

# Karbon Siyahı Takviyeli Elektriği İleten Polipropilen Kompozite Delik Delinmesinde İşlem Parametrelerinin İncelenmesi

Alper UYSAL, Erhan ALTAN

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349, Beşiktaş, İstanbul

(Geliş / Received : 09.02.2015 ; Kabul / Accepted : 02.04.2015)

## ÖZ

Polimer kompozit malzemeler, uçak-uzay, otomotiv, elektrik-elektronik sanayisinde, denizcilik ve spor ekipmanları gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar. Her endüstriyel sektör farklı özellikte malzemeler talep etmektedir. Polimer malzemelerden yüksek özgül dayanım ve rijitlik özelliklerinin yanında elektrik iletkenliğinin de beklendiği uygulamalarda, karbon siyahı, karbon fiber, grafit, grafen, metal ve metal oksitler, karbon nano tüp gibi elektrik iletkenliği yüksek malzemelerin katılmasıyla elde edilen kompozit malzemeler kullanılabilir. Bu çalışmada, yalın ve karbon siyahı takviyeli elektriği ileten polipropilen (PP) malzemeler, farklı kesme hızı ve ilerleme değerlerinde ve farklı uç açısına sahip matkap uçları ile delinmiş ve kesme sıcaklığı, delik içi yüzey pürüzlülüğü ve talaş formları incelenmiştir. Küçük yüzey pürüzlülüğü, yüksek kesme hızı ve küçük ilerlemede elde edilirken, düzenli talaş formları ve düşük sıcaklıklar, küçük kesme hızı ve yüksek ilerlemede gözlemlenmiştir. Karbon siyahı takviyeli polipropilen malzemenin delinmesinde yalın polipropilen malzemeye göre daha küçük yüzey pürüzlülüğü, daha düşük sıcaklık ve düzenli talaş formları elde edilmiştir. Ayrıca, küçük uç açılı matkap ucunun daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon siyahı, elektriği ileten polipropilen, delik delme, yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı

## Investigation of Process Parameters in Drilling of Carbon Black Reinforced Electrically Conductive Polypropylene Composite

### ABSTRACT

Polymer composite materials have been used in many fields such as aircraft and aerospace, automotive, electrical and electronic industries, marine and sport equipments. Each industrial sector demands different properties that the composite material must satisfy. Composite materials which are obtained by reinforcing high electrically conductive materials such as carbon black, carbon fiber, graphite, graphene, metals and metal oxides, carbon nanotubes can be employed in applications that demand the electrical conductivity besides high specific strength and stiffness properties of polymer materials. In this study, neat and carbon black reinforced electrically conductive polypropylene (PP) materials were drilled at different cutting speed and feed values and with drill tools having different drill point angle and cutting temperature, surface roughness of holes, and chip forms were investigated. Regular chip forms and low temperatures were observed at small cutting speed and high feed while small surface roughness was obtained at high cutting speed and small feed. In drilling of carbon black reinforced polypropylene, smaller lower surface roughness, lower temperature, and more regular chip forms were obtained as compared to neat polypropylene. In addition, it was observed that the drill tool with small point angle showed better performance.

**Keywords:** Carbon black, electrically conductive polypropylene, drilling, surface roughness, cutting temperature

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Polimer malzemeler, korozyona dayanıklı olmaları, hafif olmaları, ağırlıklarına oranla yüksek dayanımlı olmaları, kolay ve hızlı şekillendirilebilmeleri, tasarım aşamasında serbestlik tanımları gibi özelliklerinden dolayı birçok uygulamada metal malzemelerin yerine kullanılabilir ve otomotiv, havacılık, uzay sanayi, elektrik ve elektronik cihazlar vb. alanlarda kullanılmaktadırlar [1-3]. Genellikle polimer malzemelerin dü-

şük elektrik iletkenlikleri olduğu bilinmekte ve bu özelliklerinden dolayı elektrik ve elektronik uygulamalarında yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. Ancak polimer malzemelerin kullanılmasına ihtiyaç duyulan birçok uygulamada elektrik iletkenliğine de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple polimer malzemelere, karbon siyahı, karbon fiber, grafit, grafen, metal ve metal oksitler, karbon nano tüp gibi elektrik iletkenliği yüksek malzemelerin katılmasıyla elde edilen kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Polimer malzemelerin elektrik iletkenlikleri, katkı malzemelerinin miktarı ve elektriksel iletkenliklerine göre değişmektedir [3-8]. Elektriği ileten polimer

