

SICAK ŞEKİLLENDİRME PROSESİ

A.Serdar Önal*

Beycelik-Gestamp AŞ.,
AR-GE Departmanı, Bursa
ahmetserdaronal@beycelik.com.tr

Hande Güler

Uludağ Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü,
Görükle - Bursa
handeguler@uludag.edu.tr

ÖZET

Otomotiv ana sanayi firmaları, taşıtların yakıt sarfiyatını ve ağırlıklarını azaltacak, bu arada emniyet unsurlarından ödün vermeyecek alternatif üretim yöntemleri ve malzemelerle ilgili çalışmaları yoğun bir şekilde gerçekleştiriyorlar. Sıcak şekillendirme teknolojisi şuan otomotiv ana sanayilerin taşıt ağırlığını emniyetli olarak azaltabildikleri gözde üretim yöntemlerindendir. Sıcak şekillendirme prosesinde yaygın olarak Al-Si kaplamalı 22MnB5 (Ticari olarak Usibor 1500P veya Docol 1500 Bor olarak adlandırılmalıdır.) malzeme kullanılmaktadır. Sıcak şekillendirme, malzemenin ostenitleme sıcaklığına kadar ısıtılp, bu sıcaklıkta belirli bir süre bekletildikten sonra pres altında form verilip soğutulması adımlarından oluşmaktadır. Proses sonucu malzemenin akma ve çekme mukavemet değerleri 2,5- 3 kat artmaktadır. Proses, ülkemiz otomotiv sanayisi için yeni bir yöntemdir. Bu çalışmada, sıcak şekillendirme prosesinde kullanılan malzeme özellikleri açıklanmaktadır, sıcak şekillendirme yönteminin soğuk şekillendirme yöntemine göre üstünlükleri ve prosesin dezavantajları belirtilmektedir, son olarak ise sıcak şekillendirme yöntemleri hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıcak şekillendirme prosesi, Al-Si kaplamalı 22MnB5, preste sertleştirme

Hot Stamping Process

ABSTRACT

Automotive manufacture companies are working heavily on alternative manufacturing methods and materials to reduce fuel consumption and weight of vehicle with not compromise from safety. Nowadays, hot stamping technology is most appropriate alternative manufacturing methods for car manufacturer companies to reduce vehicle weight with safety. In this process usually Al-Si coated 22MnB5 (It has two commercial names, Usibor 1500P and Docol 1500 Bor.) material is used. Hot stamping process consists of these steps, heating material to austenite temperature waiting this temperature a certain time and then quenching and forming under the press. At the end of the process, material yield and tensile strength values becomes 2.5-3 times higher. Process is new for our country automotive manufacturers. In this study, properties of material which is used in hot stamping process are explained, superiorities to cold metal forming and disadvantages of the process are pointed out, finally information about the hot stamping processes are given.

Keywords : Hot stamping process, Al-Si coated 22MnB5, press hardening

Geliş tarihi : 06.02.2012
Kabul tarihi : 27.03.2012

Önal, A.S. 2012. "Sıcak Şekillendirme Prosesi," TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 626, s. 66-70.

