

OTOMOBİL AĞIRLIKLARININ AZALTILMASINDA KULLANILAN SAC METALLER VE BUNLARI ŞEKİLLENDİRME TEKNİKLERİ

M. GAVAS*

Özet

Otomobil ağırlıklarının azaltılması için, yüksek mukavemetli çelik sacların ve alüminyum alaşımlı sacların otomobil gövdelerinde kullanılması gün geçtikçe artmaktadır. Bu çeşit sac metallerin işlenebilirliği, yumuşak çelik gibi konvansiyonel sac metallerin işlenebilirliğine nazaran daha azdır.

Otomobil ağırlıklarının azaltılması, buna paralel olarak bu sektörde kullanılan çelik sacların kalınlıklarının azaltılmasını zorunlu hale getirmiştir. Buna ilave olarak; konstrüksiyon, kaynak ve imalat teknolojilerindeki gelişmeler ve parça sayısının azaltılması, otomobil ağırlıklarının azaltılmasına ilave katkılar sağlamıştır. Ancak; çelik sac levha kalınlıklarının azaltılması, otomobillerde darbe ve diğer dirençlerin azalmasına, mevcut şekillendirme tekniklerinin yetersiz kalmasına sebep olmuş, bunun için de yeni sac şekillendirme teknikleri ve mukavemet artırma yöntemleri geliştirilmiştir.

1. GİRİŞ

Otomobile olan sosyal talep zamanla artarak değişmekte ve bu konuda ortaya çıkan bir çok problemin üstesinden gelinmeye çalışılmaktadır [1].

Otomobil üretiminde, sosyal ve global ihtiyaçların karşılanması yanı sıra sürüş güvenliği, daha az enerji tüketimi ve çevre kirliliği gibi [2, 3] konuların da göz önünde bulundurulması ve bu konuda gerekli çalışmaların yapılması kaçınılmazdır. Bu çalışmaların en önemlisi, emniyet ve sağlamlık göz ardı edilmeden otomobil ağırlıklarının azaltılması ve buna paralel olarak kullanılan sac metallerin şekillendirme tekniklerinin geliştirilmesidir.

Otomobil gövdelerinin ve diğer panellerin üretiminde seri üretime geçilmesiyle, çelik sacları şekillendirme teknikleri oto gövdesi imalat teknolojilerinin özünü teşkil etmiştir. Başlangıçta; bu konuda yapılan çalışmaların amacı, şekillendirme esnasında sac metalin yırtılmasını/kırılmasını önlemektir [4]. Ancak daha sonra tasarım ve çelik sacların özelliklerinin geliştirilmesi üzerinde yapılan yoğun çalışmalar, işlenebilirliği son derece iyi gidilmesi ve bu konuda yüksek hıza ulaşılması ile beraber

Anahtar Kelimeler: Otomobil Ağırlıklarının Azaltılması, Şekillendirme Teknikleri

şekillendirilmiş parçalarda şekil ve ölçü tamlığı da vazgeçilmez bir özellik olmuştur. Şekil ve ölçü tamlığının sağlanması ile ilgili olarak yapılan çalışmalar sonunda düşük akma mukavemetine sahip çelik saclar geliştirilmiştir. Çünkü; sac malzemenin akma mukavemeti ne kadar düşük olursa üretilen parçanın biçimi o kadar kolay kontrol edilir. Şekillendirme limitleri deformasyon sertleşmesinin artması ile artar, akma gerilmesinin artması ile azalır [5].

Özellikle dünyada baş gösteren petrol krizlerinden sonra otomobillerde daha az enerji tüketimi daha fazla önem kazanmıştır. Bunun sonucu olarak da otomobil gövdesi konstrüksiyonlarının değiştirilerek yüksek mukavemetli çelik sacların ve yeni şekillendirme tekniklerinin imalatta kullanılması otomobil ağırlıklarının azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Sac metallerin şekillendirilmesinde simulasyon metotlarının sonlu elemanlar metodu (FEM) ile beraber kullanılması ve CAD, CAM, ve CAE sistemlerinin gelişmesi ile sac metal şekillendirme tekniklerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır.

2. OTOMOBİL GÖVDESİ AĞIRLIKLARININ AZALTILMASI

Otomobil gövdesi ağırlığının azaltılmasına;

- Daha ince çelik sac kullanılması,
- Konvansiyonel gövde malzemeleri yerine daha hafif malzemelerin kullanılması,
- Otomobil gövde tasarımının değişmesi,
- Otomobil gövdesinin tek ve çok parçalı oluşu,
- Otomobil gövdesini meydana getiren parçaların sayısının azaltılması,
- Kullanılan kaynak teknolojileri

gibi faktörler etki eder. Bu faktörlerin etkin bir şekilde kullanılması otomobil ağırlığını azaltır ve yakıt tüketiminin azaltılmasına direk olarak katkıda bulunur. Otomobil ağırlığının azaltılması ile yakıt tüketiminin azaltılması doğru orantılıdır. Otomobil ağırlığındaki %1' lik bir azalma yaklaşık % 0.6-1 civarında [6], otomobil aerodinamik direncinin %10 oranında azaltılması ise %2 oranında [7] yakıt tasarrufu sağlar .

Oto gövdelerinin yapımında kullanılan malzemeler ve konstrüksiyonlar seçilirken ağırlık azaltımının yanısıra aşağıdaki hususların da göz önünde bulundurulması gerekir;

- Malzeme maliyeti ve işlemler,
- Malzeme kalitesi ve sağlamlığı,
- Malzemenin sürekli temin edilebilirliği,
- Malzeme mukavemeti (yorulma, darbe), sönümlenme etkisi, korozyon direnci vb.
- Malzemenin biçimlendirilmesi esnasındaki şekillenme, kaynak edilebilme, ve boyanabilme özellikleri,
- Yeniden değerlendirilebilirlik özellikleri.

