ÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / OHU J. Eng. Sci.

ISSN: 2564-6605
doi: 10.28948/ngumuh.598116
Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 8, Sayı 2, (2019), 1090-1095
Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, Volume 8, Issue 2, (2019), 1090-1095

Araştırma / Research

ULTRA YÜKSEK PERFORMANSLI (UHP) ARAÇ LASTİKLERİ İÇİN HAVA JETLİ TEKSTÜRE İŞLEMİNİN ÇİFT ELASTİKİYET MODÜLLÜ HİBRİT KORD ÜRETİMİ İÇİN UYGULANMASI

Ahmet Refah TORUN[1] (ORCID: 0000-0001-7213-5228)[*]

[1]*Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, Sarıçam 01250, Adana*

Geliş / Received: *20.03.2018*
Kabul / Accepted: *11.01.2019*

ÖZ

Bu çalışmada yüksek performanslı araç lastikleri için hava jeti ile oluşturulmuş yeni bir hibrit kord yapısı geliştirilmiştir. Üretim esnasında gerekli olan düşük elastikiyet modülü, hava jetine gergin halde gönderilen poliamid (PA) iplik ile sağlanmıştır. Vulkanizasyon işlemi sırasında lastikte oluşan %3'lük esnemeye müteakip performans için gerekli yüksek elastikiyet modülünü aramid (AR) iplikler sağlamaktadır. Bükülme ve uzun süreli gerilme-esneme altında dayanıklılığı sağlamak için hava jetinden çıkan korda yeterli miktarda büküm verilmiştir. Sonlu elemanlar analizi ile hedeflenen eğri ile üretilen kordların çekme eğrileri yüksek uyum göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Hibrit kord, hava jetli üretim, lastik

APPLICATION OF AIR-JET TEXTURIZING TO PRODUCE BI-MODULAR COMMINGLED HYBRID CORDS FOR ULTRA HIGH PERFORMANCE (UHP) TIRES

ABSTRACT

Within the scope of this study, a new method was developed to produce hybrid cords for ultra high performance (UHP) utility vehicles. The necessitated low modulus of elasticity is generated with a straight Polyamide (PA) yarn in an air-jet texturizing device. Aramid (AR) yarn adds the high modulus of elasticity after the 3% elongation during the vulcanization process. The buckling and long term resilience property is created through appropriate twisting after the commingling process. Results of tensile tests show good match between the curves of the structures and the aimed curves from numerical analysis.

Keywords: Hybrid cord, commingling process, tire

1. GİRİŞ

Konvansiyonel araç lastikleri yaygın olarak çelik kordlarla güçlendirilmektedir. Çelik kordlar hem üretim maliyetleri açısından kabul edilebilir bir seviyede bulunurlar hem de otoyoldaki yasal hız sınırları içerisinde iyi performans gösterirler. Diğer taraftan eğer araç 200km/h üzerinde bir hızda kullanılacak ise çelik kordların özgül ağırlığından kaynaklanan yüksek merkezkaç kuvvetleri sorun oluşturmaya başlar. Bu durumda lastiğin yapısal kararlılığı ve sürüş performansı olumsuz yönde etkilenir, hatta uç durumlarda lastik katmanlarının bütünlüğü

[*]Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: 0322 4550000 ; e-mail / e-posta: artorun@atu.edu.tr

bozularak lastik tamamen hasar alabilir. Bahsi geçen yapısal kararlılığın bozulması aynı zamanda elektronik sürüş destek sistemlerinin de (ABS, ESP, şerit takip sistemi vb.) doğru çalışmasını etkiler. Lastik yüzeyindeki aşınma yüzey boyunca düzgün dağılım göstermez ve titreşim sorunları oluşur. Dolayısıyla 300km/h ve üzeri hızlarda kullanılan ultra yüksek performans (UHP) lastikleri için özel kord malzemeleri ve üretim yöntemleri gereklidir.