1. GİRİŞ

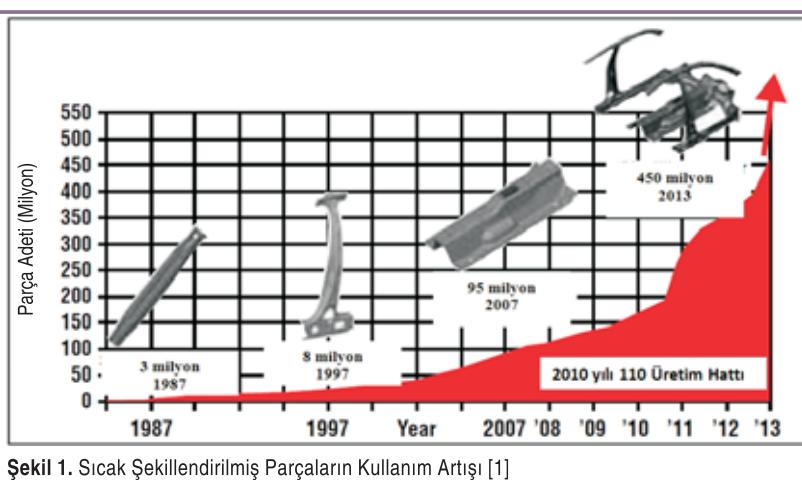
Otomotiv endüstrisindeki gelişmeler; araç ağırlığının emniyetli olarak azaltılmasıyla yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarının düşürülmesi dikkate alınarak günümüzde hızla devam etmektedir. Bunun yanı sıra, bu ihtiyaçlar dikkate alınarak istenen özelliklerin elde edilmesi amacıyla yeni teknolojiler, yeni üretim yöntemleri ve yeni malzemelerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülmektedir. Üzerinde akademik ve ticari alanda çalışmaların devam ettiği, ülkemiz için yeni bir teknoloji olan sıcak şekillendirme teknolojisi, emniyetli

olarak araç ağırlığını azaltmak isteyen otomotiv sanayisinin bu teknolojiyle üretilmiş olan parçalara taleplerini gün geçtikçe artırmaktadır [Şekil 1].

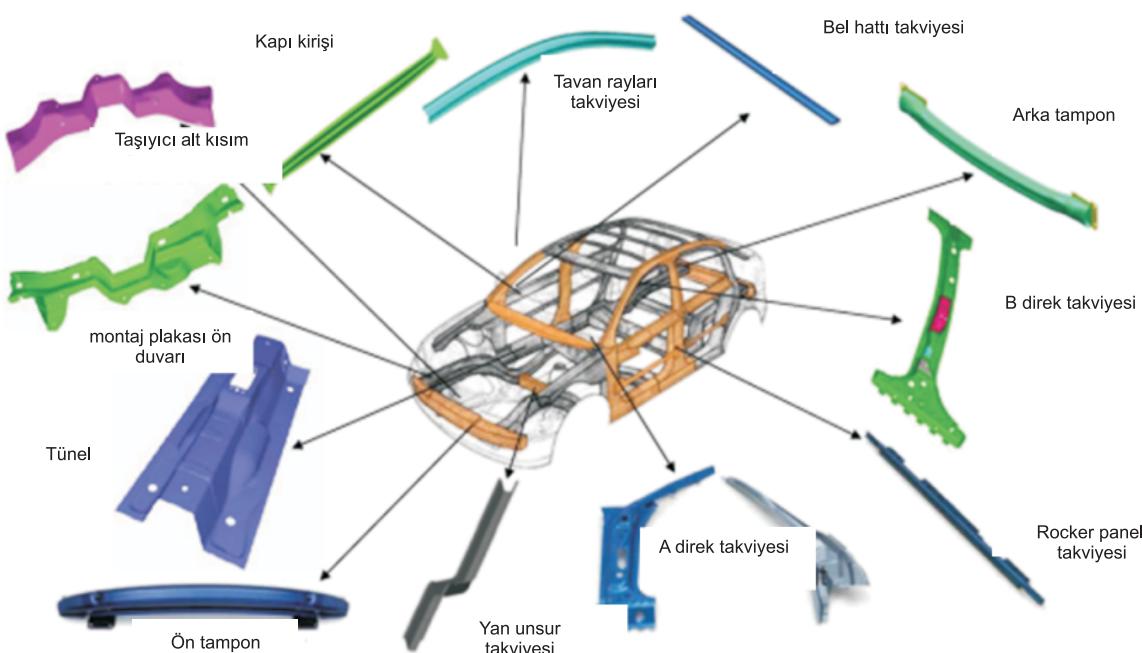
Sıcak şekillendirme prosesi, ultra yüksek dayanımlı karmaşık geometrilerin üretiminde kullanılan bir şekillendirme yöntemidir. Yöntem, 1975 yılında İsveç'te faaliyet gösteren HardTech firması tarafından geliştirilerek patentlendirilmiştir. HardTech bu yöntemi ziraat-tarım araç ve ekipmanlarının üretimi amacıyla geliştirmiştir. Firma, 1980 yılında SAAB, Jaguar ve Rover firmalarıyla anlaşmalar imzalayarak sıcak şekillendirme yöntemini otomotiv sanayisinde kullanmaya başlamıştır [2]. 2010 yılı itibarıyla dünya genelinde yaklaşık 110 adet sıcak şekillendirme hattı aktif olarak parça imalatı gerçekleştirmektedir [1].