Şekillendirilebilirlik açısından, daha hafif çelik sacların şekillendirilmesinde bir çok problem henüz çözümlenememiştir. Genel olarak hafif metallerin şekillendirilebilirliği, yumuşak çeliklerden daha azdır. Bu tür çeliklerin şekillendirilmesi esnasında buruşma, yüzey bozukluğu gibi biçim kusurları ve geri sıçrama kolayca oluşabilmektedir. Bu tür ince ve hafif fakat yüksek mukavemetli sacların oto gövdelerinde kullanılabilmeleri için sac malzemenin özelliklerinin ve şekillendirme tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Malzemenin cinsi ve

kalınlığı, her bir parçanın fonksiyonel karakteristiğine göre uygun şekilde seçilir. Dış taraf parçaları için panel direngenliği, çökme direnci ve dış yüzey kalitesi; iç taraf parçaları için ise panel direngenliği, yapısal direngenlik ve yorulma mukavemeti ön planda tutulur. Konstrüktif parçalar için ise konstrüktif direngenlik, yorulma, yorulma mukavemeti ve darbe mukavemeti önemlidir. Malzemenin şekillendirilebilirlik özelliğini sadece çeşidi değil mukavemeti ve kalınlığı da etkiler.

2.1 Otomobil Gövdesi Ağırılıklarının Kullanılan Sac Metaller İle Azaltılması

2.1.1 Yüksek Mukavemetli İnce Çelik Saclar

Otomobil ağırılıklarının azaltılması, yüksek mukavemetli ince çelik sacların kullanılmasını gerektirir [8]. Bu yüzden aşırı hafif çelik oto gövdesi (ULSAB, Ultra Light Steel Auto-body) projeleri geliştirilmiştir. Çekme gerilmesi 340 MPa' nın üzerinde olan çelikler yüksek mukavemetli çeliklerdir. Çekme gerilmesi 270-340 MPa arasında olan çelikler ise yumuşak çeliklerdir. Çekme gerilmesi 1000 MPa' nın üzerinde olan çelikler ise ultra yüksek mukavemetli çelikler olarak adlandırılır ve otomobil kapılarındaki darbeleri önleyici panellerin yapımında kullanılır.

Otomobillerin dış panellerinde (arka panel hariç) genel olarak çekme gerilmesi 400 MPa' dan daha az ve kalınlığı 0,7 mm olan yüksek mukavemetli çelikler kullanılmaktadır. Bir çok oto dış yüzey panelinde çökme direncini artırmak için alevde sertleştirilebilen yüksek mukavemetli çelikler kullanılmaktadır. Alevde sertleştirilmiş çelikler nispeten düşük akma mukavemetine sahiptirler ki bu durum boyandıktan ve sertleştirildikten sonra istenen çökme direncinin korunmasında etkilidir.

Otomobillerin iç konstrüksiyonunda kullanılan panellerin/parçaların daha kompleks biçimli oluşu ve daha zor şekillendirilmesi nedeniyle, yüksek mukavemetli çelik sac kullanım oranı dış panellere nazaran daha düşüktür. Genel olarak çekme gerilmesi 410 MPa olan çelik saclar iç panellerde kullanılır. Süspansiyon parçalarda (askıda kalan, sabit olmayan) ve otoların gövde iskeletini oluşturan parçalarda yüksek mukavemetli çelik sacların kullanım oranı yüksektir. Hatta bu kısımlarda örneğin kapıların darbe önleyici panellerinde ve tampon destek parçalarında çekme mukavemeti 800-1000 MPa arasında olan ultra yüksek mukavemetli çelik saclar kullanılmaktadır.

2.1.2 Kaplamalı Çelik Saclar

Otomobil panellerinin korozyona karşı direncini artırmak ve dolayısıyla otomobilin ömrünü uzatmak için son zamanlarda otomobil panellerinde kaplamalı ince çelik saclar kullanılmaktadır. Bu tür saclar aynı zamanda otomobil ağırlığının azaltılmasına da katkıda bulunmakta ve bu sacların kullanımını hızlandırmaktadır. Otomobil sac parçalarının üretiminde aşağıdaki kaplamalı çelik saclar kullanılmaktadır [9].

- Elektrogalvanizli saclar (EG),
- Elektrodepozitli saclar (Zi-Ni),
- Çift katmanlı Fe-Zn alaşımli elektrodepozitli saclar (EGA),
- Zn-Ni + organik kompozit kaplamalı saclar (Dura),
- Sıcak daldırma yöntemi ile galvaniz kaplanmış saclar (GI),
- Sıcak daldırma galvaniz tavlı saclar (GA),Sıcak daldırma galvaniz tavlı + zengin demir yüzeyli parlak saclar.

Kaplama tabakası/katmanı, şekillendirme işlemlerinde bazı zorluklara sebep olur. Bu zorlukların en önemli ikisi, kaplamalı yüzeyde meydana gelen yüzey hasarı ve sürtünme karakteristiklerinde meydana gelen değişikliklerdir (Şekil 1).

Kaplama tabakası, kalıplama esnasında soyulmaya karşı meyillidir ve sonuç olarak üretim oranının/hızının düşmesine, şekillendirilmiş parçada yüzey kusurlarına ve korozyon direncinin azalmasına sebebiyet verir. Soyulma şeklinde oluşan yüzey kusurları tozlaşma/ufalanma ve pullanma şeklinde sınıflandırılabilir.



Şekil 1. Kaplamalı Sacların Şekillendirilmesinde Karşılaşılan Güçlükler [10].