Bahsi geçen bu problemleri en azından kısmi olarak çözebilmek için, lastiğin dönme doğrultusuna dik olarak radyal karkas katmanı yerleştirilir. Bu katman yüksek hızlardaki merkezkaç kuvvetine karşı koyacak şekildedir. Karkas katmanı eğer poliamid gibi organik bir polimer bazlı ise, düşük elastikiyet modülünden dolayı yüksek hızlardaki merkezkaç kuvvetlerine yeterince karşı koyamaz. Eğer bu katman aramid gibi yüksek elastikiyet modülüne sahipse o zaman da üretim esnasındaki problemler ortaya çıkar [1]. Vulkanizasyon işlemi esnasında kalıp içine yerleştirilen ham lastiklerin %3 civarında bir esnemeye sahip olmaları gereklidir. Üretimdeki kalıplama esnasında gerçekleşecek esnemeye karşı yüksek elastikiyet modüllü kord yapıları çok yüksek direnç gösterir. Gergin haldeki aramid kordlar ya kalıplama esnasında zarar görür ya da kalıptan çıkan lastiğin kesit şekli olması gerekenden farklılık gösterir.

Üretimdeki sorunları bertaraf ederek yüksek hızlara çıkabilen lastik kordu üretimi için çeşitli patentlerde çözümler önerilmiştir. Nakayasu ve Miyazaki pnömatik radyal lastik için metal olmayan bir kord ile üretilmiş en az bir hibrit kord içeren karkas yapısı önermişlerdir [2]. Hibrit kord bir adet düşük elastikiyet modüllü iplik ile bir adet yüksek elastikiyet modüllü ipliğin birlikte bükümlenmesi ile oluşturulur. Lastiğin üretildikten sonra daha düşük bir çap değişimine, daha iyi boyut kararlılığına ve sürüş performansına ulaştığı belirtilmektedir.

Esnault vd. patentini aldıkları çalışmada ilk elastikiyet modülünün son elastikiyet modülünden 10 kat düşük olduğu bir yapı geliştirmişlerdir [3]. Yüksek modüllü mukavim kord bileşeni (tercihen 1300cN/tex) gergin haldeki düşük modülllü (tercihen 900 cN/tex) kord bileşeninin etrafına sarılmıştır. Bu kord yapısının hem arabalarda hem de ağır vasıtalarda kullanılabileceği belirtilmiştir.

Dehnert ve Wahl pnömatik araç lastiği için geliştirdikleri bir hibrit kord yapısını belirtmişlerdir [4]. Bu hibrit kord içerisinde kuvvet taşıyıcı olarak bükümlü yüksek elastikiyet modüllü (en az 25 kN/mm^2) bir iplik ve ikinci olarak düşük elastikiyet modüllü (en fazla 15 kN/mm^2) bir iplik bileşenlerinden oluşur. 200km/h üzeri hızlarda kullanım için daha uzun süreli sağlamlık elde edildiği raporlanmıştır.

Patentlerde belirtilen hibrit kord yapıları ipliklerin bükümlenmesiyle oluşturulmaktadır. Yüksek büküm verilen kordlarda yapısal hasar dolayısıyla mukavemet kaybı kaçınılmazdır. Yüksek modüllü bir ipliğin düşük modüllü bir diğeri üzerine sarılmasıyla oluşturulan hibrit kordda ise %3'lük vulkanizasyon sırasındaki esnemeden sonra yüksek modüllü iplik gergin hale gelir fakat yapıdaki düşük modüllü iplik sebebiyle asla tam düz bir pozisyonda bulunamaz. Dolayısıyla yüksek modüllü ipliğin bütün mekanik potansiyeli kullanılamaz. Bu çalışmada daha iyi bir yapısal bütünsellik gösteren yeni bir çift modüllü hibrit kord üretimi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

