

# Otomotiv Sektöründe Lazerli Üretim Yöntemleri Lazerli İmalat, Ölçme ve Kalite Kontrol

Hüseyin OZDEN

Ege Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü

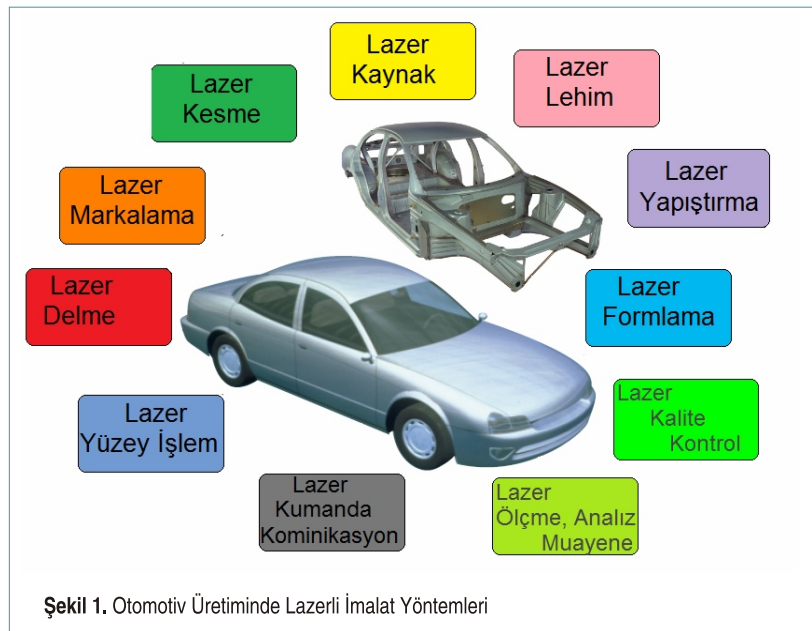
## GİRİŞ

Otomotiv sektöründe iç ve dış piyasada pek de adil olmayan çetin rekabet koşulları, üretim ve kullanımda enerji tasarrufu, çevre kirliliği, yüksek fleksibilite (üretimde esneklik) ve azami müşteri memnuniyeti gibi kriterler; farklı, yeni tasarımları, üretim tekniklerini ortaya koyma ve uygulama arayışlarına ivme kazandırmaktadır. Kaliteden ödün vermeden serbest piyasada satılabilir, rekabet edebilir otomobil üretimi içinde, günümüzün yeni teknolojik imkânlarından bir an evvel yararlanılması bir zaruret haline gelmiştir. 70 yılların ortalarında Japon otomobil firmaları rakiplerinden çok daha erken davranarak üretim bantlarında robotlu üretimi ve bilgisayar destekli üretim yöntemlerini, otomasyonu uygulamışlardır. Bu suretle yüksek kaliteli düşük maliyetli otomobillerle dünya otomobil piyasasına bir süre hakim olmuşlardır. 1980 yıllarında Almanlar dahi kendi ülkelerinde, daha ucuz ve daha kaliteli Japon arabalarını tercih ediyorlardı. Benzer fenomen lazer teknolojisinin otomotiv sektöründe uygulanmasıyla kısmen de olsa günümüzde görülmeye başlamıştır. Lazer teknolojisi ile yeni, farklı, yüksek kaliteli tasarımlar otomotiv sektöründe mümkün olmaktadır. Lazer teknolojisi;

arabaların karoserlerinde, kaportalarında, jantlarının üretimine varıncaya kadar kullanıldığı gibi araba motorlarındaki yanma odalarında ateşlemenin kontrolüne ve vites kutularındaki dişlilerin sertleştirilmesine kadar üretimin birçok aşamasında ve kademesinde uygulanmaktadır [1-15]. Şekil 1’de otomobillerde lazerli yöntemlerin kullanım alanları şematik olarak gösterilmektedir.

Yakın gelecekte, malzemelerin işlenmesinde lazerli imalat yöntemlerinin kullanımının iki-üç kat artacağı beklenilmektedir. İmalat

sanayinde malzemelerin işlenmesinde lazerlerin kullanım payı 1994 yılında yaklaşık 1 milyar euro iken, 2000 yılında 5 kat artarak yaklaşık 5 milyar dolara varmıştır. 2005 yılında bu rakam yaklaşık 15 milyar euroya ulaşmıştır. 2015 yılında ise, 40 milyar euroya ulaşacağı beklenilmektedir [2,3,4,10,11,12,13]. Bu gelişme otomotiv sektörüne, taşeron firmalara da yansıtacaktır. Örneğin, Almanya’da Mercedes gibi otomobil firmaları iç ve dış piyasada rekabet şansını artırmak, korumak için daha hafif, dayanıklı güvenilir, enerji tasarruflu hibrid motorlu otomobil tasarımlarını



Şekil 1. Otomotiv Üretiminde Lazerli İmalat Yöntemleri

geliştirmektedirler. Buradaki AR-GE çalışmalarında lazerli yöntemler olmazsa olmazlardandır.

