Thermode Welding Machine Manufacturing with Industry 4.0 Technologies in the Automotive Sector

Otomotiv Sektöründe Endüstri 4.0 Teknolojileri İle Termod Kaynak Makinası İmalatı

Uğur Yücel [1] , Umut Taşkın [2], Samet Tükel [3]

[1] Kocaeli University, Hereke Asım Kocabıyık Vocational School, Turkey

[2,3] Gürçelik Makina A.Ş. 41400 Gebze, Kocaeli, Turkey

ORCID ID: 0000-0003-1201-4672 uyucel@kocaeli.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-0018-464X utaskin@ gurcelikmakina.com

ORCID ID: 0000-0001-8154-3557 stukel@gurcelikmakina.com
** Uğur Yücel*

Abstract

In today's world, businesses maintain their competitiveness by using the developing technologies in their production systems, which we can express under the title of Industry 4.0. The automotive industry is a sector that requires high technology and is highly competitive. Although meeting the demands for high speed, efficiency and product quality requires investment costs, companies that make these investments can find a place for themselves in the global market. The mounting process of the sensors used in the automotive industry and checking whether the mounting process complies with the standards are carried out at 6 different workstations. Manufacturing with different machines causes more personnel, slower speed and lower efficiency. With the developed PDM246 Thermote Welding Machine, it ensures that the sensors, which are manufactured in 6 independent areas, are mounted on the machine and the quality control of the process is carried out in a single workstation. Pre-Assembly, PCB Assembly to Housing with Thermode Welding, Connector Part Assembly, Soldering, Solder Control and Marking units constitute the workstation. Each unit in the workstation can communicate with other units. The PDM246 communicates with other stations via IoT and its data is stored on the institution's server. The machine can be accessed and controlled remotely. Image processing systems are also used in control processes. Speed, efficiency, quality increase, remote access and controllability, data collection increases the usefulness and efficiency of the machine.

Keywords: *Automotive, Industry 4.0, Machine Communication, IoT*

1. Giriş

Otomotiv sektörü ülke ekonomilerine yüksek katma değer sağlarken, yedek parça, akaryakıt, sigorta, servis, demir-çelik, petrokimya gibi pek çok sektörün gelişmesine katkı sunmaktadır. Elektrikli ve otonom araçlar konusunda yapılan yatırımlar teknolojilerin gelişmesine de etki etmektedir. Otomotiv sektörü dünya ekonomisinin %5'ini oluşturmaktadır [1].Otomotiv sektörünün oluşturduğu pastadan pay alabilmek için otomotiv ve yan sanayicileri büyük bir rekabet sergilemektedir. Otomobil endüstrisi araştırma, geliştirme ve üretime 2020 yılında yaklaşık 85 milyar € yatırım yapmıştır. Otomobil endüstrisi, diğer endüstrilerin ve toplumun teknoloji düzeyinde kilit bir rol oynar ve araştırma ve geliştirmede en büyük yatırımcılardan biridir. Sadece yirmi altı ülkede 430 milyar Euro'nun üzerinde katma değer oluşturmuştur. Bu büyük pastadan pay alabilmek için araç ve yan sanayi firmaları, tedarikçiler kıyasıya rekabet halindedir [2].

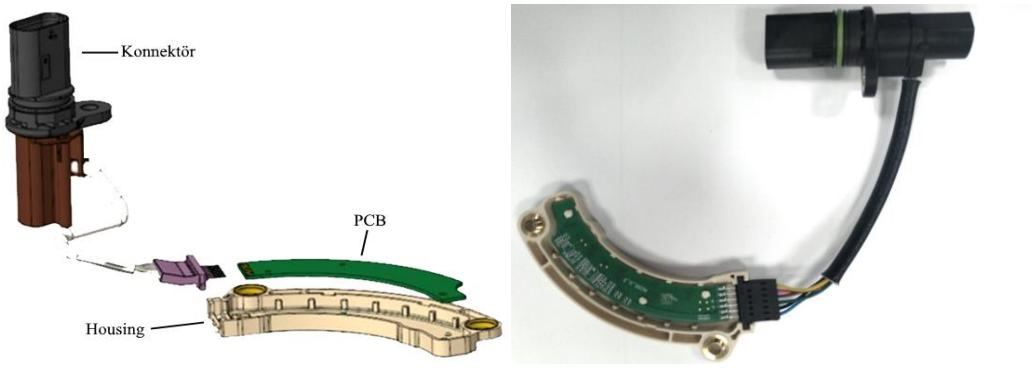
Yüksek adetlerde çeşitliliğin az olduğu üretim şekline seri (sürekli) üretim adı verilmektedir. Seri üretimde, sistemin başlangıç noktasından başlayan hammadde, yarı mamul ve parça gibi girdiler, işlem birimlerinden geçer ve son ürün haline dönüşerek sistemden çıkarlar [3]. Seri üretim ileri bir teknolojiyi gerektirir ve karmaşık ürünleri üreten sistemlerde görülür. Ana özelliği ürün akışı (ürünün hareket halinde olması) ve tesislerin üretilecek ürüne göre tasarlanmasıdır [4].