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: auysal@yildiz.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2015.18.4 241-249

malzemeler, polimer malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve metal malzemelerin elektriksel karakteristiklerini gösterdiğinden, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmektedirler [6,9,10]. Bu malzemeler, elektronik, uzay ve havacılık sanayisinde kullanım potansiyeli olan yeni nesil fonksiyonel malzemelerdir. Elektrikli ileten polipropilen (PP) malzemeler, elektriksel kıvılcıklardan kaynaklanan patlama risklerinden korunmak amacıyla yakıt tanklarında kullanılmıştır [3]. Muratori [11] yaptığı çalışmada, elektronik yakıt püskürtmeli motorlarda yakıtın filtre haznesine sızmasından kaynaklanan elektrostatik parlamaları engellemek için yakıt filtresi olarak elektrikli ileten polimer malzeme kullanmıştır. Krupa vd. [4] yüksek yoğunluklu polietilen malzemeye nikel parçacık takviyesiyle ve Lonjon vd. [12] polyamid malzemeye gümüş nano tel ekleyerek elektrikli ileten polimer kompozit malzeme geliştirmişlerdir. Araby vd. [13] kauçuk malzemeye grafen takviyesi ile elektrikli ileten elastomer kompozit malzeme geliştirmişlerdir. Dasari vd. [14] polyamid malzemeye karbon nano tüp takviyesiyle elektrikli ileten polimer kompozit malzeme geliştirmişlerdir. Karbon siyahının polimer malzemelerde elektrik iletkenliğini arttırdığı bilinmekte ve karbon siyahı takviyeli elektrikli ileten termoplastik kompozitler, diğer elektrikli ileten polimer kompozitlere göre daha ucuz ve geniş bir kullanım alanına sahiptirler [7,8,15]. Karbon siyahı takviyeli elektrikli ileten polimer malzemeler, ekstrüzyon ve enjeksiyon yöntemleri ile şekillendirilmekte ve boru, tüp, döşeme, askeri mühimmat, madencilik, petrol tesisleri, patlayıcı tozların ambalajlanması, elektronik bileşenler vb. alanlarda kullanılmaktadır [16]. Saad vd. [17] karbon siyahı takviyesinin polivinilklorit (PVC) plastik malzemenin elektrik iletkenliğine ve mekanik özelliklerine etkilerini incelemişlerdir.

Polimer malzemeler, genellikle kalıpta şekillendirilirler ancak küçük miktarlarda üretimlerde, çok karmaşık veya hassas şekillerde talaşlı şekillendirme gerekli ve zorunlu olabilmektedir. Bu sebepten polimer malzemelerin talaşlı şekillendirilmesine duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Genellikle geleneksel metal işleme teknikleri ve takımları, polimerlerin işlenmesinde de kullanılmaktadır. Tüm polimer çeşitlerinin başarılı bir şekilde talaşlı şekillendirilmesi çok fazla çeşidi olması ve talaşlı işlenmesinde temel bilgi eksikliklerinin bulunmasından dolayı oldukça zordur. Talaşlı işlenebilme kabiliyetleri mekanik, termal ve akışkan özelliklerine bağlıdır [1]. Polimer malzemelerin özgül ısısı genellikle metallerinkinden daha büyüktür ve ısı iletkenlikleri daha düşüktür. Bu yüzden eşit hacimlerdeki metal ve polimer malzemelere aynı miktarda ısı uygulandığında sıcaklık artışı polimer malzemelerde daha fazla olur. Talaşlı şekillendirme sırasında, ısı birinci deformasyon bölgesindeki kayma ve takım-talaş ve iş parçası-takım arasındaki sürtünmelerden oluşmaktadır. Metal malzemelerin işlenmesinde oluşan ısının çoğu talaş ile uzaklaştırılır. Plastiklerin işlenmesinde ise düşük ısıl iletkenliklerinden dolayı birinci deformasyon bölgesindeki ısı çabucak takıma iletilmez ve sadece ince arayüz kat-

manındaki ısı, ısının iletimle uzaklaştırılmasında önemli rol oynar. Isıl iletkenliğin düşük olmasından dolayı işlenmiş yüzeyde sürtünmeden kaynaklanan yerleşik ısı aşırı ısınmaya, polimerlerin yapışmasına neden olabilir [18]. Rubio vd. [19] ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen, polioksimetilen, politetrafluoroetilen malzemelerin delik delinmesinde kesme parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. Matkapla delik delmede, ilerleme ve matkap uç açısı arasında bir ilişki olduğu ve küçük ilerleme-büyük uç açısı ve büyük ilerleme-küçük uç açısı durumlarında daha iyi yüzey pürüzlülüğü değerlerinin elde edildiği belirtilmiştir.