Kaplama tabakasından küçük parçaların soyulması ile kabarcıklar meydana gelir. Kaplama tabakasının soyulmasını önlemek için takımın yüzey kalitesi ile sürtünme karakteristiklerinin kontrol edilmesi ve uygun yağlamanın yapılması gibi önlemlerin alınması gerekir.

Diğer problem, kaplama tabakasının sebep olduğu ve sacın sürtünme özelliklerinde meydana gelen değişikliklerdir. Kaplama tabakasının özellikleri ile sürtünme davranışları değişir ve sacın esas kısmı göz önünde bulundurularak şekillendirme performansı tahmin edilemez. Sürtünme özelliklerinin değişimi ile kaplama tabakasının soyulması arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Buruşmaya sebep olan baskı plakası basıncının sınırları malzemeye bağlı değildir. Fakat kırılma limitleri çok değişir. Kırılma ile sonuçlanan şekillendirme limitleri çekme miktarı ile belirlenir. Kayabilirlik gerçek şekillendirmede düz çekme şartlarında, çekme miktarı ve kalıp kavisi ile belirlenir ve sürtünme katsayısı ile değerlendirilir.

Korozyon direncinin artırılması için kaplama tabakası kalınlaştırıldığında sacın şekillendirilebilirlik özelliği daha da kötüleşir. Galvaniz tavlı çelik sacın dış yüzeyinde kalın ve yumuşak alaşımlı bir kaplama tabakası olduğunda takım ile kaplama tabakası arasında oluşan adezyon nedeniyle sürtünme katsayısı artar ve sık sık kırılma ile sonuçlanır. Sabit/ kararlı bir şekillendirme performansı, sürtünme katsayısının düşürülmesi ile elde edilebilir. Sürtünme katsayısının düşürülmesi için yüzeyde zengin demir ihtiva eden kaplama tabakası ile adezyonun bastırılması/elimine edilmesi ve uygun katkı maddeli yağlayıcıların kullanılması gerekir.

2.1.3 Alüminyum Alaşımli Saclar

Alüminyum alaşımları, otomobiller için kullanılan daha hafif malzemelerdir. Alüminyum alaşımından yapılmış sacların şekillendirilebilirliği üzerindeki araştırmalar çok öncelere dayanmaz. Bu çeşit sacların uygulama alanlarının genişletilmesine engel olacak bir çok problem hala devam etmektedir.

Oto gövdelerinde kullanılan alüminyum alaşımlarının şekillendirilebilirliği ile ilgili mekanik özellikler açısından genel olarak şu hususlar tesbit edilmiştir;

- Mukavemet bakımından çeliğe nazaran daha düşük değerlere sahiptirler,
- Elastisite modülleri yaklaşık çeliğin 1/3 ' ü kadardır,
- Uzaması, özellikle lokal uzaması küçüktür,
- Akma sınırının uzaması ve sarsıntılı akma nedeniyle kesintili deformasyon oluşur,
- Plastik anizotropi, r değeri 1'den düşüktür,
- Çelikle karşılaştırıldığında yumuşak malzemedir.

(Çizelge1)'de gösterilen nedenlerden dolayı alüminyum alaşımlarının presle şekillendirilebilirliği çelik saclarla nazaran daha düşüktür.

2.1.4 Diğer Hafif Malzemeler

Gelecekte, çelik-plastik laminant sacların ve polimerlerin hafif malzemeler olarak oto gövdesi panellerinin yapımında kullanılması ümit edilmektedir. Bu malzemelerde, çelik saclar arasına reçine preslenir. Bunlar; oto gövdesi parçalarının, yapı ve mobilya malzemelerinin ağırlıklarının azaltılması için geliştirilmiş ve pratikte kısmen kullanılmaktadır. Fakat kalıplanmış parçaların kalitesi ve şekillendirilebilirliği çelik saclarla nazaran ikincil durumdadır ve oto panellerine uygulanması için şimdilik yeterli mukavemete sahip değildir. Bunlara ilave olarak laminant sacların nokta kaynağı genelde zordur ve boyama sürecindeki fırınlama işlemleri esnasında bu saclarla reçinenin sebep olduğu termal deformasyonlar oluşur.

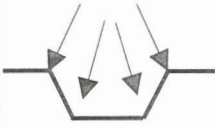
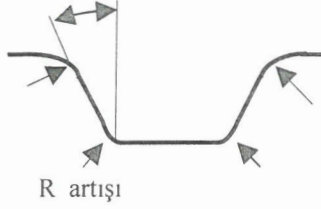
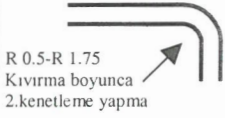

Bir çeşit çelik-plastik laminant sac olan titreşim sönümlü sac, yağ karteri gibi bazı parçaların imalatında kullanılmaktadır. Yüksek kristalizasyon ile yapılan konvansiyonel ağırlık azaltımlarında, dolgu maddesi artırılarak malzeme kalınlığında incelmeye sağlanmıştır. Propilen (PP) reçine köpüğü kullanılan bu teknolojiye, üretilen parçalarda yaklaşık %25 oranında ağırlık azaltımına ulaşılmıştır. Bu çeşit parçaların darbe etkisi, reçineye elastomer ilavesiyle artırılır [12].

Polimer malzemelerin oto gövdesi panellerine uygulanması ve geliştirilmesi konusunda dünyadaki çalışmalar aktif olarak devam etmektedir. Ancak; polimer malzemelerin oto gövdesi panellerinde kullanılması aşağıdaki sebeplerden dolayı hızlı bir artış trendi gösterememiştir;

- Verimlilik çok yüksek değildir,
- Ağırlık azaltma etkisi, polimerlerin fiyatı ile kıyaslandığında beklendiği kadar etkili/verimli değildir,
- Şekillendirilmiş parçaların dış görünüşü iyi değildir,
- Bu malzemelerin geri dönüşümü ve atık olarak değerlendirilmesi zordur/verimli değildir.