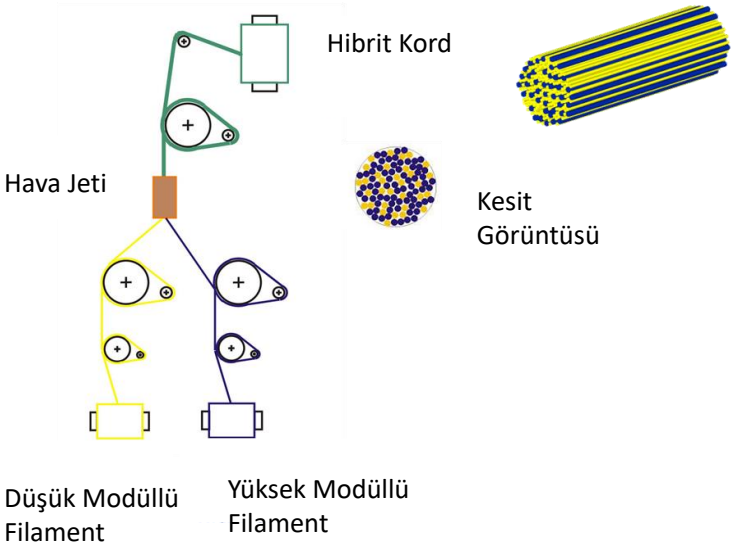
Hibrit kord içerisinde düşük modüllü filament olarak PHP firmasının 142HRT kodlu Enka Nylon ticari isimli PA6.6 ürünü kullanılmıştır. 94tex olan versiyonu 140 filamentten oluşmaktadır ve 86,7N kopma mukavemetine ve %18 kopma uzamasına sahiptir. 140tex olan versiyonu 210 filamentten oluşmakta olup 129,6N kopma mukavemetine ve %19,3 kopma uzamasına sahiptir.

Yüksek modül sağlayan kord filamentleri için DuPont firmasının Kevlar ticari isimli aramid filamentleri kullanılmıştır. 167tex versiyonu 1000 filamentten oluşmuştur ve 338N kopma mukavemeti ile %3,6 kopma uzamasına sahiptir. 80tex verisyonu 478 filamentten oluşmuştur ve 152N kopma mukavemeti ile %2,1 kopma uzaması göstermektedir.

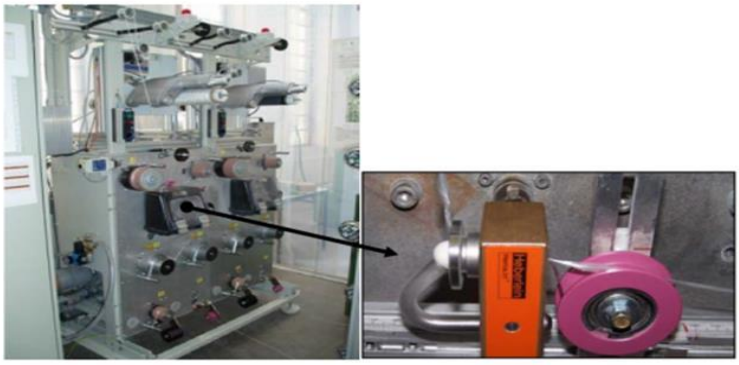
Hava jeti ile hibrit kord üretimi için SSM firmasının TG1-AT hava jetli tekstüre makinası kullanılmıştır. Hava jeti olarak Heberlein firmasının TexJet-ATY modeli tercih edilmiştir. Üretim hızı 500m/dk olup hava jeti içerisindeki basınç 4 bar olarak belirlenmiştir.

Hava jeti ile üretim yöntemi (commingling method) iki veya daha fazla filament bileşenini istenilen besleme oranlarıyla bir araya getirebilmektedir. Şekil 1'de gösterilen prensip çiziminde yüksek modüllü ve düşük modüllü filament ipliklerin yapısal birleşimi ile hibrit lastik kordunu nasıl oluşturacağı gösterilmiştir. Lastik kordu üretimi için klasik tekstüre işleminde kullanılan hava jetini modifiye etmek gereklidir (Şekil 2). Üretim esnasındaki hasarı en aza indiren hava jeti tipleri firmalar tarafından sunulmaktadır. Özellikle hibrit kordlarda kesit alanındaki karışımın düzgün olması önem arz etmektedir. Diğer bir önemli modifikasyon ise hava jetinden çıkan hibrit kordun sarılacağı sarım ünitesinin mekanizmasıdır. Filamentler üzerinde hasar ve mukavemet kaybı oluşmaması için hibrit kord sabit gerginlik ile yüksek bükülme yarıçapları kullanılarak sarılmalıdır. Giriş bölümünde referans verilen yöntemlere kıyasla hava jetli üretim yüksek üretim hızı ve iyi malzeme karışımı