2008 yılının sonlarında tamamen açığa çıkan dünya ekonomik krizinden etkilenen hatta iflas eşiğine gelen dünyaca ünlü bazı otomobil firmaları, otomotiv sektöründe yeni teknolojileri geliştirip uygulayarak, daha hafif, (ultra lighth) yüksek dayanımlı, enerji, yakıt tasarruflu yeni modellerle, tasarımlarla krizi atlama arayışlarına girmişlerdir. Mercedes bünyesinde kurduğu lazer araştırma merkezinde AR-GE çalışmalarını yoğun bir şekilde sürdürürlerken yeni teknikleri geliştirmektedirler. Bu çalışmaların sonucu olarak birçok yenilikler patent başvuruları ile kullanım hakları saklı tutulmaktadır. Bunun yanında uzman personel de bu merkezlerde eğitilmektedir.

Yurt dışında sanayisi gelişmiş ülkelerde; optik, lazer teknolojisi hızlı bir şekilde ilerleyip, lazer teknolojisi ile yeni iş yerleri açılırken ve dünya pazarlarında sürdürdükleri kaliteli, ekonomik ürün ile hizmetlerin rekabet şansları artırılırken, yeni endüstriyel tasarımlarla ve ürünlerle yeni pazarlar kazanılırken, Türkiye’de lazer imalat yöntemleri ile ilgili kayda değer gelişmelere rastlanılmamaktadır. Türkiye’de henüz lazer imalat yöntemlerinden lazer kaynağını uygulayacak firma ve eleman sayısında büyük eksiklik bulunmaktadır. Eğer Türkiye, belli sanayi ürünlerinde dünya pazarlarında rekabet edebilme şansını kaybetmek istemiyorsa ve pazar payını yeni, ucuz ve kaliteli sanayi ürünleri ile genişletmek istiyorsa bu lazer imalat teknolojisini kullanmak zorundadır. Devlet destekli ciddi AR-GE projeleri lazerler alanına yönlendirilmelidir ve kısa sürede paraya çevrilebilir, katma değeri yüksek projeler özendirilmelidir. Türkiye’de üniversiteler bünyesinde kurulacak bölgesel lazer bilim araştırma merkezleri; - ülkede

teknolojinin gelişmesine, - bu teknolojileri uygulayacak teknik personelin eğitilmesine, - bu teknolojileri geliştirecek uzman personelin, bilim adamlarının yetiştirilmesine, - bölgelerin kalkınmasında, yararlı olacağı şüphesizdir. Kâr amacı gütmeyen vakıf üniversiteleri yanında vakıf bilim araştırma merkezlerinin kurulması teşvik edilmelidir.

### OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE LAZERLİ İMALAT YÖNTEMLERİ

Lazer, temassız, bu nedenle aşınmasız çok amaçlı kullanımlı bir takım araç, alet olarak da imalat sanayinde tanımlanabilir. Konvansiyonel imalat yöntemlerinin genel bir sınıflandırmasına benzeyen lazerli imalat yöntemlerinin bir sınıflandırması aşağıdaki gibi yapılabilir [1]:

1. Dökme
2. Ayırma (kesme, delme, oyuk ve kanal açma, taşlama)
3. Birleştirme (kaynak, lehim, yapıştırma)
4. Yüzey işleme (sertleştirme, kaplama, temizleme)
5. Formlama (plastik şekil değiştirme)
6. Malzeme içi yapılandırma (malzemenin iç yapısının özelliklerinin değiştirilmesi)

Konvansiyonel yöntemlerle lazerli yöntemlerin birlikte uygulanması; hibrid yöntemlerini ortaya çıkartmıştır. Örneğin, lazer hibrid kaynağı; lazer kaynağı ile gazaltı ark kaynak yöntemlerin (özellikle MİG/MAG ve WİG ya da TİG) iyi özelliklerinin bir kombinasyonu olarak tanımlanmaktadır. Daha kaliteli kesimi sağlayan; lazer hibrid kesme (lazer kesme ve su jeti). Otomotiv sektöründe malzemelerin işlenmesinde yoğunluklu olarak lazer kaynağı, lazerli kesim, lazerli markamla lazerli delme, lazerli lehim ve lazerli yüzey işlemleri kullanılmaktadır. Şekil 2’de otomobil