Çizelge 1. Alüminyum Alaşımli Saclardan Oto Gövdesi Panellerinin Kalıplanması

Esnasında Oluşan Şekillendirme Kusurları ve Bunları Önlemek İçin Alınması Gereken Önlemler [11].

Oto Gövdesi Paneli	Şekillendirme kusuru	Kusurların Sebepleri	Alınacak Önlemler
Dış Kaput Paneli	Derin çekmede kırılma -çatlama	Düşük kavis değeri, düşük lokal uzama	Zimba ve kalıpta kavis yarı çapının (r) büyütülmesi (çeliğe nazaran 2 kat)
	Geri sıçrama nedeniyle şekil bozukluğu	Düşük young modülü	Geri sıçrama miktarının tahmin edilmesi
	-Kabarma -Kabarıklanma -Sürtünme sonucu yüzey çukurlaşması	-Sacyüzeyinin kirliliği -Alüminyum alaşımlarının yumuşak oluşu -Kabarma -Adezyon nedeniyle çukurlaşma Düşük Lokal uzama	-Operatör tarafından sac yüzeyi temizlenmelidir. -Kıvrım sürtünmesinin kolaylaştırılması -Düzgün kesme yapılması, artıkların-çapakların temizlenmesi. -Takımın Cr kaplanması
İç Kaput Paneli	Zimbada ve kalıp boğazında kırılma 	Düşük lokal uzama Açı artışı	Profil yarı çapının büyütülmesi, yan yüzey açısının artırılması 
Kaput Çevresi-nin Kıvrılması	Kıvrılmadan sonra kavis yarı çapında boyun verme	Düşük lokal uzama	1.kavis yarı çapının artırılması 
	Şekil kusuru	Geri sıçrama	Geri sıçrama miktarının tahmin edilmesi 
	Yüzey hasarı	Al. alaşımlarının yumuşaklığı	Takımların Cr ile kaplanması

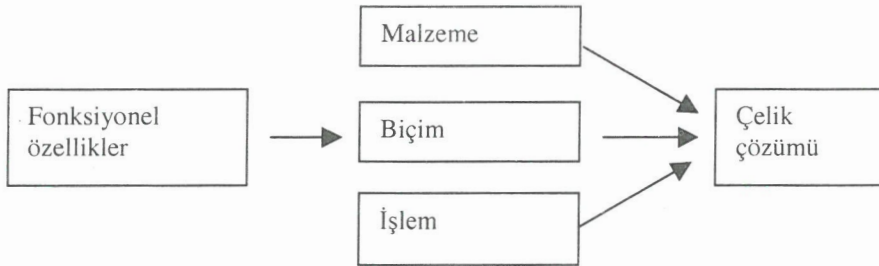
2.2 Otomobil Gövdesi Ağırlıklarının Lazer İşılama Teknolojisi İle Azaltılması

Bu metot ile oto parçalarının ağırlıklarının azaltılması için özçekirdek teknolojisi (core technology) geliştirilmiştir. Bu teknikte lazer ışınları, konvansiyonel yöntemle preslenerek üretilmiş parçaların sadece istenilen bölgelerine etki ettirilir. Bu işlem sayesinde panellere eklenen takviye parçalara gerek kalmaz. Otomobillerin ön çamurlukları, çarpışmalarda en fazla hasar gören parçalardan biridir. Bu parçaya lazer ışınları etki ettirilerek malzemenin yapı dönüşümü sağlanır ve takviyeli parçanın mukavemetine eşit bir mukavemet elde edilir. Bu şekilde takviye parçası kadar bir ağırlık azaltımı sağlanmış olur. Bu teknikte yüksek enerji kaynağı olarak lazer ve plazma kullanılır. Ancak; geniş bir ergitme alanı ve düşük direnç gerektiğinden ve enerji yoğunluğunu kontrol etmek güç olduğundan, lazer kullanımı çoğu kez daha uygundur. Bu yöntemle üretilen parçalar korozyon direnci, yorulma ve kırılmalık bakımından pratik kullanımlarda probleme yol açmaz [13].

3. OTOMOBİL TEKERİ AĞIRLIKLARININ AZALTILMASI

Otomobil tekerlerinin büyüklükleri konusundaki standartlaşma 1948 Manila Konferansından beri devam etmektedir. Bu sebeple tekerlek tipine göre jant şekli hemen hemen sabitleşmiştir. Disk açısından ele alındığında, diskin dış kenarının şekli birleştirme moduna göre belirlenir. Teker merkez bölgesinin şekli ise merkez geometrisine özellikle bağlama (bijon) sayısına bağlıdır. Tasarımcılar için üzerinde çalışılacak tek bölge ise birleştirme bölgeleri ile bijonlar arasında kalan bölgedir. Ancak bu bölge dahi araç genişliği gibi dış sınırlayıcılar ve fren mekanizması gibi iç sınırlayıcılar yüzünden riskli kalır.

Tekerlek imalatındaki prosedürde, kullanılan çelik ile ilgili çözüm için biçim, malzeme ve imalat işlemleri arasında ortak bir nokta bulunmalıdır. Bu nokta da optimum ağırlığın elde edilmesidir (Şekil 2).