Endüstri 4.0 teknolojileri kullanılarak daha fazla işi daha az işçiyle yapılmasını sağlayarak işçilik maliyetlerinde avantaj sağlamaktadır. Kullanılacak yüksek teknolojiler, mühendislik ve tüketilen enerjiden de yapılan tasarrufu arttıracaktır. Üretim hızının artması müşteriye hizmet süresinin kısalmasını sağlamaktadır. Yüksek hız stok tutma ihtiyacını ortadan kaldıracak, yalın üretime geçişi kolaylaştıracak ve depolama maliyetlerini düşürecektir. Üreticilerin talep ettikleri yüksek nitelikli ürünler, bu ürünleri üretmek için yapılan yatırımlar insanların yaşam kalitesini arttırmaktadır. Yüksek verimlilik, doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını ve doğaya verilen zararın en aza inmesini sağlamaktadır [5].

Endüstri 4.0 global şirketlerin, hammadde tedarikçileri, fabrikaları, dağıtımcıları ve müşterileri arasındaki sistematik iletişim ağını kurmaktadır [6]. Üretim modelinde ise sensör ve aküatörler ile donatılmış otonom makinalarda, IoT ile diğer makinalarla haberleşme, siber güvenlik, büyük veri, yapay zeka, görüntü işleme, arttırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılmaktadır. Birbirine bağlı sistemler nesnelerin interneti sayesinde aralarında yaptıkları bilgi alışverişiyle olası arızaları öngörerek önlemektedir [7].

2. Amaç

Bu makalede otomotiv sektörüne hizmet veren global bir firma için elektrikli araçların motor pozisyonunu belirleyen sensörün kart montajını yapan makine tanıtılacaktır. Gürçelik Makina Ar-Ge Merkezi tarafından tasarlanan Termod Kaynak Makinası ile 3 parça montajı ve montajlanan parçaların kalite kontrolü tek makinede yapılabilmektedir. Sensörde amaç Housing, PCB kart ve konnektörün montajının ve elde edilen ürünün kalite kontrolünün yapılmasıdır. Ürünü meydana getiren parçaların demonte teknik resmi ve ürünün son hali Şekil 1'de görülmektedir. Amaç dağınık şekilde gerçekleştirilen üretim ve kontrol işlemlerini tek bir sistem üzerinde gerçekleştirmektir.



Şekil 1: Termod kaynak makinası ile imal edilen sensörün demonte teknik resmi ve montajlı resmi

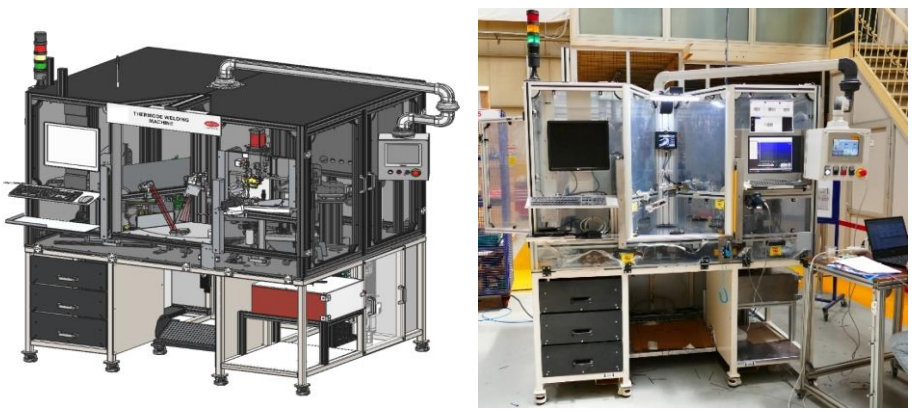
3. Tasarım

Sensör montaj ve kontrol işlemlerinin bir arada yapılabilmesi yönünde 01.10.2020 tarihinde Gürçelik Makina'ya talebin iletilmesini takiben, Gürçelik Ar-Ge Merkezi ekibi teknik veriler ışığında PDM246 Termod Kaynak Makinası'nın tasarım çalışmalarını tamamlamıştır. Sistem tasarımında hız, verimlilik, güvenlik ve bakım kolaylığı hedeflenmiştir. 180 x 200 x 250 cm ölçülerinde ve 850 kg. ağırlığında yüksek kabiliyetli bir makine tasarlanmıştır. Makine Şekil 2'te gösterilen Weiss döner tabla üzerine kurgulanmıştır.