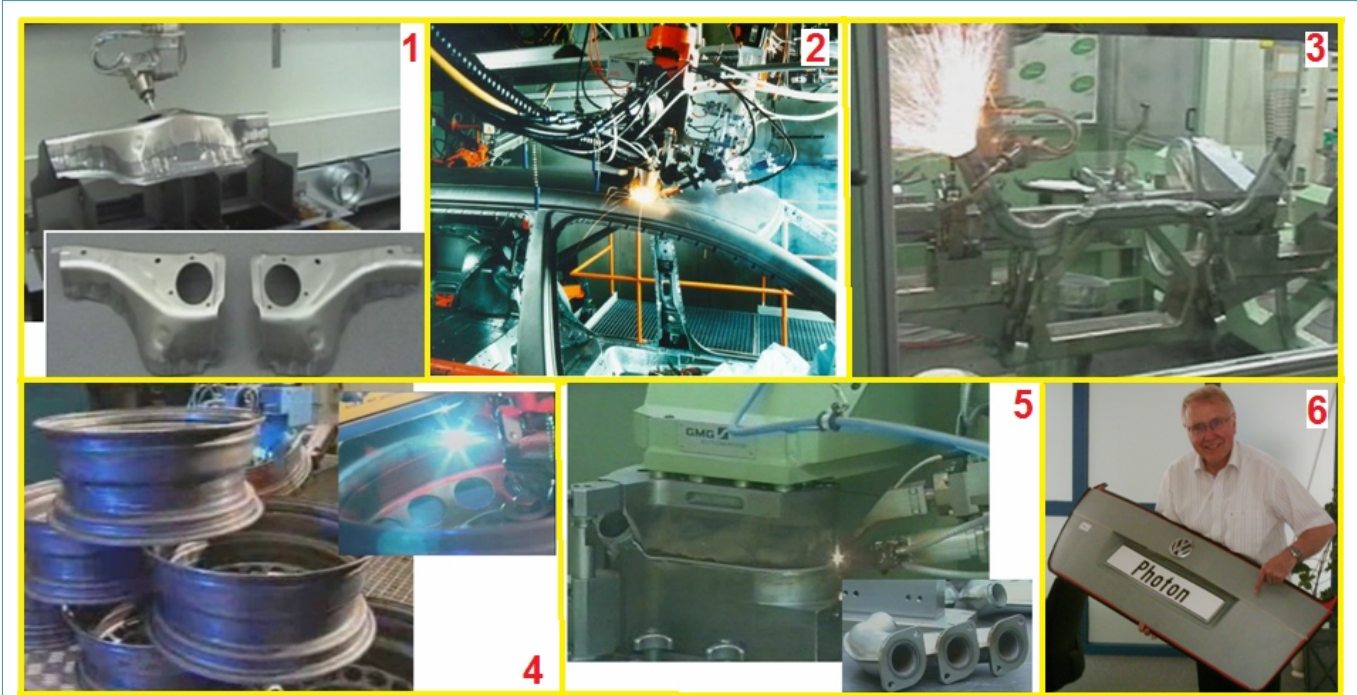
üretiminde farklı lazer uygulamaları örnek olarak gösterilmektedir. Şekil 2-1 ve Şekil 2-3 üç boyutlu lazer kesim ve delme işlemleri aynı lazer pençeri (lazer kafası) ile yüksek hızlarda ve kaliteli gerçekleşmektedir. Şekil 2-2’de kaporta üstü tavanın oluk üzerine kaynak dikişinin uygulanması görülmektedir. Eskiden problemlili olan bu kaynak dikişi lazer kaynağı ile kolaylıkla hızlı bir şekilde uygulanmaktadır. Jant üretiminde de lazerli kesme delme ve kaynak işleri önem kazanmaktadır (Şekil 2-4). Jant üretiminde, yüksek dayanımlı çeliklerin ve Al, Mg alaşımlı metallerin kaynağında lazerli yöntemler tercih edilmektedir. Motor parçalarının flaş boru kaynakları ekonomik ve kaliteli üretilmektedir (Şekil 2-5). Kaporta kapak üretiminde tercih edilen lazerli lehim bağlantısına örnek olarak (Şekil 2-6) gösterilmektedir. Düzgün yekpare ve hızlı bir şekilde üretilen birleştirme tasarımı normal konvansiyonel yöntemlerle üretilmesi külfetli olmaktadır.

Lazer kaynağının otomotiv üretimindeki başlıca avantajları [2,5,7,8,14]:

- Yüksek yoğunluklu, noktasal enerji aktarımı,
- Derin, dar ve kontrollü nüfuziyet,
- Yüksek kaynak hızı,
- Kaynak öncesi ve sonrası hazırlık ve düzeltme işlemlerinin kalkması
- Aynı ya da farklı özellikteki malzemelerin birbirleri ile kaynağına uygunluğu;

Lazerli imalat yöntemlerinin konvansiyonel yöntemlere göre başlıca özellikleri, üstünlükleri aşağıdaki başlıklar altında özetlenebilir [1-14]:

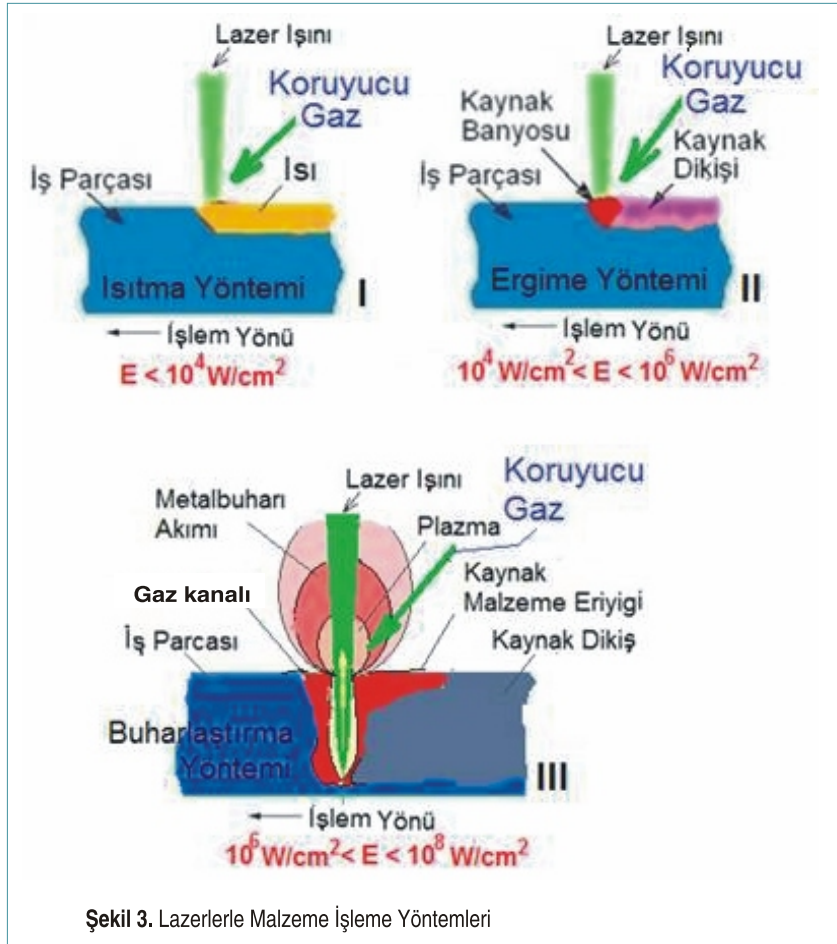
- Esneklik (Fleksibilite),
- Çok amaçlı kullanımlı,
- Temassız aşınmasız takım (Multi tool),
- Yüksek işlem hızları,
- Uzaktan kolay erişebilirlik ve uygulanabilirlik,



Şekil 2. Otomobil Üretiminde Lazerli Kesme, Delme ve Birleştirme Kaynak Uygulamaları; Üç Boyutlu Lazer Kesim ve Delme (1), Lazer Kaynak (2-5) ve Lazer Lehim (6)

- Yüksek kalite güvencesi ve üretim kalitesinde tekrarlanabilirlik
- İtinalık ve yüksek doğruluk,
- Otomasyona uygunluk,
- Malzeme çeşitliliği ve farklı malzemelerin işlenebilirliği,
- Kolay entegrasyon (Mevcut üretim tezgâhlarına, bantlarına ve portallarına),
- İnnovativ tasarım ve üretim.

Malzemelerin işlenmesindeki ana prensip; odak noktasında yoğunlaştırılan lazer enerjisi ( $E_{Lazer} = 10^4 - 10^8 \text{ W/cm}^2$ ,  $E_{Ark} = 2 \times 10^2 - 5 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ ) malzemenin, işlenen parçanın yüzeyi üzerinde pozisyonu belirlenir. Enerjinin büyük kısmı malzeme tarafından emilir bir kısmı da malzeme dışına yansıtılır, yayılır. Efektif olarak kullanılan lazer enerji yoğunluk oranı, malzeme cinsine, yüzeyin parlaklığına, lazerin cihaz gücüne ve lazerin dalga boyuna, kullanılan işlem gazlarına, odak noktasının uzunluğuna, netliğine, dairesel çapının büyüklüğüne ve pozisyonuna bağlı olarak değişmektedir. Odaklanmış lazer ışının enerji miktarına göre malzemelerin



Şekil 3. Lazerlerle Malzeme İşleme Yöntemleri



işlenmesinde üç yöntem kullanılmaktadır [1,2]:

- Isıtma yöntemi; ( $E < 10^4$  W/cm<sup>2</sup>), Isıtma, ısı ve yüzey işlemler, şekillendirme,...)
- Ergime, (sıvılaştırma) yöntemi; ( $10^4$  W/cm<sup>2</sup> <  $E < 10^6$  W/cm<sup>2</sup>), Ergime kaynağı, ısı ve yüzey işlemleri,...)
- Buharlaştırma yöntemi; (Anahtar deliği yöntemi, derin nüfuziyet yöntemi); ( $10^6$  W/cm<sup>2</sup> <  $E < 10^8$  W/cm<sup>2</sup>), kaynak, kesme, delme, teknik yüzey işlemleri Şekil 3'te lazerli malzeme işlem yöntemleri şematik şekilde gösterilmiştir.

