



çıkarılması amacıyla yapılan yeni tasarımlarda kullanılan malzemeler bu ağırlık artışlarına yol açmaktadır. Şekil

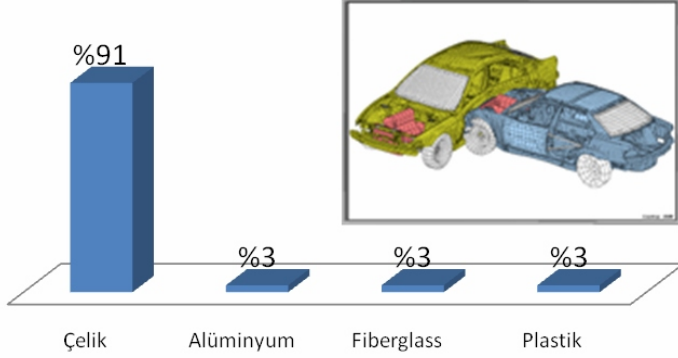
1'de birçok otomotiv firmasının modellerinde ağırlık değişiminin tarihlere göre değişimi gösterilmiştir.

Taşıtlarda önemli bir unsur olan güvenliğin geliştirilmesi arzusu çelik gibi yüksek mukavemetli malzemelerin daha yoğun kullanılmasına yol açmaktadır. Şekil 2'de kullanılan malzeme türüne göre kazalardan korunma oranları verilmiştir. Yapılan kazalarda çelik yapılar ile tasarımı yapılmış araçlarda can kaybının %90 oranında azaltılması mümkün olmaktadır. Alüminyum ve diğer fiberglas, plastik malzemelerinki ise %3 civarındadır. Bu önemli avantaj çelik malzeme kullanımının artmasına sebep olmaktadır [7].

Genel olarak, otomobil gövdesi metal sac parçalardan oluşmakta olup yaklaşık olarak toplam araç kütlesinin %25'ini meydana getirmektedir. Bu parçaların yeni nesil çelikler ile üretilmesi son zamanlarda büyük önem arz etmekte olup bu çelikler birim ağırlık için daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olmakta ve sac metal endüstrisindeki kullanımlarında çok hızlı bir artış görülmektedir [8,9]. Şekil 3'te otomotiv endüstrisinde kullanılan bazı çelik türlerinin dün, bugün ve gelecekteki durumunu gösteren bir grafik verilmiştir.

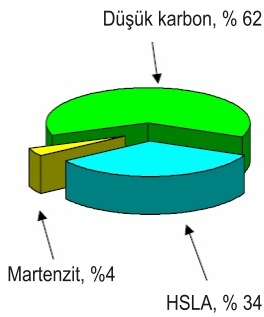
Şekil 3'te görüldüğü üzere yakın gelecekte özellikle yüksek mukavemetli çeliklerden çift fazlı çeliklerin taşıtlarda kullanım miktarının %45'lere kadar artacağı öngörülmektedir. Bu artış ile araçlarda sağlanan hafifletmenin özellikle yakıt tasarrufu ve gaz emisyonuna olan katkısı çok büyük olacaktır. Benzer öngörüler alüminyum alaşımları içinde daha önceki çalışmalarda vurgulanmış olup hafif malzemeler ile ağırlığı 1100 kg'a düşürülmüş sedan bir araç ile 1400 kg ağırlığındaki aracın ömürleri boyunca harcamış oldukları yakıt miktarında 3000 litrelik bir kazanım elde etmek mümkün olmaktadır [11]. Ayrıca bu taşıtların geliştirilmiş yüksek mukavemetli çeliklerle (Advanced High Strength Steel (AHSS)) yapılan