Şekil 2. Otomobil Tekeri Çelik Çözümü İle İlgili Ağırlık Azaltılması İçin Tasarım Prosedürü

Tekerleğin biçimi çoğu kez belirlenmiş eleman olarak kabul edilir. Malzeme ve işlemden ise yeterlilik esas alınır. Böyle olunca, tekerlek ağırlığının azaltılmasında esas prensip daha ince çelik sac kullanmaktır. Hareket anında tekerlekte oluşan en büyük problem, gerilme ve yer değiştirme artışıdır. Gerilme artışını önlemek için malzemenin izin verilebilecek gerilmesi artırılmalıdır. Bunun için de HSS çelikler tercih edilir. Yer değiştirme açısından ise kabul edilebilir rijitliğin bilinmesi gerekir.

Çoğu kez bu limite ulaşılmaz, tekerlek diskinin direngenliği sac kalınlığının azaltılmasına rağmen kabul edilebilir sınırlar içinde kalır. Disk üretiminde kullanılan çelikler genelde sıcak haddelenmiştir [14].

Disk üretiminde aşağıdaki çelikler kullanılabilir [15].

- Tane yapısı küçültülerek sertleştirilmiş ve mikro alaşım elementleri çöktürülmüş durumda olan HSLA çelikler,
- Ferrit + beynit mikro yapılı, yüksek dirençli C-Mn çelikler,
- Ferrit + martenzit mikro yapılı, çift fazlı çelikler,
- Beynit mikro yapısı oluşumuna elverişli ve daha karmaşık kimyasal kompozisyonlu ULCB çelikler.

HSS çelikler, diğer konvansiyonel çeliklerden daha düşük şekillendirilebilirlik özelliğine sahiptir. Bu sebeple derin çekme esnasında boyun verme ve kırılma daha sık oluşur. Burkulma açısından, ince saçlar buruşmaya karşı daha duyarlıdır. HSS çelikler çatlak etkisine karşı daha duyarlıdır. Bu yüzden yorulma çatlakları delik kenarlarından başlar. Bu çatlaklar taneler arası kayma bantlarını yönlendirirler [16]. Bunlardan sakınmak için sac levha üzerindeki kesme/delme işlemlerinin hassas yapılması yani kalıba kesme boşluğunun az verilmesi gerekir. Diğer bir önlem ise iç basma gerilmesi üretmek için kesme bölgesinin soğuk deformasyon yoluyla sertleştirilmesidir. Bunun için delik içine konik zımba basıncı uygulanıp kesme kenarlarında oluşan çapaklar ezilerek sıkıştırılır ve aynı anda bu kenarlar sertleştirilmiş olur. Yorulma dayanımında en iyi sonuçlara ulaşmak için en iyi gerilme durumunu elde etmek gerekir, bunun için de:

- Kritik gerilme bölgesinde sac kalınlığında incelme olmaması.
- Kritik gerilme bölgesinde basma oluşması.
- Kritik gerilme bölgesinde hasarsız metale sahip olunması gerekir.

Bu yollarla tekerlek diskinde %20-30 oranında ağırlık azaltımı sağlanabilir, diğer tasarım değişkenlerinin (biçim değişkenliğinin) hesaba katılması ile de daha iyi performans elde edilebilir.

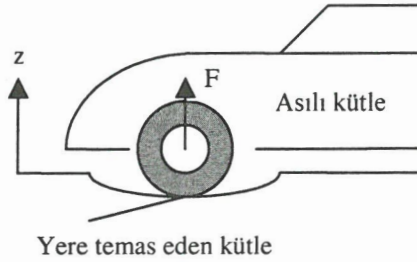
Tekerlek ağırlığının azaltılmasında maliyet ve yakıt tüketiminin azaltılması gibi sebeplerin dışında özel nedenler de vardır. Bunların en önemlisi sürüş/seyir konforunun rahat olması yani yoldaki çukurlar nedeniyle oluşacak şok sarsıntılarının etkisinin azaltılması ve diğer yol etkileridir. Bu özellik de esas olarak süspansiyonlu ve süspansiyonsuz kütlelerin oranına bağlıdır.

Şüphesiz tekerleklerin; aracın bütün yükünü çekmesi, seyir konforunu sağlaması ve yol ile aracın birleştiği tek nokta olması nedeniyle ağırlığının azaltılması kadar sağlamlığının artırılması da önemlidir.

Yol sathında bulunan her düzensizlik (Şekil 3), düşey bir (F) atalet kuvveti oluşumuna yol açar ki bu durum aracın süspansiyonlu kütlelerini

$$F = M \frac{d^2 z}{dt^2} \quad (1)$$

şeklinde etkiler. Burada M, tekerlek kütlesi, t zaman, z ise düşey yöndeki yoldur. Bunun sonucu olarak tekerlek ne kadar hafif olursa sürüş o kadar konforlu/ rahat olur.



Şekil 3. Tekerlek Kütlesinin Asılı Durumdaki Gövdeye Dinamik Etkisi

4. OTOMOBİLLERDE KULLANILAN SAC METALLERİN ŞEKİLLEN- DİRİLMESİNDE KULLANILAN YENİ TEKNİK VE SİSTEMLER

Zor şekillendirilebilir sac malzemeleri, yüksek mukavemetli çelikleri ve alüminyum alaşımlarını başarı ile şekillendirmek, imalat maliyetini azaltmak ve çeşitli küçük miktardaki üretimlerle başa çıkmak için, yeni şekillendirme tekniklerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir ve gereklidir. Bu teknikler şunlardır:

4.1 Esnek Pres Sistemi (Az sayıdaki parçaların üretimi için)

Sac metallerin şekillendirilmesi prensip olarak seri üretime uygundur. Ancak, biçimleri değişik ve az sayıdaki parçaların üretimi ile nasıl başa çıkılacağı, üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Bu çeşit üretimlerde kalıp maliyeti parçanın toplam maliyet giderleri üzerinde önemli bir oran teşkil eder. Bu sebeple kalıp maliyetinin azaltılması gerekir. Bu çeşit imalatlarda, yeni geliştirilen ve hidro-mekanik şekillendirmeyi ihtiva eden esnek pres sistemleri kullanılmaktadır [17]. Bu sistem üç ana işlemden ibarettir.

