tablaya yeni sistemde tek eksenle olacak şekilde servo motor kontrollü vidalı mil tertibatı ile hareket kabiliyeti kazandırılmıştır.

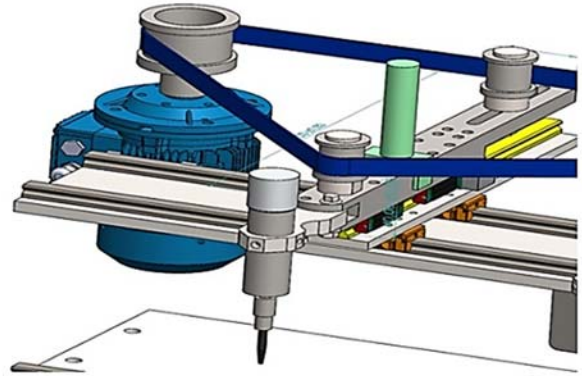
2.3. Yeni Sisteme Ait Delik Delme Ünitesi Şekillendirme ve Ayrıntılı Tasarımı

(Drilling Unit Shaping and Detailed Design of the New System)

Yeni delme üniteleri prensip 6 ya istinaden gerek ebatları gerekse üzerinde taşıdığı takımları aynı olacak şekilde tasarlanarak evrensel bir yapıya kavuşmuştur. Delme ünitesinin iş parçasında açılacak delik konumlarına göre hareket ettirilmesi ve uygun konumda sabitlenmesi için de prensip 29’a istinaden pnömatik kilit takımları kullanılmıştır.

Yeni sisteme ait delik delme ünitelerinin evrensel yapıdaki yeni tasarımı yer almaktadır. Mevcut makinede hareketli tabla üzerine montajlanarak kullanılan delik delme üniteleri geliştirilen sistemde de hareketli tablaya montajlanarak kullanılacaktır. Farklı olarak yeni sistemde, hareketli tablaya cıvata somun bağlantı elemanları olmaksızın alt plakasından 2500 mm uzunluğundaki iki adet lineer taşıyıcı ray ve araba düzenekleri ile montajlı halde kullanılacaktır. Ayrıca delici

matkap ucu taşıyan ve iş parçasının delik konumlarına göre ayarlanabilen üst plaka bölgesi de 455 mm uzunluğundaki lineer raylar ile hareket ettirilecek şekilde tasarlanmıştır. Delici matkap uçlarının montajlandığı kısımlarda gelişen teknoloji ve değişen tasarım algılarının gelecekte cevap verebilmesi adına da matkap uçlarının açılabilir olarak ayarlanabilmeleri için cıvata somun bağlantılı harici bir parça tasarımı yapılmıştır. Geliştirilen çoklu delik delme tezgâhının delik delme ünitesi Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Geliştirilen Makine Delik Delme Ünitesinin Açılabilir Ayarlanabilir Parçası

(Angular Adjustable Part Of The Developed Machine Drilling Unit)

2.4. Yeni Sistemin İş ve Zaman Etüdü

(Work and time study of the new system)

Geliştirilen tezgâhta işin gerçekleşmesi üç aşamada tamamlanmaktadır. Bunlar; parça kalıbına göre delme ünitesinin ayarlanması, kayış tertibatının hazırlanması ve çoklu delik delme işlemleridir. İyileştirilen çok takımlı matkap tezgâhının da yapılan zaman etüdü çalışması Tablo 5’de sunulmuştur.

Yeni sistemde bir kurulum üç aşamaya, ortalama kurulum süresi ise 4.06 dak ya ve günlük 15 yeni kurulum için toplam süre 60,9 dak ya indirilmiştir.