Şekil 2: Weiss iş istasyonu döner tablası

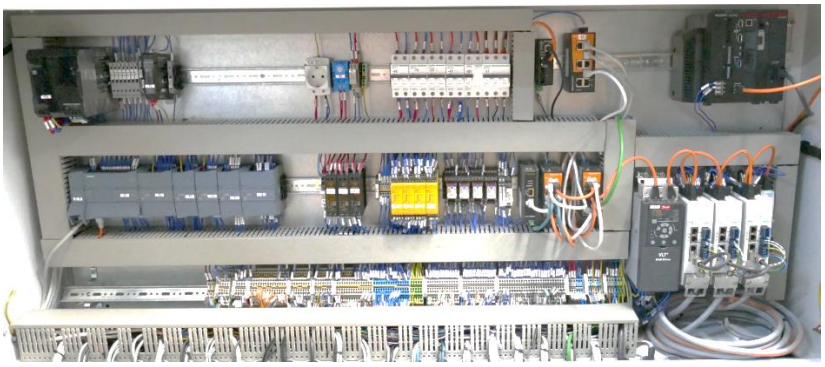
Makinenin teknik resmi ve imalat aşamasındaki fotoğrafı Şekil 3'de görülmektedir. İmalat kararının alınmasını takiben ilk aşamada makinanın mekanik kısımları imal edilmiştir.



Şekil 3: Makine teknik resmi ve imalat aşaması

4. Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi

Makine kontrol elemanı olarak 14 giriş 10 çıkışlı Siemens S7-1214C (6ES71214-1A640-OXBO) PLC kullanılmış olup, 6ES7223-1BC32-OXBO 16I/16Q ek dijital modül, 6ES7221-1BH32-OXBO 16I dijital modül, 6ES7221-1BF32-OXXO 8I dijital, 6ES7231-4HD32-OXBO AI4 analog, 6ES7231-4HD32-OXBO AI8 analog modülleri ile desteklenmiştir. Ayrıca 6ES7241-1AH32-OXBO RS232 modülü ile el tipi barkod okuyucu kullanımına imkan vermektedir. Tüm sistemde toplam 54 dijital giriş, 26 dijital çıkış, 12 analog giriş kullanılmıştır. Arayüz elemanı olarak Proface PFXGP4401WADW 7" HMI kullanılmıştır. Cihazların internete bağlanmasını sağlayan Weidmüller switch ile makineler arasında haberleşme sağlanmış, sistemin fabrika ağına bağlanması ve uzaktan erişim sağlanmıştır. Ayrıca Secomea SM1129 kullanılarak PLC içindeki verilere doğrudan erişim sağlanmaktadır. Yani secomea PLC'nin kontrol ettiği sisteme IoT özelliği kazandırmıştır [8][9][10]. Makine yönetimini sağlayan tüm kontrolör ve sürücülerin bulunduğu pano Şekil 4'te görülmektedir.