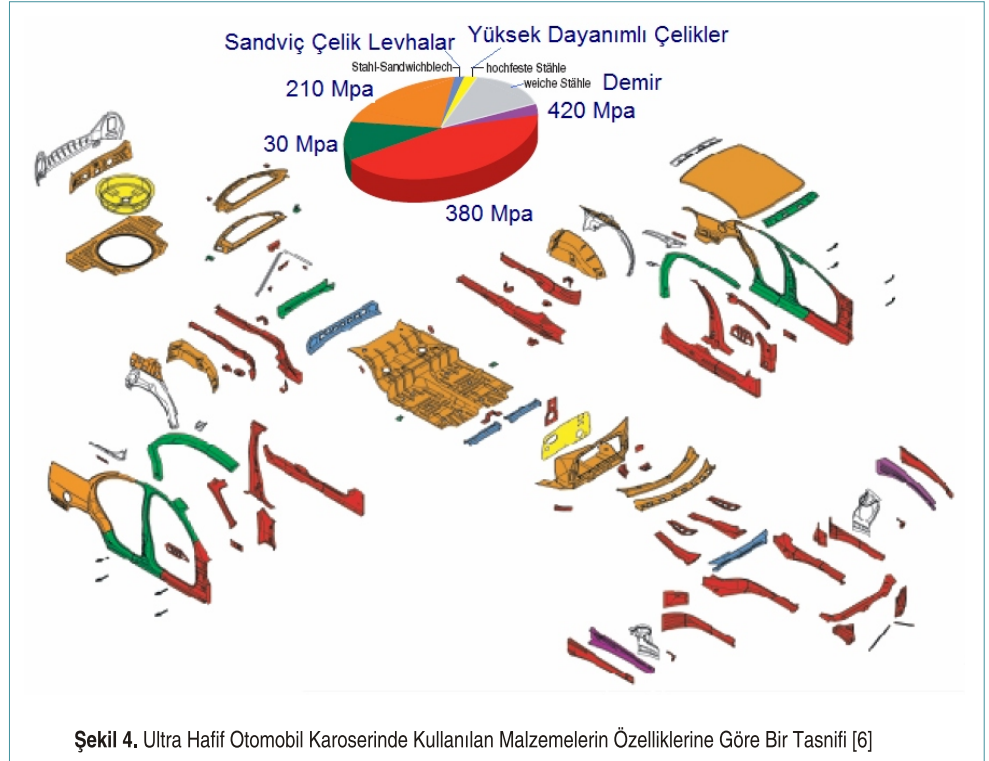
Otomotiv sektöründe malzemelerin işlenmesinde kullanılan yüksek güçlü lazer makineleri: Nd-YAG gibi katı lazer makineleri, CO<sub>2</sub>-Gas lazer, diyod lazer ve fiber lazer makineleridir. Son yıllarda malzemelerin işlenmesinde Fiber lazerleri Nd-YAG katı lazerlerin ve Gas lazerlerin yerini almaktadırlar. Küçük ve robust (sağlam, yekpare) yapıları ve çok yüksek verimlilikleri ile (% 60'lara varan) diyod lazerlerinde güçlerinin artırılarak sanayide kullanımları üzerine yoğun AR-GE çalışmaları sürdürülmektedir. Sanayide tercih edilen fiber lazerlerin özellikleri [1,2,3,11]:

- Yüksek güç, (P=10 kW- P=100kW),
- Yüksek odaksal enerji yoğunluğu; ( $10^6$  W/cm<sup>2</sup> <  $E < 10^8$  W/cm<sup>2</sup>),
- İyi lazer kalitesi, dalga boyu ( $\lambda=1060$  nm =1.06  $\mu$ m),
- Optik kablo (lazer kaynak kablosu) ile lazerin iletimi,
- Yüksek randıman,
- Bilgisayar destekli komutlara ve kontrole uygunluk,
- Kompakt; yani yekpare yapı tarzı,
- Mobilite özellikleri,
- Uzun ömürlülük,
- Düşük maliyet,
- Sürekli ve impuls (darbeli, atımlı), işleme uygunluk.

## OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE LAZERLİ TEKNOLOJİK YENİLİKLER

Lazerli teknolojik gelişmeler otomotiv sektörüne de yansımaktadır. Eskiden hantal lazer kaynak makinelerin verimi % 3'lerde iken, bugün yeni tip lazerlerle % 30'a ulaşmıştır [1,2,4,5,10-15]. Bunun paralelinde fiyatlarında da önemli düşüşler kaydedilmektedir. Bilhassa Çin'in ürettiği ucuz lazer kaynak makineleri, piyasadaki fiyatların düşmesinde önemli rol oynamaktadır. Diğer bir gelişme ise bu teknolojiyi kullanacak uzman personel sayısında artışların olmasıdır ve lazer uygulamalarında edinilen bilgilerde, teknik yeniliklerde; otomotiv firmalarının bu teknolojiye olan ilgilerini daha da artırmıştır. Almanya'da BMW otomobil firması ilk 1980 yıllarında bu teknolojiyi kullanmaya başlamıştır. Günümüzde ise Almanya'daki 7 otomobil fabrikasında lazer teknolojisi, lazer imalat yöntemlerinin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Otomotiv sektöründe lazer teknolojisinin kullanımının en büyük nedenlerinden