Sıcak şekillendirme prosesiyle üretilen parçaların araç üzerindeki genel dağılımı Şekil 2'de gösterilmektedir. 1990'larda araçlarda dört adet sıcak şekillendirilmiş parça bulunurken günümüzde bu sayı 20-30'a çıkmıştır [1].

Sıcak şekillendirme prosesinde yaygın olarak Al-Si kaplamalı 22MnB5 (Usibor 1500 P-Doccol 1500 Bor) saclar kullanılmaktadır. Kullanılan boronlu malzeme, ultra yüksek dayanımlı çelikler (UHSS) sınıfında yer almaktadır.



Şekil 1. Sıcak Şekillendirilmiş Parçaların Kullanım Artışı [1]



Şekil 2. Sıcak Şekillendirilmiş Parçalara Ait Örnekler [3]

Malzemenin Kimyasal Bileşimi;

Tablo 1. Usibor 1500P Kimyasal Bileşimi [4]

Usibor 1500P	Kımyasal Bileşimi (%)										Kaplama (%)	
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ti	Al	B	Al	Si	
	0,23	0,24	1,19	0,0006	0,0015	0,18	0,04	0,03	0,0023	90	10	

Malzemenin Mekanik Özellikleri;

Tablo 2. Usibor 1500P Mekanik Özellikler [5]

	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	% e
Proses Öncesi	350 - 550	500 - 700	≥ 10
Proses Sonrası	1100	1500	6

2. SICAK ŞEKİLLENDİRME PROSESİ

Sıcak şekillendirme prosesi, ostenitleme ve sertleştirme aşamalarından oluşan bir şekillendirme işlemidir. Malzeme, 900°C'den yüksek sıcaklıkta beş dakika süre zarfında östenitlenir, daha sonra robot vasıtıyla 30°C/s'den büyük soğutma hızına sahip olan kalıba transfer edilir. Eğer 30°C/s'den düşük soğutma hızları kullanılırsa, beynit, ferrit ve perlit gibi yapılar elde edilir ki, bu durum istenmemektedir [6].

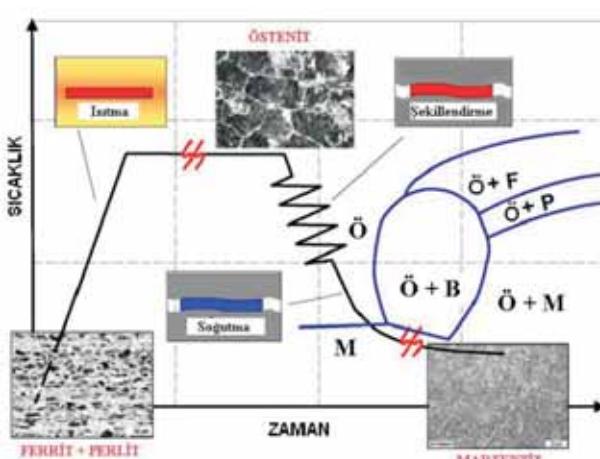
Çarpışma özelliği iyi olan hafif sacların elde edilmesi için, yüksek mukavemetli çeliklerin soğuk şekillendirme işlemi gerçekleştirilmekte veya bor alaşımı çeliklerin sıcak şekillendirme işlemi yapılmaktadır. Sıcak şekillendirilmiş parçalarla üretilmiş araçların çarpışma test sonuçlarında elde edilen veriler Amerikan Karayolları Sigorta Enstitüsü (IIHS) tarafından referans olarak kabul edilen seviyeden yüksektir. B-Direk parçası için yandan çarpışmalarda canlı kalma boşluğu değeri 165mm'dir.