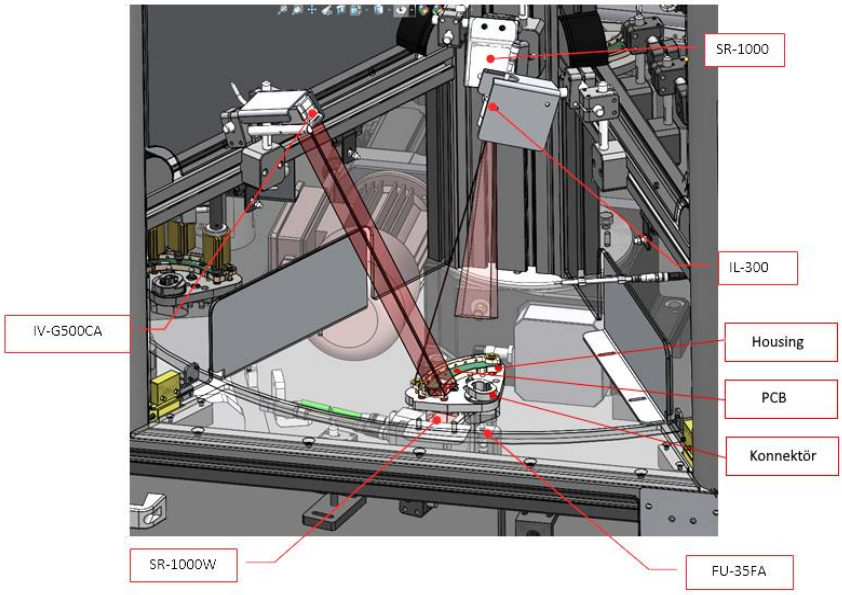
Şekil 4: Makine panosu

5. Makine İşlem İstasyonları

Makineyi oluşturan 6 istasyon kendi arasında haberleşmektedir. Örneğin herhangi bir istasyonda hatalı üretim sonucu ıskartaya ayrılması gereken ürün, takip eden istasyonlar tarafından bilinmekte ve bu istasyonlarda ıskarta ürüne işlem yapılamamaktadır. Ürün 6. İstasyonda hatalı ürün olarak atılmaktadır.

5.1 Ön Montaj İstasyonu

1. İstasyon ön montaj istasyonudur. Bu istasyonda operatör Housing'i, PCB kart'ı ve konnektörü posajlarına yerleştirir. Housing, PCB kart ve konnektörün varlıkları kontrol edilir. Kontrol yöntemleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Keyence SR-1000W barkod okuyucusu Housing'in altında yer alan QR kodu okuyarak malzemenin varlığını onaylamaktadır. Aynı anda Housing ile ilgili bilgileri üretim takip sistemine bildirmektedir. Keyence FU-35FA bir lazer sensörü olup konnektörün olup olmadığını ve posajdaki yerine tam yerleşip yerleşmediğini ayarlanmış mesafe aralığı ile kontrol etmektedir. Keyence IV-G500CA görüntü işleme kamerası konnektörün Housing üzerinde bulunan yataklarda olup olmadığını ayrıca konnektörün ters mi düz mü olduğunu kontrol etmektedir. Keyence IL-300 lazer mesafe algılama sensörü Housing'in Z eksenindeki konumunu kontrol etmektedir.

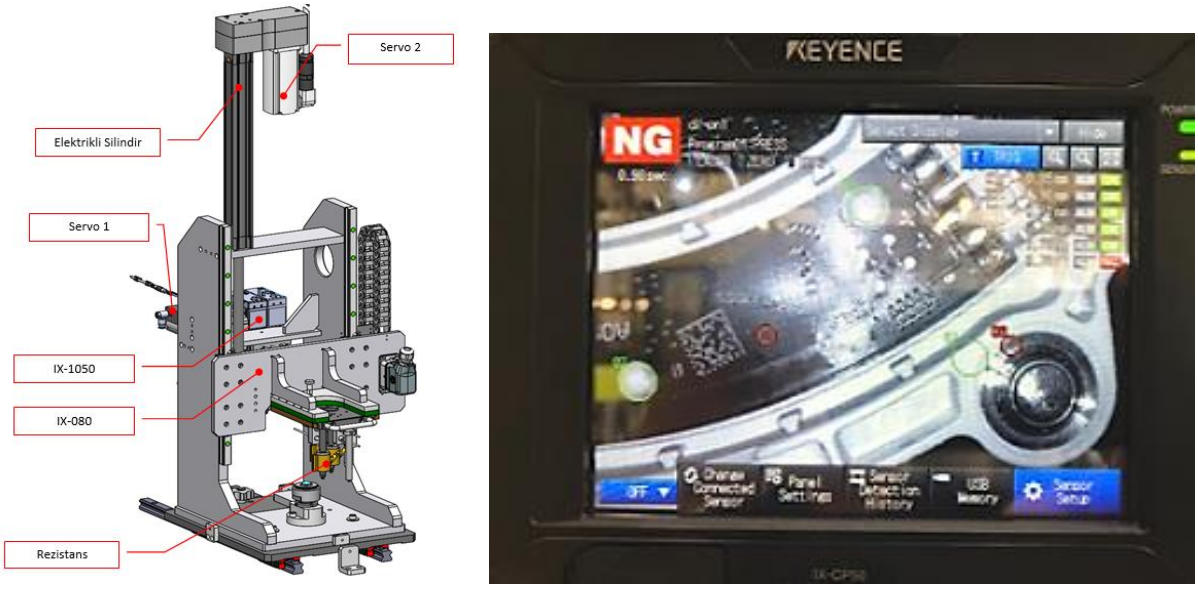


Şekil 5: Makine 1. İstasyonunda gerçekleşen kontroller.