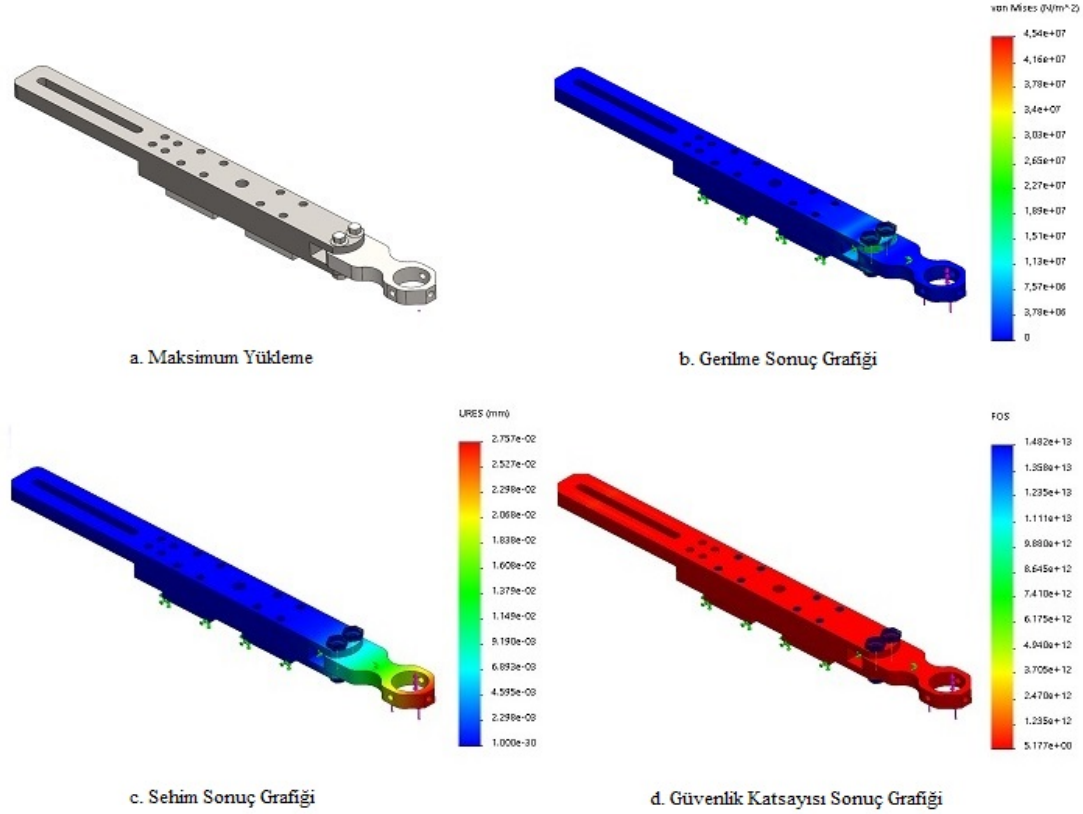
2.5. Geliştirilen Delik Delme Ünitesinin Analizleri

(Analyses of the Developed Drilling Unit)

Temas Setleri, Bağlantı Elemanları, Fikstür ve Yük Tanımlaması Şekil 6 da verilmiştir.

Tablo 5. Yeni sistemde iş süreçlerinin zaman etüdü ve ortalama zaman etüdü süreleri
(Time study and average time study durations of business processes in the new system)

| Süreç aşamaları | İş parçalarına göre işlem süresi (dk.) | | | | |
|--|--|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Parça kalıbına göre delme ünitesinin ayarlanması | 2 | 2 | 0,5 | 2,5 | 2,5 |
| Kayış tertibatının hazırlanması | 1 | 1,5 | 0,5 | 1,5 | 1,5 |
| Çoklu delik delme işlemleri | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Toplam etüt süresi | 3,15 | 3,65 | 1,15 | 4,15 | 4,15 |
| Ortalama etüt süresi | 4,06 | | | | |

**Şekil 6.** Delme Ünitesi Yeni Tasarımı Üzerinde Yükleme, Gerilme, Sehim Ve Güvenlik Katsayısı Değerleri
(Loading, Stress, Deflection and Safety Coefficient Values on New Design of Drilling Unit)

Şekil 6b'de görüldüğü üzere yeni sistemin 92 N'lik yüke karşı vermiş olduğu gerilme grafiği yer almaktadır. Burada malzeme akma mukavemeti 235 MPa iken elde edilen maksimum gerilme değeri 45 MPa olduğu için sistem emniyetlidir. Şekil 6c'de delme ünitesindeki maksimum yer değiştirme 0,027 mm lik bir yer değiştirme görülmektedir. Şekil 6d'de delme ünitesinin güvenlik katsayısı değer minimum 5 olarak tespit edilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Yeni tasarımda şu özellikler iyileştirilmiştir.