sunmaktadır. Bununla birlikte hava jetli üretimin karakteristik özelliği olan korddaki yapısal uzama da kordun sonraki proseslerde daha kolay işlenmesine imkan tanımaktadır.



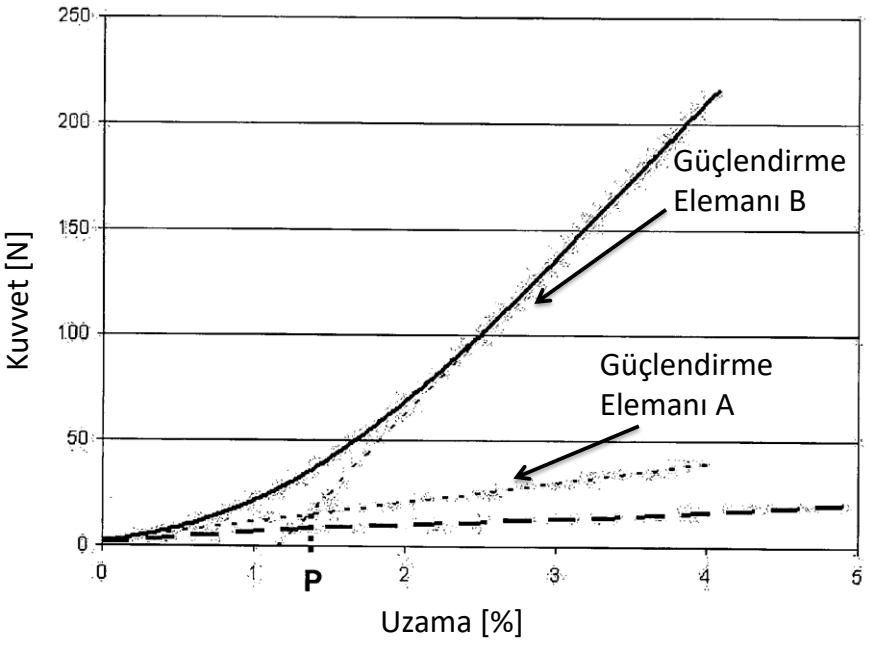
Şekil 1. Hava jetli hibrit kord üretim yöntemi



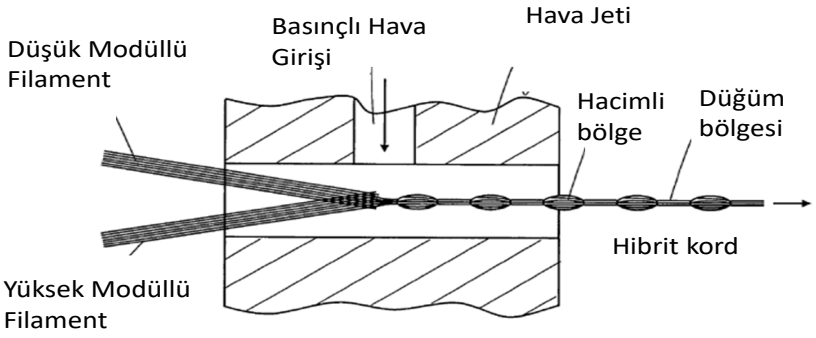
Şekil 2. Sarım sistemi modifiye edilmiş hibrit kord üretim makinesi (sol) ve modifiye hava jeti detay (sağ)