Makinanın üst kısmında bulunan Keyence SR-1000 barkod okuyucu PCB üzerindeki barkod bilgilerini okuyarak PCB varlığını test eder. Aynı zamanda PCB bilgisini üretim takip sistemine bildirmektedir. Şayet istasyonda malzemeler mevcut ve doğru konumlanmışsa makina tablası servo motor kontrolü ile 60° döner ve ürünü 2. iş istasyonuna taşır.

5.2 PCB-Housing Montaj İstasyonu

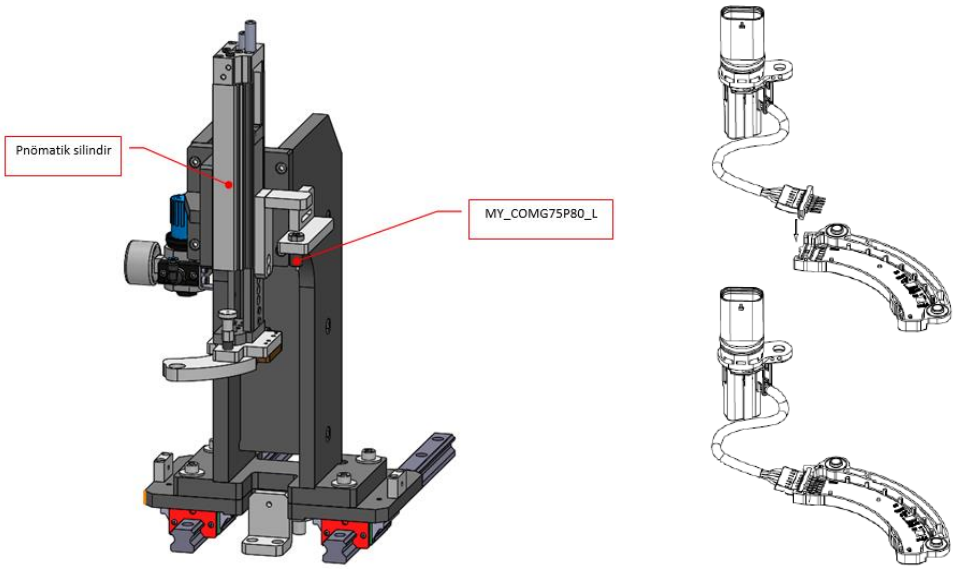
2. iş istasyonunda PCB'nin Housing üzerinde yerleştiği PVC pinler eritilmekte ve PCB'nin Housing içine sabitlenmesi sağlanmaktadır. Servo 1 ile, Keyence IX-1050 ve Keyence IX-080 kameraları hareket ettirilir. Bu kameralar sıcak ezme öncesi hausing üzerinde bulunan PVC pinlerin yüksekliğini kontrol eder. Doğruluğu onaylanan malzemenin eritilmesi için rezistanslar Servo 2 yardımı ile hareket eder ve PVC pinleri eritir. Böylece PCB kart ile Housing'i kalıcı olarak birleştirir. Birleştirme işlemini takiben Servo 1 yardımı ile IX-1050 ve IX-080 kameraları tekrar sensör üzerine taşınır. Birleştirme işleminin doğruluğu, belirlenmiş değerler içinde olup olmadığı kontrol edilir. İstasyonun prensip şeması ve ürünün kalite kontrolünün yapıldığı IX-1050 kamera görüntüsü Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6: 2. İş istasyonu prensip şeması ve IX-1050 kamera görüntüsü