- Tezgâh kurulumu ve yeniden ayar işlemlerindeki fonksiyon adım sayıları azaltıldı.

- Tezgâh kurma ve yeniden ayar işlemleri kolaylaştırıldı.
- Tezgâhın emniyet güvenilirliği artırıldı.
- Tezgâhın çalışması güvenliği artırıldı.
- Tezgâh yarı otomatik hale dönüştürüldü.
- Tezgâh kurulum ve yeniden ayar zamanı azaltıldı.
- Tezgâh verimliliği artırıldı.
- Ürün üzerindeki delik konum hataları ortadan kaldırıldı.
- Temiz bir çalışma ortamı oluşturuldu.
- Delme işlemi sırasında çıkan aşıp talaşının merkezi depolama sistemine bağlandı.
- Ham ve mamul malzeme depolama işlemi kolaylaştırıldı.
- Kolay yönetilebilir bir çalışma ortamı oluşturuldu.
- Makine bakımı ve kontrolü kolaylaştırıldı.

Tezgâhın kurulumu ve yeniden ayar işlemlerindeki fonksiyon adım 6'dan 3'e indirilmesi ile sistem

basitleştirilmiştir. Eski sisteme göre çalışan çoklu matkap tezgâhının kurulumu ve yeniden ayarlanması aşamalarını belirlemek için yapılan, iş etüdünde altı adım olduğu görülmüştür. Bunlar;

- Delme ünitelerinin hazırlanması
- İlk kurulum
- Parça kalıbına göre kontrol
- Son kurulum ve kayış tertibatının hazırlanması
- Delme ünitelerinin hareketli tablaya montajı
- Çoklu delik delme işlemidir.

Geliştirilen sisteme göre çalışan çoklu matkap tezgâhının kurulumu ve yeniden ayarlanması aşamalarını belirlemek için yapılan, iş etüdünde ise adım sayısı 3'tür. Bunlar;

- Parçanın kalıba göre delme ünitesinin ayarlanması
- Kayış tertibatının hazırlanması
- Çoklu delik delme işlemlerinin yapılması şeklindedir.

Eski sistemdeki dört adım delme ünitelerinin hazırlanması, ilk kurulum, parçanın kalıbına göre kontrol ve delme ünitesinin hareketli tablaya montajı, yeni sistemde tek bir ünite üzerinde, parçanın kalıba göre delme ünitesinin hazırlanması, birleştirilerek işlem basamakları azaltılmıştır. Eski ve yeni sistemlerin kurulum ya da yeniden ayar aşamaları karşılaştırıldığında işlem adım sayısının azaltılmasıyla %50 oranında bir iyileşme sağlanmıştır.

Mevcut sistemde 520 dakikalık günlük çalışma süresinin 216 dakikalık kısmı makinenin üretime hazırlanması için kullanılırken, geliştirilen sistem ile bu süre Tablo 6'dan da görüldüğü gibi 60,9 dakikaya indirilmiştir.

Eski sistemle çalışan tezgâhın etkin kullanım oranı $((520 - 216,6)/520) = \%56,34$ iken, yeni sistemde tezgâhı etkin kullanma oranı iyileştirilerek $((520 - 60,9)/520) = \%88,29$ değerine yükseltilmiştir. Tablo6 dan da görüldüğü gibi kurulum için kullanılan zaman yeni sistem de azaltılarak iyileşme oranı %71,88 olmuştur. Bu iyileşmelerle, hat dengelemede dar boğaz oluşturan çoklu matkap tezgâhı, montaj hatlarına çok delikli sunta parçaların zamanında ulaşması sağlanabilecektir.