### Kazalarda Kullanılan Malzemeye Göre Koruma Oranı

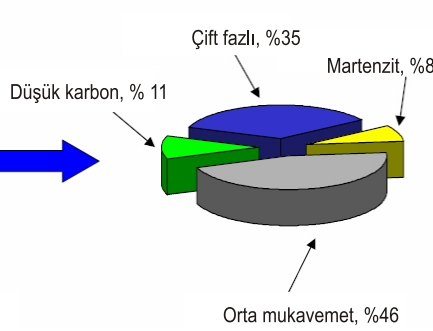


Şekil 2. Kazalarda Kullanılan Malzemelere Göre Koruma Oranı [7]

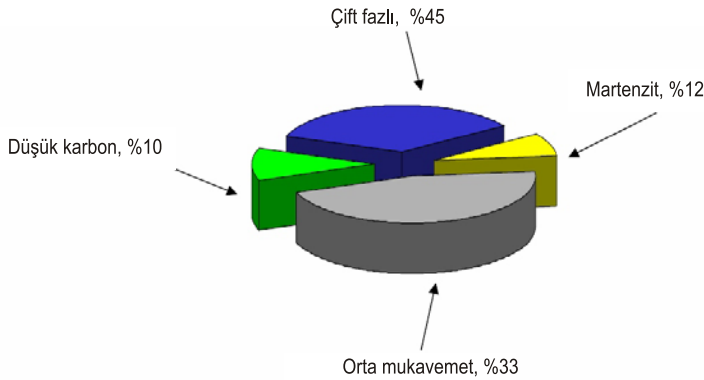
### Geçmiş.....



### Yakın Gelecek.....



### Gelecek ?



Şekil 3. GM Firması Öngörülerine Göre Yüksek Mukavemetli Çeliklerin Kullanımı [10]

üretimi ile yaklaşık ömrü boyunca çevreye bıraktığı CO<sub>2</sub> miktarında 2800 kg'lık bir azalma sağlamak mümkün olabilmektedir. Bu kazanımların 460 kg'lık bölümü malzemelerin üretimi esnasında sağlanırken, geri kalan 2340 kg'lık bölümü ise taşıtların kullanılması esnasında sağlanmaktadır [12]. Yıllara göre CO<sub>2</sub> emisyonu Şekil 4'te gösterilmiş olup grafikte azalma eğilimi görülmektedir. Bu azalmanın ileriki yıllarda daha da düşürülmesi için yeni kurallar getirilecektir. Avrupa Birliği 2012 yılı için taşıtlardaki CO<sub>2</sub> emisyon miktarının 140 gr CO<sub>2</sub>/km'den