5.3 Konnektör Bağlantı İstasyonu

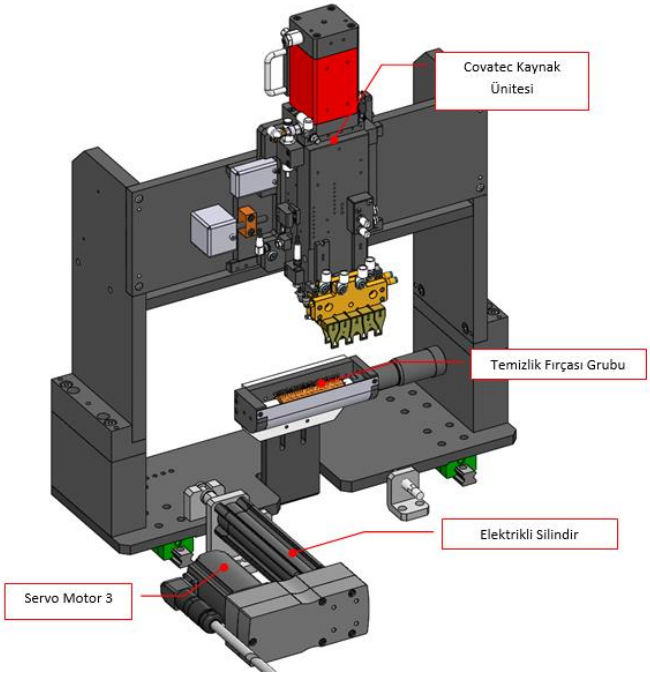
3. iş istasyonu Konnektörün Housingde bulunan yuvasına yerleştirilmesi ve kontrol işlemlerini gerçekleştirir. 3. istasyonun prensip şeması ve Konnektörün Housing'e yaklaşımı Şekil 7'de gösterilmektedir. Montaj basıncı pnömatik silindir ile sağlanmakta olup Baumer MY_COMG75P80_L hassas konum sensörü konnektörün doğru yerleştirildiğini kontrol eder. Silindir basıncı şartlandırıcı ile ayarlanabilmektedir.



Şekil 7. 3. İş istasyonu prensip şeması ve istasyonun yaptığı işlem

5.4 Lehimleme İstasyonu

4. istasyon konnektör pinlerinin PCB karta lehimleme işleminin yapıldığı istasyondur. Şekil 8'de görülen lehimleme istasyonunda Covatec Kaynak Ünitesi Z ekseninde hareket ederek lehimleme işlemini 16 saniye süresince gerçekleştirir. Lehimleme işlemi sırasında BOFA hava emiş ünitesi devreye girerek zararlı gazı makine içerisinden filtrelemektedir. 15 çevrimde bir kaynak ünitesinin ucunda biriken lehim artıkları temizlenmelidir. Temizleme için çevrim sayısı operatör veya bakım sorumlusu tarafından HMI kullanılarak ayarlanabilmektedir. Uç temizleme işlemi için Servo Motor 3 sistemi geri hareket ettirerek fırça grubuna taşır. Fırça grubu dönme hareketine başlar ve temizlik işlemi tamamlanır.



Şekil 8. Lehimleme istasyonu prensip şeması

5.5 Lehim Kontrol İstasyonu

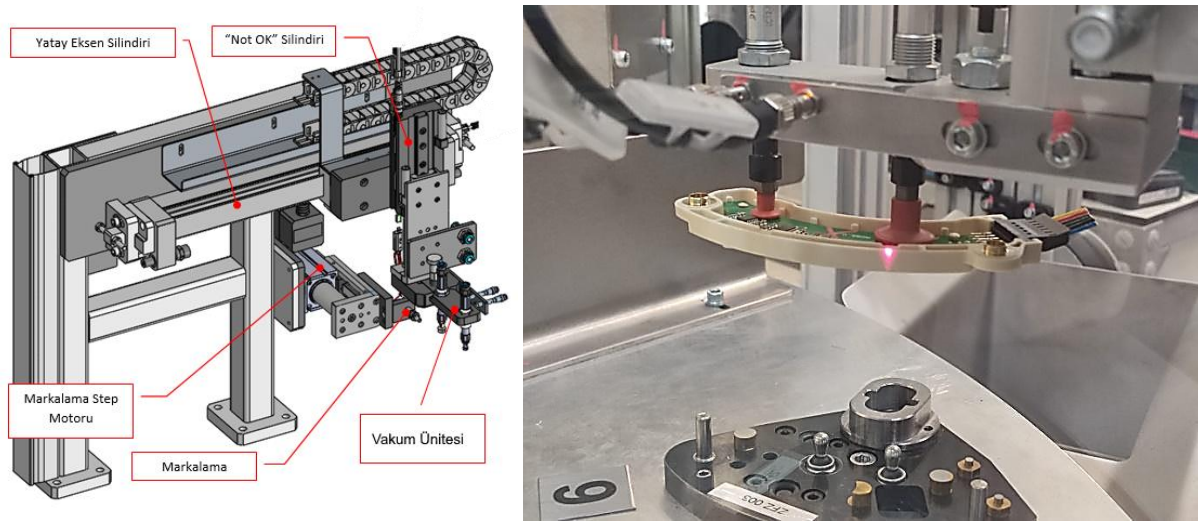
5. istasyonda lehim kontrol işlemi Keyence XR-HT15M kamerası ile görüntü işleme teknolojisi kullanılarak yapılmaktadır. PCB üzerinde kontrolü yapılması gereken 6 lehim noktası bulunmaktadır. XR-HT15M kamerasının algılama alanı, kontrol edilecek 6 noktayı kapsamamaktadır. Kamera 1 konumunda 3 lehim noktasının görüntüsünü kaydeder. Servo Motor 4 kullanılarak kamera yatay eksende hareket ettirilir ve 2 konumunda diğer 3 lehim noktası da kayıt edilmiş olur. Şekil 9'de istasyonun prensip şeması, istasyon ünitesi ve XR-HT15M sisteminin PC arayüzü görülmektedir.