Eski sistemde tezgâh operatörü, delme ünitesini ayarlamak için manuel olarak altı adımdan oluşan işlemleri yapmanın yanı sıra, tezgâhın üst bölge ayarları için oldukça çaba sarf ediyordu. Yeni sistemde ise işlem adımı altıdan üçe düştüğü gibi, sadece delme kalıbına göre bir butona basması ile çaba sarf etmeden, elektro pnömatik kumanda sistemlerin eklenmesiyle, tezgâh yarı otomatik hale dönüştürülmüştür. Tezgâh kurulumunda kullanılan buton ve kontrol noktalarının da tezgâh operatörünün rahatlıkla ulaşabileceği konumlara yerleştirilmiş olması ile ergonomik bir tasarım yapılmıştır. Ortaya konan ergonomik tasarım sayesinde operatörün bedensel ve zihinsel yıpranması da bertaraf edilmiştir.

Eski tezgâhta güvenli çalışma imkânı bulunmamaktadır. İş sağlığı ve güvenliği açısından, önleyici tedbirler alınarak, sistemin çalışması güvence altına alınmıştır. Yeni tasarlanan tezgâhın, üzerinde birbirine göre dönerek ya da doğrusal izafi hareket eden, elemanların çevreye ve çalışanlara zarar vermemesi için tezgâha eklenen güvenlik kapağı kapatılmadan tezgâh çalışmamaktadır.

Benzetim testlerinde elde edilen sonuçlara göre mevcut ve yeni sistem delme üniteleri mukavemet, yer değiştirme (sehim) ve emniyet katsayısı değerlerine ait kıyas Tablo 7'de ve yeni tasarlanan makine Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo 7'den görüldüğü gibi, delme ünitesi üzerinde yapılan iyileştirmelerden dolayı, tezgâhın emniyetli çalışması mevcut sisteme göre 1,6 değerinden 5'e çıkarılarak %220 artırılmıştır. Benzer şekilde maksimum gerilmede %68,96 ve sehimde %41,17 büyüklüğünde iyileştirmeler gerçekleştirilerek sistem güvenilirliği artırılmıştır.

Mevcut sistemdeki ayarların manüel olarak yapılması, ürün üzerindeki delik konum hataları oluşturarak ürün kalitesini etkiliyordu, yeni sistemin yarı otomatik hassa ayarlanabilir şekilde dönüştürülmesi ile bu hatalar ortadan kaldırılmıştır.

Mevcut sistemde, delme işlemi sırasında çıkan ahşap talaşlar insan sağlığı, makine bakımı, çevre ve ürün kalitesi üzerinde olumsuz bir etki oluşturmaktaydı. Geliştirilen tezgâha, merkezi talaş toplama donanımının da eklenmesi ile tüm olumsuzluklar bertaraf edilmiştir.

Tablo 6. Mevcut ve Yeni Sistem Ayar Süresinin Toplam Çalışma Zamanına (520 dk.) Göre Karşılaştırılması 3
(Comparison of Existing and New System Set Times to Total Working Time (520 dk.))

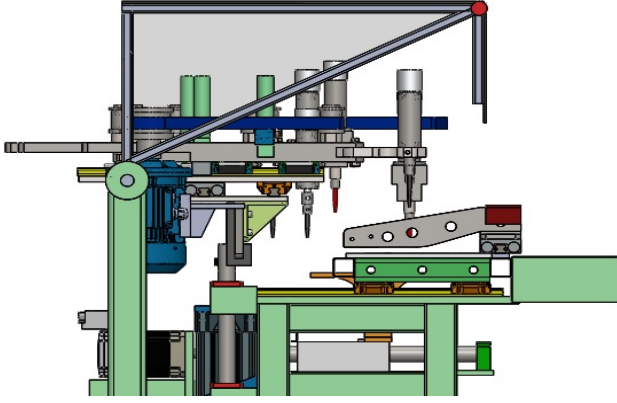
| | Günlük ayar sayısı | Ortalama tek ayar süre (dk.) | Günlük toplam ayar süresi (dk.) | Toplam ayar ve çalışma süresi oranı (%) | İyileşme oranı (%) |
|---------------|--------------------|------------------------------|---------------------------------|---|--------------------|
| Mevcut sistem | 15 | 14,44 | 216,6 | 41,65 | 71,88 |
| Yeni sistem | 15 | 4,06 | 60,9 | 11,71 | |