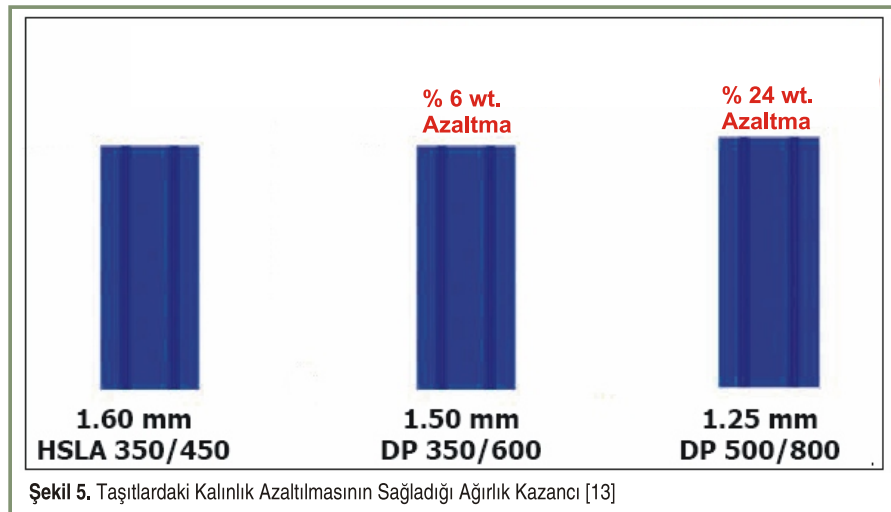
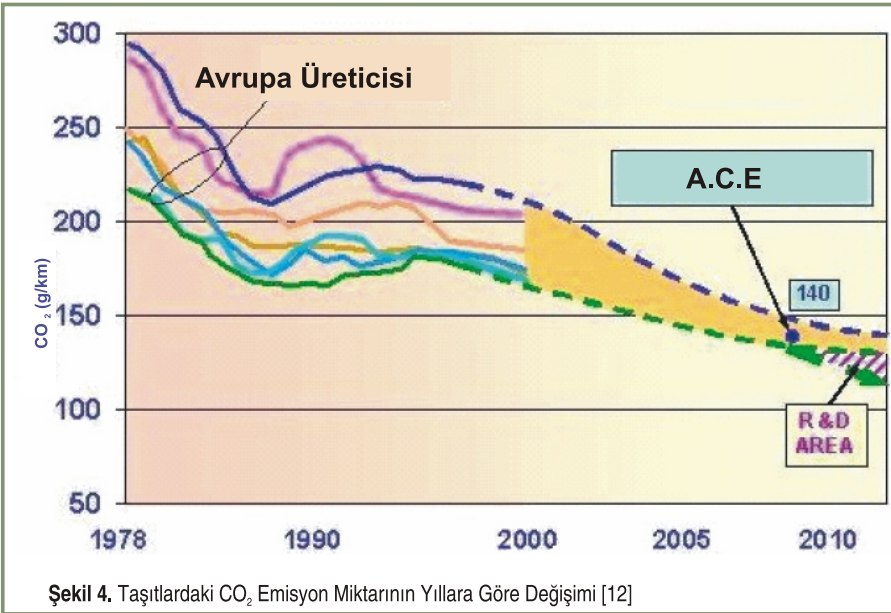
120 gr CO<sub>2</sub>/km'e düşmesini hedeflemektedir [12].

Otomobillerde kullanılan sac parçalardaki kalınlık azaltılmasının araç ağırlığına olan etkisi Şekil 5'te gösterilmiş olup malzemede sağlanan mukavemet artırımı ile daha ince kalınlıktaki parçaların kullanılması mümkün hâle gelmektedir. Bu anlamda kalınlık azaltılması ile ağırlıkta yaklaşık %24'lük bir kazanım elde etmek mümkün olmaktadır. Bu yeni nesil çeliklerin kullanımının artırılması için en uygun şekillendirme yönteminin belirlenmesi

gerekmektedir. Bu alanda AR-GE çalışmaları büyük önem arz etmektedir.