Şekil 3'de Pirelli SpA firması tarafından belirtilen hibrit kordların sağlaması gerekli ideal çift elastikiyet modüllü çekme uzama eğrisi gösterilmiştir. Bu eğrideki kordun çekme davranışı ile üretim esnasında enerji tasarrufu ve son ürün lastikte boyut kararlılığı amaçlanmıştır. Ayrıca yüksek hızlardaki yol performansında güçlendirme malzemesinin mekanik özelliklerinin en iyi şekilde kullanılması da hedeflenmiştir. Şekilde Güçlendirme elemanı A düşük elastikiyet modüllü bileşendir ve sadece üretim esnasında ham lastiğin kalıplanarak son şeklini almasına yardımcı olmaktadır. Güçlendirme elemanı B yüksek elastikiyet modüllü bileşendir ve yüksek hızlarda yol koşullarındaki kuvvetlere ve merkezkaç kuvvetine karşı koymakla görevlidir. Eleman B'nin elastikiyet modülü %2,5'lik bir uzamadan sonra kendisini göstermektedir ki bu da ham lastiğin kalıp içindeki esnemesine tekabül etmektedir [5].

Hava jeti ile hibrit kord oluşturma prensibi şekil 4'de gösterilmiştir. Filament yapısındaki biri yüksek diğeri düşük elastikiyet modüllü iki iplik hava jetinin içerisine girer. İki ipliğe dik olarak yaklaşık 4 bar basınçla uygulanan hava, filamentlerin hem kesitte karışmasını hem de düğümlü bir yapı oluşturmasını sağlar. Hava basıncı sürekli olmakla birlikte, düğüm bölgeleri hava basıncıyla orantılı artacak şekilde kesintili bir yapıya sahiptir. Düğüm bölgelerinin oluşabilmesi için her iki iplikte de fazla besleme yapmak gereklidir. Düşük elastikiyet modüllü bileşen %1'lik bir aşırı besleme ile gönderilerek düğüm oluşumuna katkı sağlanır. Yüksek elastikiyet modüllü ipliğin aşırı beslemesi %4 olarak ayarlandığında jetten çıkan son kord yapısı %3'de dirsek noktasına sahip çift modüllü bir davranış gösterir.



Şekil 3. Hibrit kord için hedeflenen ideal çift elastikiyet modüllü çekme eğrisi



Şekil 4. Hava jeti çift modüllü hibrit kord oluşumu

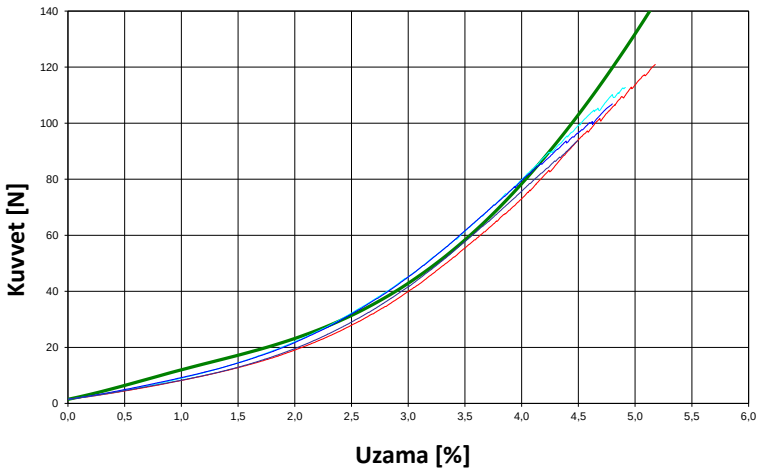
Bu çalışmada, farklı tipteki lastiklerde kullanılmak üzere yukarıda anlatılan metotla iki çeşit hibrit kord üretilmiştir. Birinci tip hibrit kord içerisinde PA 6.6 (nylon) 140 tex düşük modüllü bileşen ve Aramid 167 tex yüksek modüllü bileşen olarak seçilmiştir. İkinci tipte ise PA 6.6 94 tex ve Aramid 80 tex kullanılmıştır. Üretilen hibrit kordlara ideal eğriye uyumunu sağlamak için 150-225 tur/m aralığında büküm uygulanarak (DirecTwist, Ağteks büküm makinesi) etkisi gözlemlenmiştir. Üretilen kordların çekme testleri her örneklemeden 5 test olmak üzere DIN EN ISO 2062 normuna göre (Z100, Zwick üniversal test cihazı), çene açıklığı 500mm ve çekme hızı 25 mm/dk olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Hibrit kordların sağlaması gereken çekme-uzama eğrileri Pirelli SpA analiz departmanı tarafından Ansys programı ortamında geliştirilen modül ile hesaplanmıştır. Yazılım detayları şirketin gizlilik politikası sebebiyle paylaşılmamış olup hedeflenen çekme uzama eğrileri veri olarak alınmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