Tablo 7. Mevcut ve Yeni Sistem Mukavemet karşılaştırma Tablosu (Existing and New System Strength Comparison Chart)

| Faktör | Mevcut sistem | Yeni sistem | İyileştirme (%) |
|------------------------|---------------|-------------|-----------------|
| Maksimum gerilme (MPa) | 145 | 45 | 68,96 |
| Minimum Sehim (mm) | 0,034 | 0,02 | 41,17 |
| Emniyet Katsayısı | 1,6 | 5 | 212,5 |

Geliştirilen tezgâha eklenen ve birbiri ile uyumlu çalışan donanımların sayesinde, tezgâhın kurulum, yeniden ayar, makine bakım ve kontrol işlemleri basitleştirilerek tezgâh kullanım etkinliğinin artmasına katkı sağlanmıştır.

Yeni tasarlanan ergonomik, güvenli, güvenilirliği yüksek ve etkin çalışma oranı artırılmış tezgâhın yandan görünüşü Şekil 8 te görülmektedir.



Şekil 8. Yeni Tasarlanan Makinenin Yandan Görünüşü
(Side View of the Newly Designed Machine)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Çalışma kapsamında TRIZ çelişkiler matrisi, işlem etüt sürelerinin fazla olması sebebiyle üretimi olumsuz yönde etkileyen mevcut ‘Çoklu Delik Delme’ makinesinin geliştirilerek yeniden tasarlanması için bir aracı olarak kullanılmıştır. TRIZ çelişkiler matrisinin problemin çözümü için sunduğu prensipler değerlendirilerek revize edilen alt sistemler ve bunların çözüm yollarına ait kavramsal tasarım tablosu oluşturulmuş, ihtiyaç duyulan sistemin ortaya çıkarılması için beyin fırtınası ve sistematik tasarım tekniklerinden de faydalanılarak yeni bir sistem tasarlanmıştır.

Yeni sistemin evrensel yapısı ve kolay kullanılacak elemanlara sahip olduğu için işlem adım sayısı 6’dan 3’e düşürülmüştür. Mevcutta delme ünitelerinin hazırlanması, ilk kurulum, son kurulum ve delme ünitelerinin hareketli tablaya montajı adımları ortadan kaldırılmıştır.

Mevcut sistemde 520 dakikalık günlük çalışma süresinin 216 dakikası makinenin üretime hazırlanmasında harcanmakta iken geliştirilen sistem ile bu süre 60,9 dakikaya indirilmiştir. Tezgâh yarı otomatik hale getirilerek üretim hızında %71,88’lik bir artış sağlanmıştır.

Sistem verimliliğini artırırken sistem karmaşıklığındaki kötüleşmeye ortadan kaldırmak için TRIZ çelişkiler matrisinde yeniden boyutlama önerilmektedir. Bu doğrultuda delme ünitesi yeniden boyutlandırılmıştır. Eski ve yeni delme ünitelerinin benzetimi yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre yeni sistemin delme

ünitesinin dayanımı %68,96, yer değiştirmesi %41,17 ve emniyet katsayısı %212,5 iyileşmiştir.

Geliştirilen sisteme makine koruyucu elemanlarla güvenli ve operatörün kullanımına uygun hale dönüştürülmesi ile ergonomik bir tasarım oluşturulmuştur.