biri inovatif, yani yeni otomobil tasarımlarının, lazer imalat yöntemleri ile üretilebilmesidir. Lazerli imalat yöntemleri ile ultra hafif tasarımların üretimi gerçek olmaktadır [6]. Ultra hafif otomobil tasarımları için yüksek dayanımlı çelikler, Al&Mg&Ti alaşımlı yüksek dayanımlı hafif metaller ve polimerler, karma (kompozit) malzemeler kullanılmaktadır. Eskiden konvansiyonel yöntemlerle bu malzemelerin işlenmesinde birçok sorunlar yaşanılıyordu, hatta bazıları da imkânsızdı! Lazerli imalat yöntemleri ile bu malzemeler günümüzde kolaylıkla ve düşük maliyetli hızlı ve yüksek kaliteli işlenmektedirler. Çok uluslu ortak bir projede, 0,6 mm ile 2,0 mm kalınlığında yüksek dayanımlı çelikler ve karma malzemeler kullanılarak ultra hafif; fakat dayanımdan, emniyet ve kaliteden ödün vermeden karoseri tasarımları geliştirilmektedir. Ultra hafif karoseri konstrüksiyonunda kullanılan parçalar ve malzeme özellikleri şematik olarak Şekil 4'te gösterilmektedir [2-15].



Şekil 4. Ultra Hafif Otomobil Karoserinde Kullanılan Malzemelerin Özelliklerine Göre Bir Tasnifi [6]

Magnezyum alaşımlı hafif metallerin işlenmesinde yaşanan problemler, sorunlar günümüzde lazerli yöntemlerin uygulanması ile büyük ölçüde giderilmiştir. Mg alaşımlı malzemelerin yüksek dayanımlı, çok hafif olmaları ve sönümleyici özellikleri nedeniyle otomobil üretiminde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Otomobil karoserisinde olduğu kadar motorların yapımında magnezyum alaşımlı malzemeler kullanılmaktadır [11-14]. Magnezyum alaşımlı yüksek dayanımlı hafif metallerin lazer kaynağına ait örnekler Şekil 5'te gösterilmektedir.

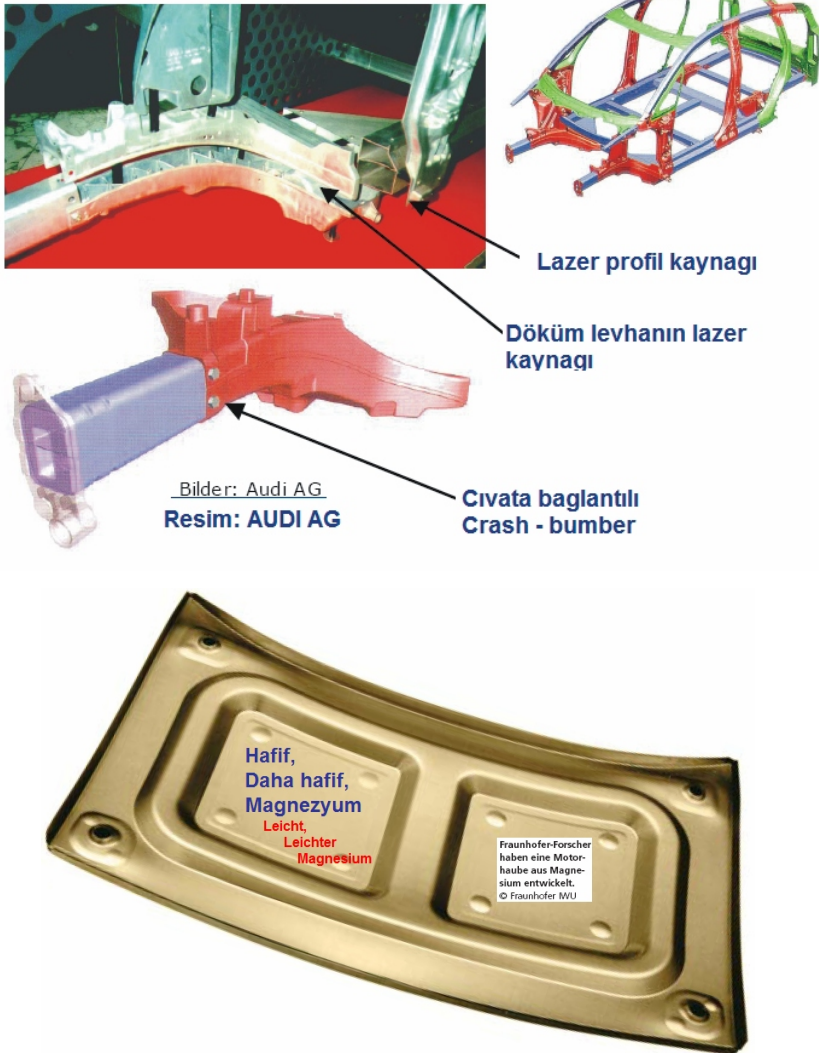
Otomotiv sektöründe lazerli ölçme, analiz ve kontrol yöntemleri: Malzemelerin işlenmesinde lazerli imalat yöntemlerinde gözlenen gelişmeler lazerli ölçme, muayene analizlerinde ve kalite kontrollerinde de gözlenmektedir. Uzaktan, temassız ve üretim bandında hareket halinde bulunan otomotiv parçaların, otomobillerin boyut, şekil ölçümleri düzgünsüzlükleri anında tespit edilmektedir. Malzemelerin kimyasal analizleri, olası üretim hatalarının tespiti (örneğin, kaynak hataları) anlık sürelerde bilgisayar destekli görüntülü olarak gerçekleştirilmektedir. Üretim öncesi ve üretim sonrası malzeme