Sıcak şekillendirme işlemi malzemenin plastik deformasyon sıcaklığının üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ostenit sıcaklığına kadar ısıtılmış malzeme pres altında soğutulup şekillendirildiğinden geri yaylanması etkisi azdır.

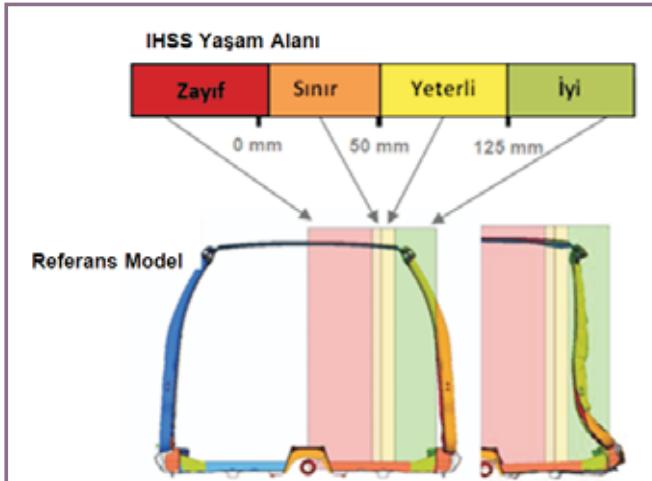
Sıcak şekillendirme işlemi sürecinde, malzemenin çekme mukavemeti 1500 MPa'ın üzerine çıkar ve aynı zamanda malzeme büyük miktarda enerji absorbe ederek küçük derecede deformasyona sebep olur [9].

Steinbeiss ve ark., bor alaşımı çeliklerin sıcak şekillendirme işlemi soğuk şekillendirmeyle karşılaştırıldığında bu işlemin avantajlarını aşağıdaki gibi belirtmişlerdir[10].

- Yüksek mukavemet ve yeterli süneklik,
- Hafif araç ekipmanlarının üretimine olanak sunması,
- Soğuk şekillendirme yöntemine göre yok denecek seviyelerde geri yaylanması etkisi,



Şekil 3. Sıcak Şekillendirme İşlemi Şematik Gösterimi [7]



Şekil 4. IIHS Yandan Çarpışmalarda Performans Değerlendirmesi [8]

- Kompleks geometrilerin üretimine olanak sağlama,
- Mükemmel çarpışma davranışları.

Düşük üretim hızları, yüksek yatırım ve işletme maliyetleri prosesin dezavantajları arasında görülmektedir.

2.1 Sıcak Şekillendirme Yöntemleri

Sıcak şekillendirme işleminde pek çok ısıtma yöntemi kullanılmakla birlikte, bu işlem doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı sıcak şekillendirme yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Doğrudan sıcak şekillendirme; fırında ısıtma ve elektrikle ısıtma olmak üzere iki yöntemle elde edilmektedir. Dolaylı sıcak şekillendirme işleminde ise malzeme ön bir soğuk şekillendirilme işlemeye tabi tutulduktan sonra sıcak şekillendirme işleminin yapıldığı yöntemdir.

Geleneksel sıcak şekillendirme işleminde düz veya dairesel üretim hattında parça döngüsüne sahip fırınlar kullanılmaktadır. Sac levha radyasyon ve konveksiyon yoluyla ısıtılmaktadır. Yürüyen hareketli aksamlara sahip olan fırınlara konulan parça gaz veya elektrik kullanılarak ısıtılmaktadır. Parça fırın içerisinde ostenit sıcaklığına kadar ısıtılr. Parça kalınlığına göre yeterli bir süre fırında ostenit sıcaklığında bekletilen parçalar, fırından şekillendirme ve soğutma işleminin aynı anda yapıldığı kalıplara transfer edilmektedir.