Sistemin tüm elemanlarının istek listesine uygun katı modelleri ve imalatı için gerekli tüm teknik resimleri tamamlanmış olup imalat planına alınmıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Börklü H. R., Computer-aided conceptual design based on design catalogues, *Politeknik Dergisi*, 4 (3), 77-78, 2001.
2. Pahl G. ve Beitz W., *Engineering Design: A Systematic Approach*, The Design Council, Londra, İngiltere, 1988.
3. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J. ve Grote K.H., *Engineering Design: A Systematic Approach*, Springer Verlag, Londra, İngiltere, 2007.
4. Altshuller G.S., *Creativity as an exact science: The theory of the solution of inventive problems*, Gordon & Breach, New York, A.B.D., 1984.
5. Orloff M. A., *Inventive Thinking Through TRIZ. A Practical Guide*, Springer-Verlag, Berlin, Almanya, 2006.
6. Kaya M.O., *Triz ile Yenilikçi Mühendislik Eğitimi Tasarlama*, *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 1 (2), 58-61, 2018.
7. Souckov V., *TRIZ: A Systematic Approach to Innovative Design*, <http://www.insytec.com/TRIZApproach.htm>. Erişim tarihi Aralık 10, 2019.
8. Royzen Z., *Tool, Object, Product (TOP) Function Analysis*, <https://triz-journal.com/tool-object-product-top-function-analysis>. Yayın tarihi Ekim19, 1999. Erişim tarihi Ocak 15, 2021.
9. Ensarioğlu C.M., Çakır C., Çavdar K., *Yaratıcı Yenilikçi Problem Çözme Tekniğinin (TRIZ) Montaj İçin Tasarım Alanına Uygulanması*, *TİMAK-Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir-Türkiye, 11-18, 26-28 Nisan, 2006.
10. Kuncan M., Kaplan K., Ertunç H.M., Küçükateş S., *Design, production and novel NC tool path generation of CNC tire mold processing machine*, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33 (3), 1183-1999, 2018.
11. Serkan A., Dereli T., Özşalap C., *New product design for military aviation maintenance activities through quality function deployment (QFD)*, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34 (4), 2187-2202, 2019.
12. Canbulut F., Demirtaş B., *Tasarımda Beyin Fırtınası ve TRIZ Kullanımı: Baza Makas Kaldırma Sistemi Örnek Çalışması*, *Dergi Park, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7 (3), 614-624, 2019.

13. Durgun İ., Doruk E., TRİZ Yaklaşımını kullanarak Önden Çarpmalı Trafik Kazalarında Yayaların Güvenlik Koşullarının İyileştirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15 (015901), 1-6, 2015.
14. Söğütlü C., Eroğlu F., Ankara'da faaliyet gösteren mobilya işletmelerinin fiziki koşullarının incelenmesi, Politeknik dergisi, 2008, 11 (4),373-378, 2008.
15. Şenol A.E., Durmuşoğlu Ş., Sulukan E., Özkan D., İş Güvenliği Donanımlarına Özel Bir Bakış: Abkant Örneği, Mühendis ve Makina, 60 (696), 231-250, 2019.
16. 16.Azeloğlu C.O., Alper M.E., Yeni Bir Hidroterapi Egzersiz Aletinin Sistemik Konstrüksiyon Yaklaşımıyla Kavramsal Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji,7 (2) 291-302, 2019.
17. 17.Börklü H.R., Helvacılar E. Özdemir V., Conceptual Design of a New Buoy, Journal of Science Part A: Engineering And Innovation, 4 (4), 125-143, 2017.
18. 18. Mayda M., Börklü H.R., Yeni ve İnovatif bir Kavramsal Tasarım İşlem Modeli ile Su Filtresi Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 2 (1), 169-180, 2013.
19. 19. Ersoy M., Çelik M.Y., Yeşilkaya L., Çolak O., Combination of Fine-Kinney and GRA methods to solve occupational health and safety problems, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34 (2), 751-770, 2019.
20. 20. Demirtaş B., Yenilikçi problem çözme tekniği TRIZ kullanılarak makine tasarımı/geliştirme ve bir uygulama, Master Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2020.