## YÜKSEK MUKAVEMETLİ ÇELİKLER VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

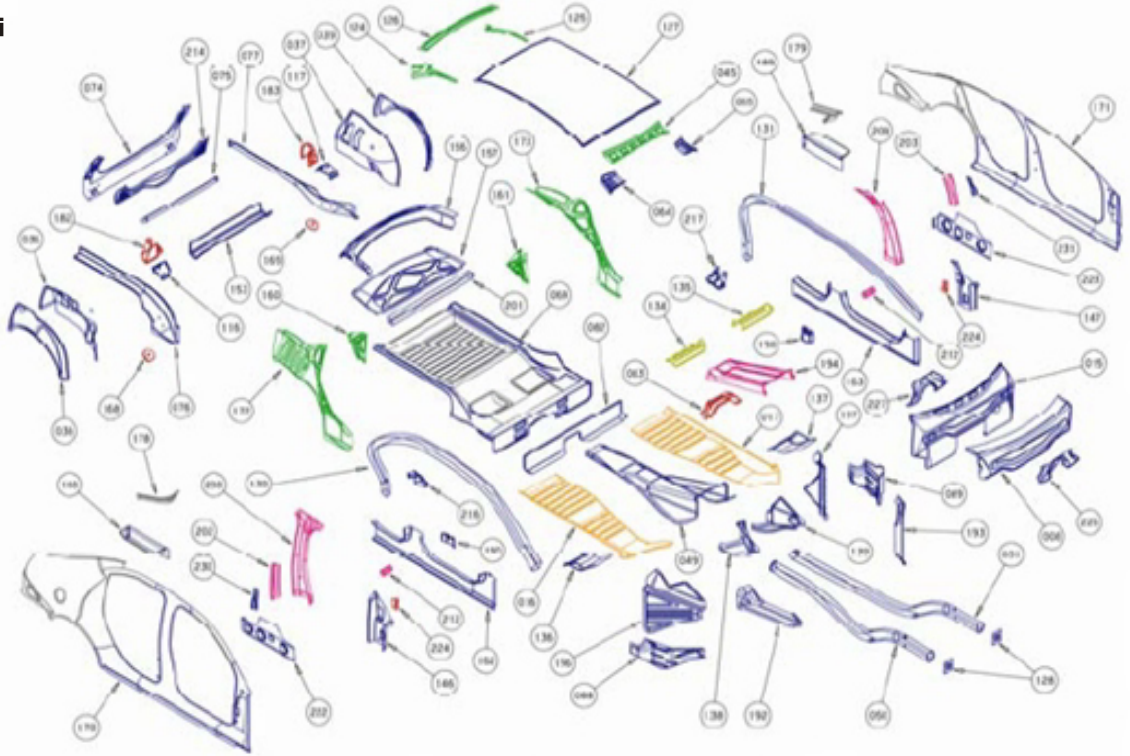
Yüksek mukavemetli çeliklerin kullanımı, kazandırdığı yakıt tasarrufu, CO<sub>2</sub> emisyonu, çarpışma dayanımı ve kaynak kabiliyeti gibi üstün özelliklerinden dolayı giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle otomotiv endüstrisinde, tasarlanan parçalara ve bu parçaların kullanım yerlerine göre seçilmiş birçok çelik türü yer almaktadır. Aşağıda Şekil 6'da parçalarına ayrılmış en son ULSAB-AVC PNGV-Sınıf konsept tasarımının birebir hangi malzemelerden üretildiğini gösteren şekil yer almaktadır. Şekilde görüldüğü üzere yüksek mukavemetli çeliklerden çift fazlı (DP) çelikler oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Taşıtlarda kullanılan HSLA, DP ve TRIP çeliklerin bir kısmı geliştirilmiş yüksek mukavemetli çelikler grubuna girerken (Advanced High Strength Steels, 270<AHSS<700 MPa) bir kısmı da ultra yüksek mukavemetli çelikler (Ultra High Strength Steels, >700 MPa) grubuna girmektedir. Bu malzemelerin mukavemet özelliklerinin yanı sıra şekillendirilebilme kabiliyetleri de büyük önem arz etmektedir. Çünkü parçaların üretimi sürecinde tasarlanan geometrilerin malzemeler tarafından kabul edilebilir ölçülerde olması gerekmektedir. Fakat bu malzemelerde çok büyük oranda geri esneme problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu sorun çeliklerin kullanımını önemli ölçüde sınırlamaktadır. Malzemelerin şekillendirilebilme kabiliyetinin bir göstergesi olan uzama miktarının belirlenmesi istenilen tasarımın gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceği hakkında önemli fikirler vermektedir. Genelde





## Malzeme Tipi

- BH
- CP
- DP
- HSLA
- IF
- Mart
- TRIP



Şekil 6. ULSAB-AVC PNGV-Sınıf Konsept Tasarımında Parçalar ve Malzemeleri [13]