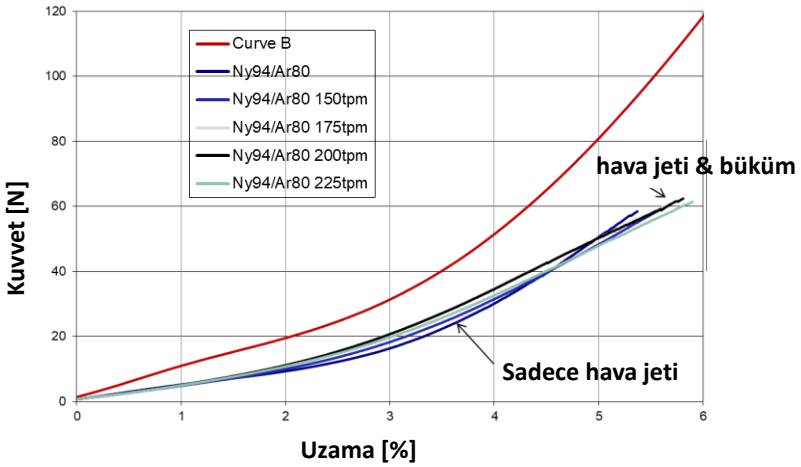
Kord yapıları lastiğe tutunmaları zayıf olduğu için resorsinol/formaldehid/vinil piridin latex çözeltisi ile emdirme işleminden (dipping process) geçirilmek suretiyle lastik yapısına katılabilecek hale gelir. Bu açıdan yüksek performans lastikleri için hibrit kord yapısındaki en önemli parametre çekme-uzama eğrsinin istenilen şekilde elde edilmesidir.

Şekil 5'de birinci tip (PA6.6 140 tex/ Ar 167 tex) hibrit kordun kuvvet uzama grafikleri ve sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenmiş ideal eğri (kalın çizgi) verilmiştir. Üretilen kord yapılarının ideal eğri ile mükemmele yakın bir uyum gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5. Birinci tip PA 6.6 140 tex/ Ar 167 tex hibrit kord çekme uzama grafikleri (bükümsüz) ve hedeflenen ideal eğri (kalın çizgi)

Birinci tip hibrit kord yapısında ikinciye göre daha kalın filamentlerle oluşturulduğu için hem karşı koyabileceği kuvvetler daha yüksektir hem de üretim esnasındaki hasarlar kayda değer miktarda olmamaktadır. Diğer taraftan özellikle aramid filamentler maliyeti ciddi anlamda artırdığı için ikinci tip hibrit kordda daha ince filamentler kullanılarak maliyeti düşük ve performansı çelik kordlara göre yüksek ama birinci tip korda göre daha düşük seviyede bir kord yapısı hedeflenmiştir. Şekil 6'da PA 6.6 94 tex ve Aramid 80 tex filamentlerden oluşan hibrit kordun çekme davranışları bükümsüz ve 150 -225 tur/m büküm aralığında gösterilerek ideal eğri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. İkinci tip PA 6.6 94 tex/ Ar 80 tex hibrit kord çekme uzama grafikleri ve hedeflenen ideal eğri (kalın çizgi)

Maliyet ve performans açısından daha düşük lastikler için öngörülen ikinci tip hibrit kordun ince filamentlerin üretim sırasındaki hava basıncından zarar görmesi sebebiyle çekme eğrisi çift modüllü davranış göstermekte fakat ideal eğriye göre düşük kalmaktadır. Büküm uygulandığında ise grafiklerde görüleceği üzere çift modüllü eğrinin dirsek noktasındaki eğrilik yarıçapı artarak eğri yayvanlaşmaktadır, fakat ideal eğriye yaklaşma eğilimi göstermemektedir.