Malzemeye Al-Si kaplama yapılrsa 12°C/s ısıtma hızı gereklidir. Böylece, Al-Si tabakanın erimesi engellenerek demirin Al-Si kaplama tabakasına difüzyonu sağlanmış olur. Östenitleme sıcaklığı olarak 950°C ve ısıtma süresi olarak da 145 s seçilmelidir[11].

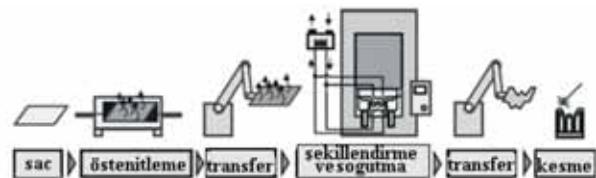
İletimle ısıtma da, isınan komponent bir güç kaynağı serisine bağlanır. Komponentin elektrik direncinden dolayı ısı, güç kaybıyla orantılı oluşturmaktadır. İletimle ısıtmada verimlilik direk olarak sacın geometrisine bağlıdır. Boru, rod, tel ve bant gibi komponentlerin üretiminde kullanılır.

İndüksiyonla ısıtma işlemi ergitme, temperleme ve döküm malzemelerinin şekillendirme işlemlerinde, ısıtma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemin sac levhaların şekillendirilmesiyle ilgili herhangi bir endüstriyel uygulaması bulunmamaktadır. Yöntemin akademik çalışmalarında, sıcak şekillendirme uygulamalarında ve malzemenin yüksek ısıtma hızlarında tane irileşmesini önlediği belirtilmektedir [11].

Doğrudan Sıcak Şekillendirme

Doğrudan sıcak şekillendirme işlemi, basit parçalar için uygun olan ve daha çok kaplamalı bor alaşımıları için kullanılan bir prosedür. Kısaca, bor alaşımı malzemenin 4-10 dakika arası $900\text{-}950^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra, direkt olarak aynı hat üzerinde preste şekillendirmesi işlemidir. Daha sonra şekillendirilmiş parça, kapalı kalıp

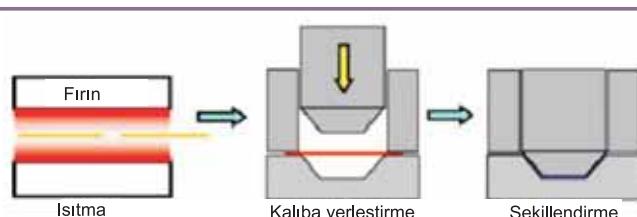
içerisinde $20\text{-}30^{\circ}\text{C/s}$ soğutma hızıyla soğutulur. Son ürün, 1400- 1600 MPa çekme mukavemetine ve 1000-1200 MPa akma mukavemetine sahip olan, yaklaşık 150°C deki yüksek mukavemetli malzemedenir [12].



Şekil 5. Bor Alaşımı Çelik İçin Doğrudan Sıcak Şekillendirme İşlemi [10]

Fırında Isıtma Yöntemiyle Şekillendirme

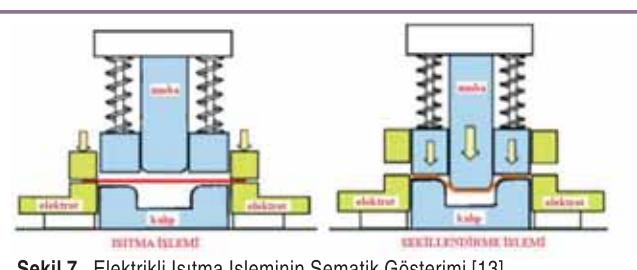
Fırında ısıtma yöntemiyle şekillendirme işlemi, bor alaşımı çelik malzemenin östenitleme sıcaklığının ($900\text{-}950^{\circ}\text{C}$) üzerindeki sıcaklıklara çıkarılarak ısıtılması ve malzemenin presteki kalıplara transfer edilerek burada şekillendirilip, soğutulmasıdır. Bu yöntemin dezavantajı; fırın ile kalıplar arasındaki transfer esnasında yaklaşık 100°C 'lik hızlı sıcaklık düşüşüdür. Bu nedenle, sac levhanın yüksek sıcaklıklara ısıtılmaması gerekmektedir. Bu durum yüksek enerji sarfyatına neden olmaktadır. Bu yöntemin bir diğer dezavantajı ise, isınan sac levhanın kalıba transferi esnasında oksidasyona uğramasıdır [13].