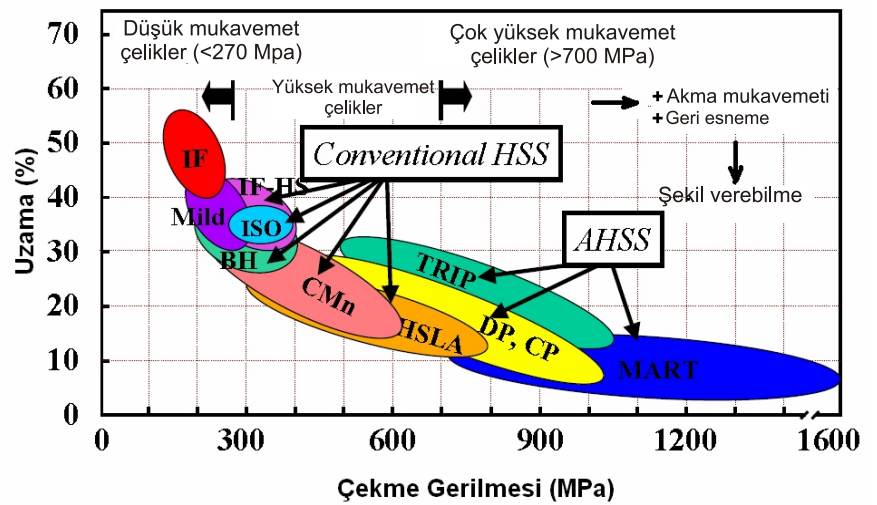
malzemelerde artan mukavemet ile birlikte şekillendirilebilirlik azalmaktadır.

Şekil 7'de otomotiv sektöründe oldukça yaygın olarak kullanılan yeni nesil ve diğer çeliklerin uzama miktarlarının mukavemete göre değişimi verilmiştir. Özellikle ultra yüksek mukavemetli çeliklerin uzama miktarlarındaki düşüş bu malzemelerin tasarımlarda özgürce kullanılmasını kısıtlamaktadır. Bu malzemelerin şekillendirilmesinde ayrıca yüksek kapasiteli cihazların gereksinimi ortaya çıkmakta ve karmaşık şekilli geometrilere erken yırtılmalar oluşmaktadır. Bu anlamda otomotiv endüstrisinde daha çok geliştirilmiş yüksek mukavemetli çelikler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Böylelikle üretim kademeleri kolaylaştırılmış da olmaktadır. Yapılan araştırmalar

güvenlik açısından da malzemelerin maksimum dayanım miktarının 600 MPa [14] civarlarında olmasının can kaybını önemli ölçüde azalttığı göstermektedir. Tablo 1'de ise bu

malzemelere ait bazı mekanik özellikler verilmiştir.

Yüksek mukavemetli çeliklerin şekillendirilmesi esnasında



Şekil 7. Çeliklerin Mukavemet Özelliğine Göre Uzama Miktarındaki Değişimi [13]