Şekil 9. Lehim kontrol istasyonu prensip şeması ve XR-HT15M kamera PC Arayüzü

5.6 Markalama İstasyonu

6. istasyonda tüm istasyonlarda “OK” alan sağlam ürünler markalanır. Step motor ile markalama probu malzeme yüzeyine temas ettirilir. Markalama işleminde Ingun probu kullanılmaktadır. Herhangi bir istasyonda yapılan işlem ve kontrol sonuçları olumsuz olan ürünler ise “Not OK” alarak ıskartaya ayrılır. Iskartaya ayrılacak ürünler, iki eksende hareket edebilen pnömatik silindir ucundaki vakum ünitesi yardımı ile sistem dışına atılır. İstasyon prensip şeması ve ıskartaya ayrılan ürün görüntüsü Şekil 10’da gösterilmektedir.



Şekil 10: 6. İstasyon prensip şeması ve ıskartaya ayrılan ürün görüntüsü

6. Bakım Kolaylığı

Makinada 26 adet endüktif/kapasitif sensör, 2 adet ışık bariyeri, 4 kamera, 2 adet barkod okuyucu, 2 adet lazer sensör, 1 adet MyCom konum sensörü kullanılmıştır. Yüksek adetteki sensör sayısı oluşacak veya oluşan arızaların operatöre bildirilmesini ve bakım işleminin hızlanmasını sağlamaktadır.

Makine istasyonları arasındaki haberleşme kullanılarak bakım kolaylığını desteklemektedir. Örneğin herhangi bir istasyonda art arda 3 “NOK” ürün alınması veya 1 saat içerisinde 20 “NOK” ürün alınması durumunda, makine duruşa geçmekte, bakımcının sisteme müdahale etmesi istenmektedir. Oluşan arızalar sensörlerden gelen bilgilere bağlı olarak panel ekranında görüntülenmektedir. “NOK” alan ürün sayısındaki artışın tespiti ve kalite düşüşüne erken müdahale edilmesi, oluşabilecek acil arızaların önüne geçilmesini sağlar.

7. Güvenlik

Termod Kaynak Makinası tasarımı ve imalatında EN ISO 12100:2010, EN 60204-1:2018 standartları kullanılmıştır [11][12]. Operatör sadece 1. İstasyona ürün yükleyebilir. Ürün yükleme esnasında ışık bariyeri makinanın enerjisini keserek güvenli çalışma sağlar. Montajı yapılacak ürünler tamsa ve operatör 1. İstasyon alanından ayrılmışsa üretim başlar. Tüm işlemler operatörün müdahale edemeyeceği kapalı sistemde ve otomatik olarak yapılır. Bakım müdahalesi için açılır kapılar, manyetik switchler ve mekanik kilitler ile korunmuştur. Örneğin 2. İstasyonda bulunan ve ısı seviyesi 400 °C’ye kadar ulaşabilen sıcak ezme kafasında bakım çalışması yapabilmek için kapakların açılması gerekmektedir. Kapaklar, ezme kafası sıcaklığı operatör tarafından belirlenen güvenli sıcaklığa inmeden açılamamaktadır. Operatörün çalışma ergonomisi düşünülerek hareket kabiliyetine sahip operatör panelleri kullanılmıştır.

8. Sonuç

Otomotiv sektöründeki gelişme, teknolojinin ilerlemesini ve ülke ekonomilerinin güçlenmesini sağlamaktadır. Firmaların rekabet gücünü korumak için üretim teknolojilerine yatırım yapması gerekmektedir. Otomotiv elektriği konusunda sektöründeki global pazarda etkin bir firma, yüksek teknolojik altyapıya sahip bir makine üretim talebini Gürçelik Makinaya iletmiştir. Talep üzerine insan müdahalesi olmayan, yüksek verimli montaj makinası tasarımı ve üretimi yapılmıştır.