Çekme İşlemi: Bu işlem konvansiyonel sistemdeki çekme ve bükme işlemlerine karşılık gelir ve sıvı basınçlı pres tezgahları tarafından gerçekleştirilir. Bu yöntem, hidro-mekanik şekillendirme yöntemlerinden bir tanesidir ve aşağıdaki özelliklere sahiptir;

- Derin çekilebilirlik işlemini geliştirir,
- Şekillendirilmiş parçalarda şekil tamlığı ve yüzey kalitesi artar,
- Kalıp maliyeti azalır.

Lazerle kesip temizleme işlemi: Bu işlem konvansiyonel sistemdeki parçanın fazlalıklarını kesme ve yarı flanş yapma işlemlerine karşılık gelir ve bu işlem yüksek hızdaki üç boyutlu karbondioksit lazer kesici ile yapılır.

Flanş Yapma: Bu işlem çok yönlü pres şekillendirilmesi ile gerçekleştirilir.

Hidro-mekanik tezgahlarda en önemli problem, çekme işleminin ve ikinci parça için hazırlık/çevrim zamanının yavaş olmasıdır.

4.2 Baskı Plakası Basıncının Kontrolü

Baskı plakası kuvveti ekseriya kırılma, buruşma ve yüzey sapması olmayacak şekilde sabit olarak ayarlanır. Kalıplama esnasında sabit baskı plakası kuvveti ile kompleks biçimli parçaların biçimlendirme kusurlarının tamamen üstesinden gelmek güçtür. Biçimlendirme işlemi esnasında buruşukluk ve yüzey sapmalarının üstesinden gelmek için daha yüksek baskı plakası basıncının gerekli olmasına karşın, kırılmalardan-çatlamalardan kaçınmak için daha düşük baskı plakası kuvveti tercih edilir.

Çift etkili preste, baskı plakası basıncı (Şekil 4)' te görüldüğü gibi kontrol edilebilir ve bu yolla üretilen parçaların kalitesi artırılabilir. Baskı plakası basıncının kontrol etmek sadece çekme işlemleri esnasındaki hasarları önlemez, aynı zamanda daha ucuz çelik sacların kullanılmasına olanak sağlar, bunun sonucu olarak maliyet azalır ve malzemenin akma gerilmesi geliştirilmiş olur. Uygulamada, baskı plakası basıncının kontrolü, optimum şekilde sayısal simülasyonla sağlanabilir.

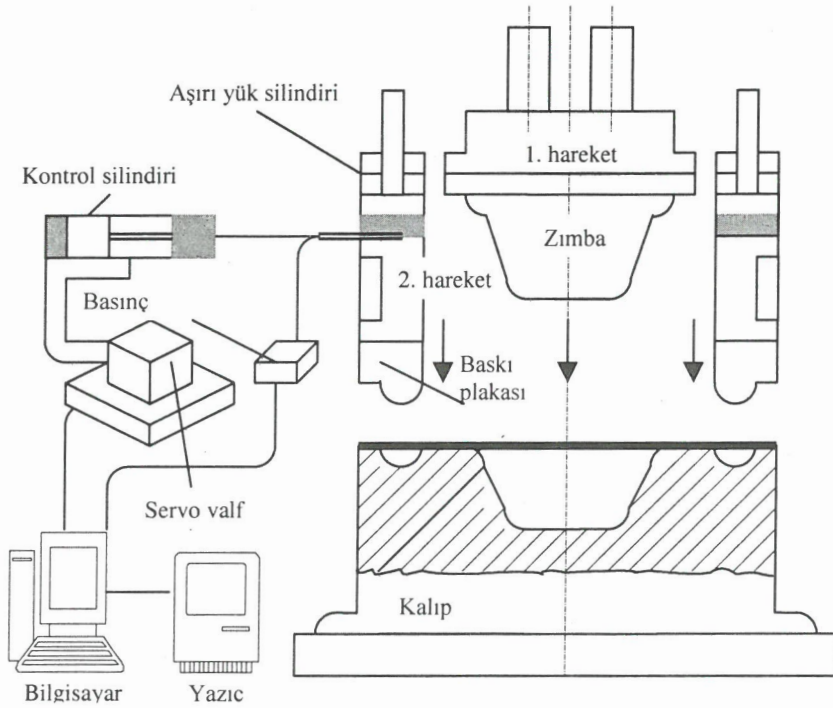
Büyük parçaların imalatında verimliliği artırmak için büyük transfer presleri kullanılır ve bunlar tek etkili preslerdir. Bu preslerde baskı plakası basıncının parça üzerindeki dağılımı üniform olmadığından biçimlendirme performansı sabit değildir. Buna çözüm olarak "Tampon pim destekli ekolayzır sistem" geliştirilmiş ve kolaylıkla sisteme yerleştirilmiştir. Bu sistemle tek etkili preslerde dahi baskı plakası basıncının kontrolü sayısal olarak kalıp tampon pimi ile yapılır [18].