**Tablo 1.** Otomobillerde Yaygın Olarak Kullanılan Çeliklerin Mekanik Özellikleri [15]

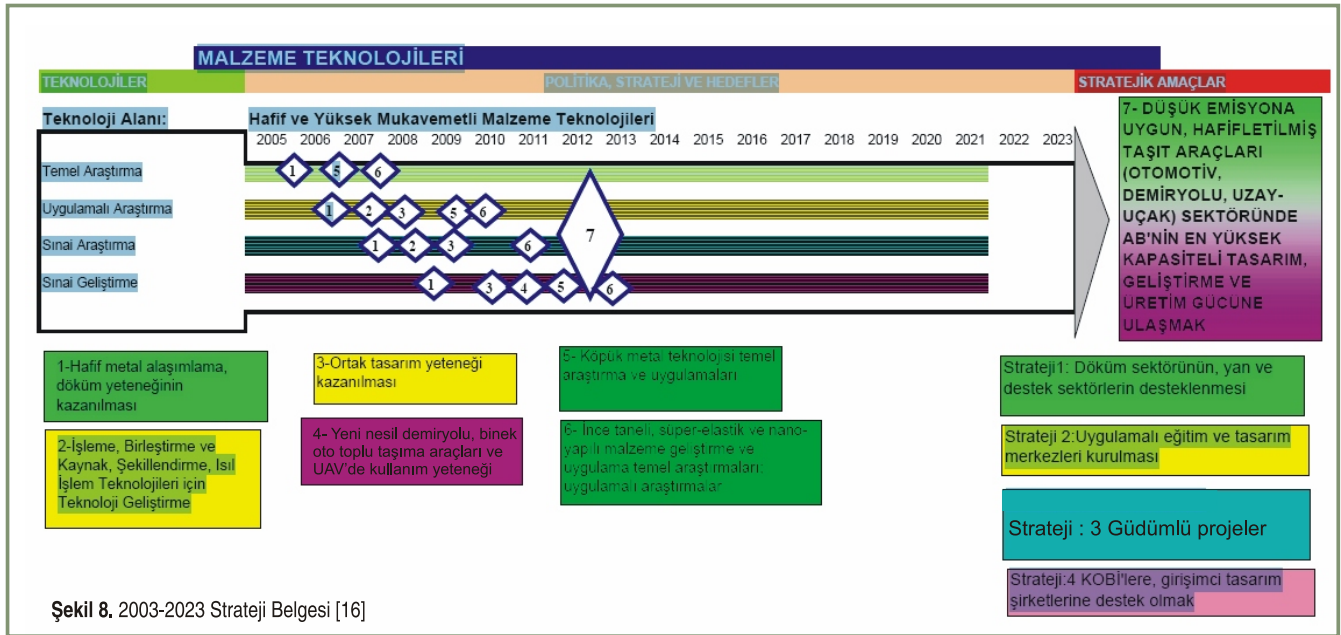
Steel Grade	YS (MPa)	UTS (MPa)	Total EL (%)	n Value (5 -15%)	r Bar	K Value (MPa)
BH 210/340	210	340	34-39	0.18	1.8	582
BH 260/370	260	370	29-34	0.13	1.6	550
DP 280/600	280	600	30-34	0.21	1	1,082
IF 300/500	300	420	29-36	0.2	1.6	759
DP 300/500	300	500	30-34	0.16	1	762
HSLA 350/450	350	450	23-27	0.14	1.1	807
DP 350/600	350	600	24-30	0.14	1	976
DP 400/700	400	700	19-25	0.14	1	1,028
TRIP 450/800	450	800	26-32	0.24	0.9	1,690
DP 500/800	500	800	14-20	0.14	1	1,303
CP 700/800	700	1,000	12-17	0.09	1	1,380
DP 700/1000	700	1,000	12,17	0.09	0.9	1,678
Mart 950/1200	950	1,200	5-7	0.07	0.9	1,678
Mart 1250/1520	1,250	1,520	4-6	0.065	0.9	2,021

karşılaşılan en önemli problemlerden birisi de kontrol edilemeyen geri esneme problemidir. Yüksek mukavemetli çeliklerin bu özelliği ise özellikle montaj esnasında büyük problemler yaratmaktadır. Ayrıca son zamanlarda oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanan sonlu elemanlar analiz programlarında malzemelerin bu davranışlarının tahmini büyük oranda farklılık

göstermektedir. Literatürde yapılan incelemelerde bu farklılıkların muhtemel sebeplerinin başında malzeme davranışlarının tam olarak doğru modellenememesi gelmektedir. Genel itibarıyla şekillendirme proses özellikleri parça tutucu kuvveti ve şekli, sürtünme kuvveti ve sıcaklık gibi parametreler iken, malzeme özelliklerinden çekme eğrisinin şekli, pekleşmenin etkisi, deformasyon oranı

hassasiyetinin etkisi, elastisite modülündeki değişim ve akma noktasındaki değişim gibi parametrelerin doğru bir şekilde bu yazılımlarda tanımlanması gerekmektedir. Sıralanan parametrelerin etkilerinin incelenebilmesi için detaylı AR-GE çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde Türkiye Bilimsel ve Teknik



**Şekil 8.** 2003-2023 Strateji Belgesi [16]

Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından Kasım 2004'te hazırlanan "Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi"nde Malzeme Teknolojileri-Hafif ve Yüksek Mukavemetli Malzeme Teknolojileri yol haritası ve bu belgede hafifletilmiş araçlarla ilgili bölüm Şekil 8'de verilmiştir.