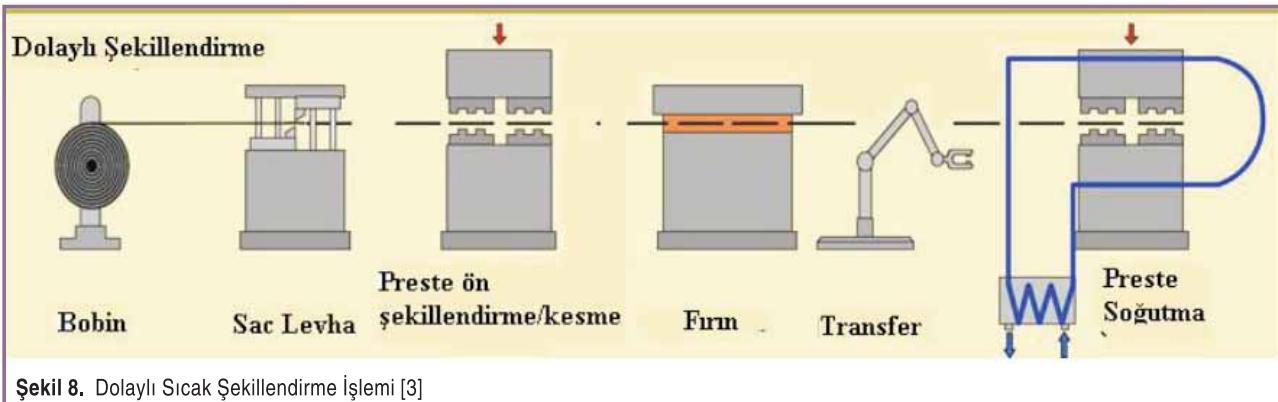
Şekil 6. Fırında Isıtma İşlemi Şematik Gösterimi [13]

Elektrikli Isıtma Yöntemiyle Şekillendirme

Elektrikli ısıtma yöntemi, presteki kalıp içerisine metali ısıtmak amacıyla elektriksel dirençler yerleştirilerek gerçekleştirilmektedir. Buna Joule ısıtması adı da verilir. Rezistansla ısıtma işlemi, presle senkronize halinde çalışan, yüksek enerji verimliliği sağlayan ve yoğunlaşma aleti barındıran bir sistemdir. Bu işlem elektrotlar vasıtıyla olur ve ardından hemen sıcaklıkta düşüş olmadan şekillendirme yapılır. Isıtma



Şekil 7. Elektrikli Isıtma İşlemi Şematik Gösterimi [13]



Şekil 8. Dolaylı Sıcak Şekillendirme İşlemi [3]

sonunda şekillendirme başlangıcına kadar geçen süre 0,2 s'dir. Elektriklendirme için sac ve elektrot arasındaki uygulanan basınç 7,4 MPa'dır [13].

Dolaylı Sıcak Şekillendirme

Dolaylı sıcak şekillendirme prosesi kompleks parçalar için kullanılan ve sıcak şekillendirme aşamasından önce sacın soğuk şekillendirme işlemine maruz bırakıldığı bir prosesidir [11]. Sacın ön şekillendirme işlemi bittikten sonra, yine doğrudan şekillendirmede olduğu gibi sac levha firında östenitleme sıcaklığının üzerine ısıtılır. Bu aşamadan sonra, sac levha prese şekillendirme işlemi için nakledilir. Kalıp içerisinde soğutma ve şekillendirme işleminden sonra, sac levha kesme işlemiyle parça üretimi tamamlanır. Fakat bu yöntem ilave kalıp ve pres maliyeti getirdiğinden sadece özel projelerde uygulanmaktadır.