4. SONUÇLAR

İkinci tip hibrit kord içerisinde 140 adet PA ve 478 adet AR filamenti bulunmaktadır. Birinci tipteki 210 PA ve 1000 AR filamentine göre ikinci tip için toplamda filament sayısı yaklaşık yarısı kadardır. Aynı boyuttaki ve basınçtaki hava jeti içerisinde, ikinci tip hibrit kord üretimi esnasında daha çok titreşim oluşmakta ve dolayısıyla filamentler daha çok mukavemet kaybına uğramaktadırlar. Şekil 5 ve 6'da görüldüğü üzere birinci tip ile büküm olmaksızın hedef eğri yakalanabildiği halde, ikinci tip için büküm vermek de hedef eğriye yaklaşılmasını sağlamamaktadır. Bu durumda birinci tip için ölçülen çekme-uzama eğrileri, hibrit kord olarak performans araçlarında kullanılabileceğini işaret etmektedir. İkinci tip için gözlemlenen mukavemet kaybı, halihazırda maliyeti yüksek bir malzeme olan aramidin yüksek modül özelliğinden tam faydalanılamadığı için üretimde değerlendirilecek bir seçenek olarak görülmemektedir.

Sonuç olarak birinci tip PA 6.6 140 tex/ Ar 167 tex hibrit kord 300km/h ve üzerinde kullanım imkanı sunan ultra yüksek performanslı (UHP) lastiklerde güçlendirme elemanı olarak görev yapmaya uygundur. Kordun yapısal tasarımından kaynaklanan çift elastikiyet modüllü çekme eğrisi, lastik üretiminde kalıplama ve vulkanizasyon esnasındaki %3'lük esnemeyi direnç göstermeden ve deformasyon oluşturmadan karşılayabilmektedir. Henüz deneysel olarak ölçülmemiş olmakla birlikte birinci tip kordun vulkanizasyon sonrası yüksek elastikiyet modüllü moda geçerek, maliyeti yüksek kuvvet taşıyıcı aramid filamentlerinin gergin halde tam performans göstermesine olanak tanıyacağı öngörülmektedir. Daha düşük hızlardaki performans lastikleri için ikinci tip olarak denenen PA 6.6 94 tex/ Ar 80 tex hibrit kord üretim esnasındaki filament zedelenmelerinden dolayı uygun görünmemektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Pirelli SpA tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] ALMONACIL, C., BIZZI, S., BOIOCCHI, M., RIVA, G., CUCCO, G., "Tyre with Specified Belt Structure", US 9346320 B2, 2003.

[2] NAKAYASU, R., MIYAZAKI, S., "Pneumatic Radial Tire with Hybrid Band Cord", US 5558144 A, 1996.

[3] ESNAULT, P., PACHERIE, H., CHAVAROCHE, P., FICKINGER, P., MUS, J.-M., "Hybrid Cables, A Process for Obtaining Such and Composite Fabrics inCorporating Such", US 20040265581 A1, 2004.

[4] DEHNERT, J., WAHL, G., "Ply with Strength Carriers Embedded in a Rubber Mixture and Vehicle Pneumatic Tires with a Belt Bandage Thereof", US 20040221937 A1, 2004.

[5] RAMPANA, B., TIRELLI, D., KUHLMANN, U., CHERIF, Ch., PAUL, Ch., TORUN, A. R., DIESTEL, O., "Tire having a structural element reinforced with a hybrid yarn", US 2010/0224298 A1, 2010.