4.3 Büyük Parçaların Tek Parça Sacdan Kalıplanması

Otomobillerde çok parçalı gövde iskeleti kullanıldığında bir çok küçük parçadan ibaret olan büyük oto gövdesi parçaları önce ayrı ayrı preslenerek küçük parçalar şeklinde imal edilir, sonra kaynakla birleştirilip tek parça haline getirilerek ağırlık azaltımı sağlanır [19]. Eğer bu büyük parçalar tek bir sac metalden bir defada üretilirse ölçü tamlığı daha iyi olan daha temiz parçalar daha düşük kalıp ve montaj maliyeti ile üretilebilir. Tek parçalı imalat sistemi kullanıldığında biçimlendirme daha zor olur ve yüksek kaliteli çelik saclarla ihtiyaç duyulur. Bu ihtiyaçların karşılanması için yüksek r ve n değerlerine sahip olmanın yanı sıra süper şekillendirilebilme kabiliyetine sahip, ultra düşük karbonlu, yüksek akma direnci ve gerilme duyarlılığı olan birkaç çeşit çelik sac geliştirilmiştir.

Tek parçalı imalatla üretilen parçanın dezavantajı, düşük akma direncine ve daha fazla ağırlığa sahip olmasıdır. Bu iki problemi çözmek için her iki sistemde de büyük avantaj sağlayan lazer [20] ve MİG [21] kaynaklı saclar (Tailoredblank) üretilmiştir. Hafif ağırlıklı otomobil yapıları göz önüne alındığında kaynaklı saclar teknolojisini bu alandaki en önemli gelişmelerden birini teşkil etmektedir [22]. Lazer kaynaklı saclar; farklı kalınlık, mukavemet ve kalitedeki birçok sacın CO₂ lazer kaynağı ile birleştirilmesiyle elde edilir.

Lazer kaynaklı sacların şekillendirilebilirliği üzerinde yapılan yoğun araştırmaların sonucunda, otoların entegre yan panelleri bu saclardan tasarlanmış ve imal edilmiştir. Lazer kaynaklı saclar halen oto yan panellerinin yanısıra, diğer bazı oto parçalarının seri üretiminde de kullanılmaktadır. Bu saclar, malzeme akışının azalmasına ve ölçü tamlığının gelişmesine sebep olur. Ancak; çelikten imal edilen kaynaklı saclarla zıt olarak alüminyumdan imal edilen kaynaklı sacların şekillendirilmesinde daha fazla güçlüklerle karşılaşmaktadır.



Şekil 4. Baskı Plakası Basıncını Kontrol Sistemi [23].

4.4 Diğer Şekillendirme Teknikleri

Pres performansını artırmanın bir yolu da takım sıcaklığının kontrol edilmesidir. Isıtma ile şekillendirme tekniklerinde kalıp ve baskı plakası ısıtılır, zımba ise soğutulur. Bu teknik özellikle paslanmaz çelik saclara [24], zor şekillendirilebilen yüksek mukavemetli çelik saclara [25], alüminyum alaşımlarına [26] ve çelik-plastik laminant saclara [27] uygulanır.

MPF (Multi-Point Flexible Forming) çok noktalı esnek şekillendirme teknolojisi, metal sacların şekillendirilmesinde kullanılan ve önemli miktarda kalıp maliyeti ve zaman tasarrufu sağlayan bir tekniktir. Tek parçalı kalıplarda (zımba ve dışı kalıp tek parçadan ibarettir) yapılamayan parçaların üretimi bu teknikle gerçekleştirilir [28].

Bilgisayar teknolojisinin hızla gelişimi ile, bilgisayar destekli mühendisliğin takım tasarımı ve imalatı üzerindeki uygulamaları da gelişmiştir. CAD/CAM sisteminin kalıp imalatında kullanılması, tasarım zamanının azaltılmasına, oto parçalarının kalitesinin artmasına ve bu kalitenin sürekli hale gelmesine katkıda bulunmuştur.. Özellikle sonlu elemanlar metodu, kalıplanacak oto gövdesi parçalarının hazırlık safhasında daha faydalı ve önemli olmaktadır.

4.5 Tekerlekte Kullanılan Metallerin Şekillendirilmesi

Jant ve tekerlek diski sıcak haddelenmiş çelik saclardan üretilir. Jantların genellikle kesilmiş çelik silindirin haddelenmesi suretiyle yapılmasına karşın diskler, çelik sacdan derin çekme yöntemiyle imal edilir. Disklerin bir defada derin çekilmesi mümkün değildir. Diskin son şekli yaklaşık yedi-sekiz kalıplama operasyonundan sonra elde edilir. Ancak diskin esas şekli ilk iki veya üç derin çekme operasyonundan sonra elde edilir, delik delme ve lokal kalıplama gibi diğer operasyonlar ise detayları oluşturmaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, otomobil ağırlıklarının azaltılması için oto gövdesi parçalarında kullanılan saclar ve bu sacları şekillendirme teknikleri incelenmiştir. Gerçekten, otomobil gövdesi imalatı alanında, yüksek mukavemetli çeliklerden başlayarak alüminyum ve magnezyum alaşımlarından polimerlere kadar bir çok farklı malzemenin birleştirilmesiyle üretilen kompozit malzemeler karakterize edilip kullanılmaktadır. Bu sayede otomobil ağırlıklarında %25 civarında ağırlık azaltımı, bunun sonucu olarak da doğal kaynakların tüketilmesinde önemli ölçüde tasarruf sağlanmış ve çevre kirliliğinin azaltılması konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bunlara ilave olarak da, üretimde yeni şekillendirme teknikleri geliştirilmiştir. Oto parçalarında kullanılan yüksek mukavemetli çelik saclar ve alüminyum alaşımlı saclar gibi zor şekillendirilebilir sacların biçimlendirilmesinde çözümlenmesi gereken bir çok problem vardır. Otomobile olan talebin de gün geçtikçe arttığı açıktır. Bu sosyal talebin karşılanmasında bu alandaki imalatçılar için üstün özellikli yeni malzemelerin üretilmesi ve şekillendirme tekniklerinin geliştirilmesi gün geçtikçe daha zorunlu olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Hayashi, H., 1994, 'Press Gijutsu (Press Working)', 32-9, p.10.
- [2] Kudo, Y., 1992, 'Journal of JSTP' 33-375, 385.
- [3] Nakamura, S. and Tomioka, Y., 1994, 'Journal of JSTP' 35-404, 1029.
- [4] Yoshida, K., 1959, 'Scientific Papers IPCR', 53, p.125.
- [5] Bleck, W., Dahl, W. and Gusek, C., 1996, 'Effects of Work Hardening Rate On Formability of Recently Developed DDQ Steels', 19th IDDRG Biennial Congress, Eger, 10-14 June.
- [6] Okubo, N. and Sugisawa, M., 1980, 'Japan Soc. Technology of Plasticity', 21-229, p. 92.