analizleri çok büyük bir doğrulukla (% 99'a varan bir doğruluk payı ile) çok kısa sürede lazerlerle yapılmaktadır. Konvansiyonel yöntemlerle bu ve benzeri ölçümlerin, analizlerin yapımı laboratuvar ortamlarında çok külfetli ve saatlerce, günlerce sürerken doğruluk oranları da genelde % 50'lerin altında gerçekleşebiliyor. Malzemelerin kimyasal bileşenlerinin tespitinde, malzeme tanımlarında kullanılan lazerli yöntemde, lazer ışını objenin belirli noktasına yoğunlaştırılmaktadır (Şekil 6). Lazer lekesinde bir mikrogram, kıymık büyüklüğünde malzeme buharlaştırılarak plazmanın oluşması sağlanmaktadır. Lazer ışınları ile plazma içerisinde buhar halinde bulunan elementlere ve miktar oranlarına göre bir spektrum oluşturulmaktadır. Malzemelerin tanımında, elementlerin tespitinde vb. laserspektrum analizinden yararlanılmaktadır.

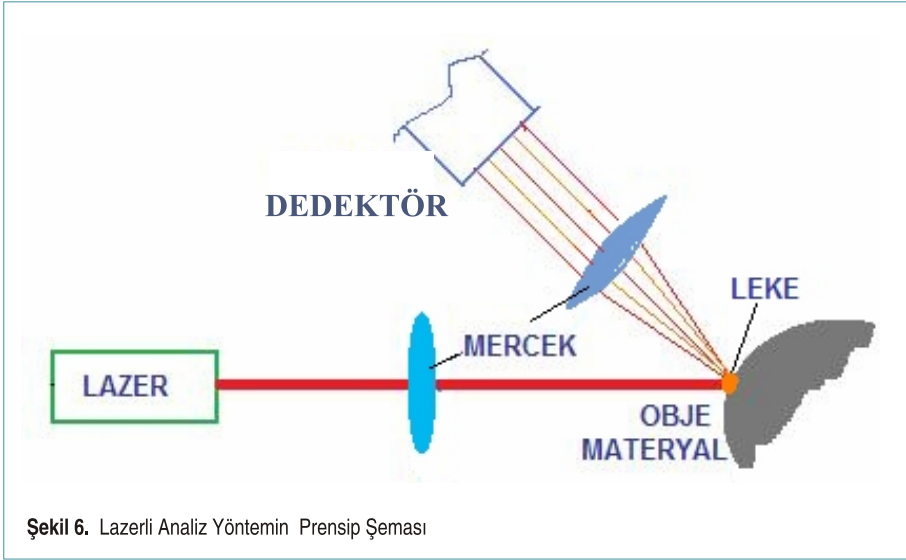
Prensip olarak, lazerli ölçme, analiz ve kontrol muayene yöntemlerin başlıca özelliklerin önem sırası dikkate alınmadan sıralanması [9]:

- Mesafe, alan, hacim ölçümleri lazerlerle çok kısa sürede temassız ve büyük bir hassasiyetle yapılabilir.
- Konvansiyonel yöntemlerinden üstünlükleri; çok kısa sürede ve güvenilirli hassas ölçümlerin, malzeme muayenelerin ve analizlerin yapılabilmesi, üretim bandında hareket halinde dahi on-line sisteme göre uygulanabilmesi, ölçümler, kontroller ve analizlerin parça yerinde ve üzerinde rahatlıkla uygulanabilmesidir. Temassız ölçüm, muayene ve analizlerinin bilgisayar destekli yapılabilmesi, ilgili bazı cihazların küçük boyutlarda ve taşınabilir olması, dataların, sinyallerin daha sonra değerlendirilmek üzere kaydedilebilir ve aktarılabilir olması.