3. SONUÇ

Sıcak şekillendirme teknolojisi otomotiv sanayisinde taşıt ağırlığını emniyetli olarak azaltabildikleri gözde üretim yöntemlerindendir. Proseste malzemenin martenzitik homojen bir yapıya dönüşmesi sebebiyle yüksek dayanım ve enerji absorbe değerlerine ulaşılmaktadır. Proses esnasında malzemenin şekillendirilme işlemi malzemenin plastik şekillendirme sıcaklığı üzerinde gerçekleştirildiğinden yüksek şekillenebilirlik, karmaşık yüzey ve geometrilerin yüksek doğruluk oranlarında büyük miktarlarda pres kuvvetine gerek kalmadan gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca yok denecek kadar az seviyelerde geri yaylanması, daha büyük gövde hacmi prosesin diğer avantajları arasındadır.

KAYNAKÇA

- Billur, E., Altan, T. "New Applications," Exploring the 3rd International Conference on Hot Stamping Technology, Part-I, <http://nsmwww.eng.ohio-state.edu/642-7.pdf>, son erişim tarihi: 15.03.2012.
- HardTechHistory,http://www.hardtech.gestamp.com/web/extweb_eng_1.nsf/0/1F2F728EFB4AA486C12572BA003095AC?OpenDocument, son erişim tarihi: 21.03.2012.
- Macek, Bryan. "Optimization Side Crash Performance Using a Hot - Stamped B - Pillar," <http://members.steel.org/AM/Template.cfm?Section=Home&TEMPLATE=/CM/ContentDisplay.cfm&CONTENTID=28234>, son erişim tarihi: 06.02.2012.
- Youn-Suk, J., Young-Kook, I., Dong-Cheol,K., Moon-Jin, K., In-Sung, H., Won-Beom, B. 2011. "Microstructural Evolution and Mechanical Properties of Resistance Spot Welded Ultra High Strength Steel Containing Boron," Materials Transactions, vol. 52, No: 6, p.1330-1333.
- Arcelormittal, Steels for Hot Stamping, http://www.arcelormittal.com/automotive/saturnus/sheets/E_EN.pdf, son erişim tarihi: 06.02.2012.
- Bardelcik, A., Salisbury, P.C., Winkler, S., Wells, M. A., Worswick, M. J. 2010, "Effect of Cooling Rate on the High Strain Rate Properties of Boron Steel," International Journal of Impact Engineering, Volume 37, p.694-702.
- Bariani, P.F., Bruschi, S., Ghiotti, A., Turetta, A. 2008, "Testing Formability in the Hot Stamping of HSS," CIRP Annals - Manufacturing Technology, vol. 57, p.265-268.
- Ballarin, V. 2011. "BIW Solutions," S-in Motion Day, Bursa.
- Hein, P. 2005. "A Global Approach of the Finite Element Simulation Of Hot Stamping," Advanced Material Research, Vol. 6-8, p.763-770.
- Steinbeiss, H., So, H., Michelitsch, T., Hoffmann, H. 2007. "Method for Optimizing The Cooling Design Of Hot Stamping Tools," Production Engineering, vol. 1, Number 2, p. 149-155.
- Kolleck, R., Veit, R., Merklein, M., Lechner, J., Geiger, M. 2009. "Investigation on Induction Heating for Hot Stamping of Boron Alloyed Steels," CIRP Annals - Manufacturing Technology, vol. 58, Issue 1, p.275-278.
- Naganathan, A. 2010, "Hot Stamping of Manganese Boron Steel (Technology Review and Preliminary Finite Element Simulations)," Master Thesis, The Ohio State University.
- Mori, K., Maki, S., Tanaka, Y. 2005. "Warm and Hot Stamping of Ultra High Tensile Strength Steel Sheets Using Resistance Heating," CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 54, Issue 1,p. 209-212.