Yol haritasında açıkça görüleceği üzere ülkemiz hafifletilmiş taşıt araçları üretmeyi ve Avrupa Topluluğu'nda öncü olmayı hedeflemektedir. Bu amaç için yüksek mukavemetli çelikler üzerine yapılan çalışmalara hız verilmeli AR-GE çalışmaları desteklenmelidir. Hem sanayi kuruluşları hem de üniversiteler gerekli çalışmaları mutlaka başlatmalıdırlar.

## SONUÇ

Yüksek mukavemetli çeliklerin otomotiv sektöründe kullanımının yakın gelecekte artarak devam edeceği görülmektedir. Özellikle yüksek mukavemetli çelikler hem aracın performansı hem de kazalara karşı güvenilirliği açısından önemli rol oynayacaktır. Hafif araç üretmek ülkemizin de öncelikli alanları arasındadır. Bu kapsamda yapılacak AR-GE çalışmalarına hız verilmeli, üniversite bünyesinde yapılan çalışmalarla sanayi uygulamaları birleştirilmeli ve ortak çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalara paralel olarak da malzeme geliştirme çalışmaları yürütülmelidir.

## KAYNAKÇA

1. **Doege, E., Dröder, K., Griesbach, B.,** On the Development of New Characteristic Values For He Evaluation of Sheet Metal Formability.
2. **Lagneborg, R.,** New Steels and Steel Applications For Vehicles, Materials And Design, 1991, 12, 3-14.
3. **Hayashi, H., Nakagawa, T.,** Recent Trends In Sheet Metals and Their Formability in Manufacturing Automotive Panels, J. Materials Processing Technology, 1994, 455-487.
4. **Mori, K., Maki, S., Tanaka, Y.,** Warm and Hot Stamping of Ultra High Tensile Strength Steel Sheets Using Resistance Heating CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2005, 54, 209-212
5. International Iron and steel intitute, Project reports on Ultralight Steel Auto Body, 2006.
6. www.corusautomotive.com
7. America Iron and Steel Institute (2003), "An Investment in Steel's Future," AISI Market Development, 2002-2003
8. **Kleiner, M., Chatti, S., Klaus, A.,** Metal Forming Techniques for Lightweight Construction, J. Mater. Proc Technol., 2006, 177, pp. 2-7.
9. **Neugebauer, R., Altan, T., Geiger, M., Kleiner, M., Sterzing, A.,** Sheet Metal Forming at Elevated Temperatures, 2006, Annals of the CIRP, 55/2, pp.793-816.
10. <http://www.autosteel.org/AM/Template.cfm?Section=PDFs&TEMP LATE=/CM/ContentDisplay.cfm&CONTENTFILEID=1004>
11. **Serkan Toros, Fahrettin Öztürk,** Otomobillerde Alüminyum-Magnezyum Alaşımlarının Yeri ve Şekillendirilebilme Kabiliyetlerinin İncelenmesi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası IX. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu, Bursa, 25-26 Mayıs 2007.
12. <http://www.worldsteel.org/?action=storypages&id=275>
13. **Anderson D.,** Application and Repairability of Advanced High Strength Steels, America Iron and Steel Institute, 2008.
14. Advanced High-Strength Steels A Collision Repair Perspective, June 12, 2006. (<http://www.i-car.com> )
15. **Daniel J. S.,** Contributing Writer, Introduction to Advanced High Strength Steels, Part I: Grade Overview, August 9, 2005. ([Http://www.thefabricator.com/MetalsMaterials/MetalsMaterials\\_Article.cfm?ID=1139](http://www.thefabricator.com/MetalsMaterials/MetalsMaterials_Article.cfm?ID=1139))
16. Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Kasım 2004.