## Magnezyum alaşımlı hafif metal



Şekil 5. Otomotiv Sektöründe Lazer Kaynak Dikişli Magnezyum Alaşımlı Parçalar



Şekil 6. Lazerli Analiz Yöntemin Prensi Şeması

- Kumanda kontrol tekniğinde; lazerler aynı zamanda bir sinyal olarak fiziksel ve kimyasal prosesler uzaktan kumandalı, temassız ve selbst-kontrolünde değerlendirilmektedir.
- Lojistik sistemlerde, depolarda barkotların okunmasında lazerlerden yararlanılmaktadır.
- Teknik yapılarda çeşitli nedenlerle ortaya çıkan titreşimlerin analizleri lazerlerle yapılmaktadır.
- Çok karmaşık parçaların, geometrik boyutların ve şekillerin kontrollerinde boyut ve şekil toleransların doğruluğunun tespitinde yararlanılmaktadır.
- Katı, sıvı, gaz maddelerin içerik analizlerinde, malzeme tanımlarında, fiziksel ve kimyasal büyüklüklerin tespitinde, ölçümlerin ve verilerin analizlerinde, vb. şeylerde lazerler tercih edilmektedir.

## SONUÇLAR

- Daha hafif, yüksek dayanımlı ve enerji tasarruflu yeni tip otomobillerin üretilmesinde lazerli üretim yöntemleri olmazsa olmazlardandır!
- Günümüze ultra hafif; fakat dış zorlamalara karşı çok daha mukavim, güvenli ve kaliteli

- otomobil karoserleri lazer imalat yöntemleri ile ancak gerçekleştirilmektedir. Daha hafif otomobil; daha güvenli, daha az yakıt, daha az çevre kirliliği, daha az malzeme, daha az işçilik, çok daha az üretim maliyeti demektir. Bu da serbest piyasada daha çok rekabet edilebilirlik şansı demektir!
- Türkiye’deki kıt kaynaklar gelişmiş, göstermelik projelerle çarçur edileceğine buna benzer katma değeri yüksek, ciddi projelerin geliştirilmesinde kullanılmalıdır.
- Üniversiteler bünyesinde sanayicilerin de ortak ve söz sahibi olacağı bölgesel lazer ve benzeri araştırma merkezlerinin kurulması bölgenin kalkınmasına ivme kazandıracak, ülkenin yararına olacaktır. Burada çalışacak personelin ve bilim adamlarının seçiminde büyük özen gösterilmelidir. En başta; burada çalışacak personelin proje ürettiği ve bu projelerin yurt içinde, yurt dışında kabul edildiği ve projelerin finansmanı büyük ölçüde araştırma merkezi dışında karşılandığı sürece çalışması uzatılmalıdır.
- **Kısaca; Türkiye’deki otomotiv sektörü iç ve dış pazar payını sağlamlaştırmak ve geliştirmek**

*istiyorsa, mutlaka daha fazla vakit kaybetmeden lazer teknolojisini uygulamak, geliştirmek ve üretmek mecburiyetindedir.*

## KAYNAKÇA

1. H. Özden, 'Lazertechnik' Ders notları Ege Üniversitesi Makina Müh. Böl. 2009
2. N.N., "Laser tools", Buch, Trumpf, 2006, Vogel Buchverlag
3. Mayer A., u.a. "Optische Technologien" Bundes - ministeriums für Bildung und Forschung, Berlin, 2008
4. Otto, R. Hohenstein, "Laserstrahlschweißen Trends und aktuelle Entwicklungen" September 2007 Nr. 4 S. 27-31 Laser Technik Journal, Wiley-Verlag
5. J. Bunte, 'Laserstrahlügen Schlüsseltechnologie im Fahrzeugbau' Lazer Zentrum Hannover. Hannover, Intern. 2009
6. N.N 'Ultraleichte Stahlkarosserie' Steel Evolution
7. N.N., 'Fügetechnologi im Automobilbau, Trends...' s. 64-66, Automobil Produktion, juni 2005
8. F. Gappler, Laser Im Automobilbau..! Laserproduktion 2008
9. N.N., "Lasermesstechnik I, II, Grundlagen, methoden und Beispiele" Lazer Zentrum Hannover , e.V. 2008
10. Internet, www.de.trumpf.com ; "TRUMPF, GmbH, CO2-Laser, Informationsmaterial",
11. Internet, www.lhz.de ;Hannover-Laser-Zentrum, D-Hannover
12. Internet, www.wlt.de ; WLT Wissenschaftliche Gesellschaft Lasertechnik e.V
13. Internet, www.laserverbund.de ; D-Berlin-Brandenburg, e.V.
14. Internet, www.ilt.fhg.de; Fraunhofer Institute for Lasertechnology ILT, D-Aachen
15. Internet, www.bias.com