Farklı makineler kullanılarak aynı işlemleri yapmak fazla personele, yavaş hıza ve düşük verime sebep olmaktadır. Geliştirilen PDM246 Termod Kaynak Makinası PCB, Housing, Konnektör olmak üzere 3 farklı parçanın montajını ve çıkan ürünün standartlara uygunluğunu kontrol etmektedir. Makine; Ön Montaj, Termod Kaynak ile PCB-Housing Montajı, Bağlantı Parçası Montajı, Lehimleme, Lehim Kontrol ve Markalama olmak üzere 6 iş istasyonundan oluşmaktadır. Ana kontrolör olarak PLC kullanılmış olup, hareket kontrolü için servo motorlar, panel, secomea IoT elamanı, kalite kontrolü için görüntü işleme teknolojileri kullanılmıştır. Makinaların birbiri ile ve sistem ile haberleşmesi sağlanmış, aynı zamanda makine bilgileri merkezi server’a iletilmiştir. Makinanın çalışması toplam 37 sensör ile kontrol edilmektedir.

Endüstri 4.0 başlığı altında ifade edilen IoT, Big Data, Görüntü İşleme, Makinalar Arası Haberleşme, Scada gibi teknolojilerin tümü, 9 m^3 hacme sahip Termod Kaynak Makinasında kullanılmıştır. Endüstri 4.0'ın yüksek verimlilik hedefine ulaşılmıştır. Makinada 200 adet/saat ile üretim yapılmaktadır. Bu rakam eski sisteme oranla adet olarak %30 daha yüksektir.

Başlangıçta tek ürün üretmesi talep edilen makina tasarım çalışmaları sonunda 7 farklı ürün üretilebilecek kapasiteye ulaşmıştır. Üretim gamının artması makinayı daha tercih edilebilir hale getirmektedir.

Yüksek teknoloji kullanılarak üretilen makinaların global pazarda talep görmesi firma know how'ının yükselmesini, iş yapma kabiliyet ve kapasitesinin gelişmesini sağlamıştır.

İthalatı yapılan teknolojik ürünler Ar-Ge çalışması sayesinde Termod Kaynak Makinasında ihracat ürünü haline getirilmiş ve Türkiye ekonomisine katkı sunulmuştur.

9. Kaynaklar

[1] I. Arslan, "Dünya'da Ve Türkiye'de Otomotiv Sektörü, BİST 100'de İşlem Gören Otomotiv Sektörü İşletmelerinin Finansal Analizi", Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Finansal Piyasalar Ve Yatırım Yönetimi Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2019.

[2] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, URL: https://www.oica.net/category/economic-contributions/rd/, (Erişim zamanı:12.13.2021).

[3] N. Acar, "Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları" MPM Yayınlar, No: 280, Ankara, 1996.

[4] M. Sarıca, "Seri İmalat Yapan Bir İşletmede Üretim Planlama ve Kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.

[5] N. Gabaçlı ve M. Uzunöz, "IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü", *International Congress on Politic, Economic and Social Studies*, No 3, 2017.

[6] N. Carvalho, O. Chaim, E. Cazarini, M. Gerolamo, "Manufacturing in the Fourth Industrial Revolution: A Positive Prospect in Sustainable Manufacturing", Procedia Manufacturing, 21, 671-678, 2018.

[7] Şeyma Erener, Serkan Boz, "Modern Üretim Tekniklerinde Eklemeli İmalat Sistemlerinin Yeri ve Kullanım Alanları", Turkish Journal of Family Medicine and Primary Care (TJFDM), 3 (1), 47-56, 2021.

[8] Siemens Ürün Kataloğu, URL: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:a863d715-0017-4f3c-b3a8-27c3b4c9cb94/Endustriyel-Otomasyon-ve-Surucu-Teknolojileri-Fiyat-Listesi-2021-V7.pdf, (Erişim Zamanı: 12.12.2021).

[9] Proface Ürün Sitesi, URL: https://www.proface.com/en/product/web_hmi/top, (Erişim zamanı: 12.12.2021).

[10] Secomea Web Sitesi, URL: https://www.secomea.com/industrial-remote-access/, (Erişim zamanı: 12.10.2021).

[11] International Standart Organisation Web Site, "ISO 12100:2010 Safety of machinery-General principles for design-Risk assessment and risk reduction", URL: https://www.iso.org/standard/51528.html, (Erişim zamanı: 12.09.2021).

[12] Europen Standarts Web Site, URL: https://www.en-standard.eu/bs-en-60204-1-2018-safety-of-machinery-electrical-equipment-of-machines-general-requirements, (Erişim zamanı:12.12.2021).