- [7] Kwon, H.C., Im, Y. T., Ji, D. C. and Rhee, M. H., '*The Bending of an Aluminum Structural Frame with a Rubber Pad*', Journal of Materials Processing Technology 113 (2001), p.786.
- [8] Beco, F., Dauby, B., Kergen, R., Magain, P., Vandierendonck, S., Van Overmeire, M. and Vereecken, J., 1996, '*Improvement of Dent Resistance of Auto Body Panels Taking Advantage of The Strain Hardening Properties of Steel Sheets*', 19th IDDRG Biennial Congress, Eger,10-14 June.
- [9] Hayashi, H., 1996, '*Forming Technology and Sheet Materials For Weight Reduction of Automobile*', 19th IDDRG Biennial Congress, Eger,10-14 June.
- [10] Hayashi, H. and Hayashi, Y., 1985, '*JSFRG(JDDRG), IDDRG WG85 Paper*', DDR/WG3/85/6, Amsterdam, The Netherlands.
- [11] Sueda, K., 1991, '*Press Gijutsu (Press Working)*', 29-4, p. 49.
- [12] Hikita, K., '*Development of Weight Reduction Technology for Door Trim Using Foamed PP*', JSAE Review 23 (2002), p. 239.
- [13] Nakagawa, N., Sato, A. and Tamada, K., 1996, '*Weight Reduction Technology By Laser Irradiation For Body Panels*', 19th IDDRG Biennial Congress, Eger, 10-14. June.
- [14] Hibon, G., Marron,G. and Patou, P., 1996, '*Designing Stamped Parts in Hot Rolled Steel Sheet*', 19th IDDRG Biennial Congress, Eger, 10-14 June.
- [15] Hibon, G., Marron,G. and Patou, P., 1996, '*Light Car Wheels In High Strength Steel*', 19th IDDRG Biennial Congress, Eger,10-14 June.
- [16] Griveau, B., Message, O. and Van, K. D., 1989, '*On a New Multiaxial Fatigue Criterion*', in Mechanical Engineering Publications, London, UK.
- [17] Kato, S., Nakamura, S. and Onoe, H., 1990, '*Press Gijutsu (Press Working)*', 28-8, p. 92.

- [18] Akiyama, M., Hirabayashi, Y., Kiri, K., and Shinabe, M., 1995, 'SAE Paper', 950916.
- [19] Lee, H., Seo, H. and Jin Park, G., 'Design Enhancements for Stress Relaxation in Automotive Multi-Shell-Structures', International Journal of Solids and Structures 40 (2003), p. 5320.
- [20] Arima, K., Azuma, K., Ikemoto, K., Sugiura, H. and Takasago, T., 1990, 'Proc. 16th IDDRG Congress', Borlänge, Sweden, p. 305.
- [21] Balič, J. and Kampuš, Z., 'Deep Drawing of Tailored Blanks Without Blankholder', Journal of Materials Processing Technology 133 (2003), p. 131.
- [22] Geiger, M. and Merklein, M., 'New Materials and Production Technologies for Innovative Lightweight Constructions', Journal of Processing Technology 125-126 (2002), p. 533.
- [23] Hirose, Y., Hishida, Y., Kojima, M. and Ujihara, S., 1992, 'Proc. 17th IDDRG Congress', Shenyang, China, p. 300.
- [24] Watanabe, Y-J., 1992, 'Japan Soc. Technology of Plasticity', 33-375, p. 396.
- [25] Katayama, T., Ohwue, T. and Usuda, M., 1991, 'IDDRG WG91 Paper', DDR/WG2/91/4, Pisa, Italy.
- [26] Yamazaki, A., 1992, 'Japan Soc. Technology of Plasticity', 33-375, p. 404.
- [27] Hashimoto, K., Ohwue, T. and Takita, M., 1988, 'Proc. 15th IDDRG Congress', Dearborn, USA, p. 283.
- [28] Zhongyi, C. and Mingzhe, L., 'Optimum Path Forming Technique for Sheet Metal and Its Realization in Multi-Point Forming', Journal of Materials Processing Technology 110 (2001), p. 136.

SHEETS USED IN WEIGHT REDUCTION OF AUTOMOBILE AND THEIR FORMING TECHNIQUES

M.GAVAS

Abstract The application of high strength steel sheets and aluminum alloyed sheets to manufacturing of autobody parts has been increased day by day in order to reduce automobile weight. Compared with the conventional sheet materials such as mild steel, formability of these kind of steel sheets is less than that of conventional steel sheets.

Reduction of automobile weight, at the same time, has made the reduction of thickness of sheets used in auto industry obligatory. In addition; construction, innovations in welding and manufacturing technology, and reduction of part number have contributed for the reduction of automobile weight. But, the reduction of thickness of steel sheets, has caused reduction of dent resistance of automobiles. Therefore, existing forming techniques have become unsatisfactory. For this reason, newly forming techniques and strength-increasing methods have been developed.

Key Words: Weight Reduction of Automobile, Forming Techniques.

* Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Simav-Kütahya, Türkiye