Polimer malzemelerin mekanik ve elektrik özelliklerinin geliştirilmesi için katılan parçacık ve fiber takviyelerinin, bu malzemelerin talaşlı şekillendirmelerine etkilerinin incelendiği çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar, özellikle fiber parçacık takviyeli polimer kompozit yapıların birleştirilmesinde kullanılan civata ve perçin bağlantıları için gerekli olan delik delme işlemi üzerine yoğunlaşmıştır. Rubio vd. [20] cam whisker parçacık takviyeli polyamid kompozit malzemelerin matkaplarla delinmesini incelemişlerdir. Araştırmacılar ilerleme hızı, kesme hızı ve kesici takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Küçük ilerleme kuvvetinin küçük yüzey pürüzlülüğüne yol açtığını ve ayrıca yüzey pürüzlülüğünün delik delme parametrelerinden oldukça etkilendiğini belirtmişlerdir. Gaitonde vd. [21] yüzey pürüzlülüğünün, işlenmiş kompozit malzemenin yorulma dayanımı, sürtünme katsayısı, yağlama, korozyon direnci ve aşınma direnci üzerine önemli etkilere sahip olduğunu düşünerek %30 cam fiber takviyeli ve takviyesiz polyamid kompozit malzemelerin delik delinmesinde kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkilerini incelemişlerdir. Yüzey pürüzlülüğünün ilerleme hızının artmasıyla azaldığını ve yüksek hızlara çıkıldıkça yüzey pürüzlülüğünün matris malzemesinin yumuşamasından dolayı ilerleme hızına karşı daha az duyarlı olduğunu belirtmişlerdir. Uysal vd. [22] fiber takviyeli polimer kompozit malzemelerin matkaplarla delinmesinde kesme hızı, ilerleme ve matkap uç açısının takım aşınmasına etkilerini incelemişlerdir. Gerçekleştirilen çalışmada, takım aşınması üzerine en etkin parametrenin ilerleme olduğu daha sonra matkap uç açısının geldiği ve seçilen şartlarda kesme hızının en az etkin parametre olduğu belirtilmiştir. Ayrıca matkap uç açısının ve kesme hızının küçük ve ilerlemenin yüksek seçilmesinin takım aşınmasını azalttığı da çalışmada belirtilmiştir.

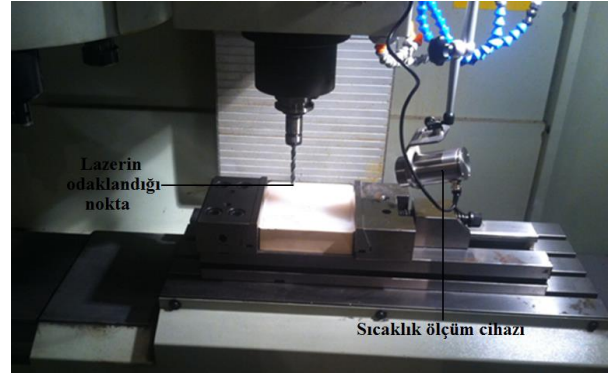
Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, parçacık takviyeli ve/veya elektrikli ileten polimer kompozit malzemelerin talaşlı şekillendirilmesi konusunda pek fazla çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu çalışmada, yalın ve karbon siyahı takviyeli elektrikli ileten polipropilen malzemelerine delik delinmesinde kesme hızının, ilerlemenin ve matkap uç açısının yüzey pürüzlülüğü, oluşan sıcaklıklar ve talaş formuna etkileri incelenecektir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deneysel çalışmalarda kullanılan yalın PP ve karbon siyahı takviyeli elektrği ileten PP (KST-PP) malzemelerin özellikleri Tablo 1’de verilmektedir. Yalın ve karbon siyahı takviyeli (elektrği ileten) PP deney numuneleri, polimer granüllerin 220°C sıcaklığında ergitilip, 60°C sıcaklığındaki kalıpta, 70 MPa enjeksiyon basıncı uygulanarak plastik enjeksiyon makinesinde 150x150x10 mm boyutlarında basılmasıyla üretilmiştir. Üretim işleminden önce her iki polimer granül malzeme de 2 saat süreyle 60°C’de kurutulmuştur.

Deneylerde kullanılacak numunelerin plastik enjeksiyon yöntemi ile üretimleri tamamlandıktan sonra, First marka MCV-300 model CNC işleme merkezi kullanılarak Şekil 1’de gösterildiği gibi boydan boya (10 mm boyda)

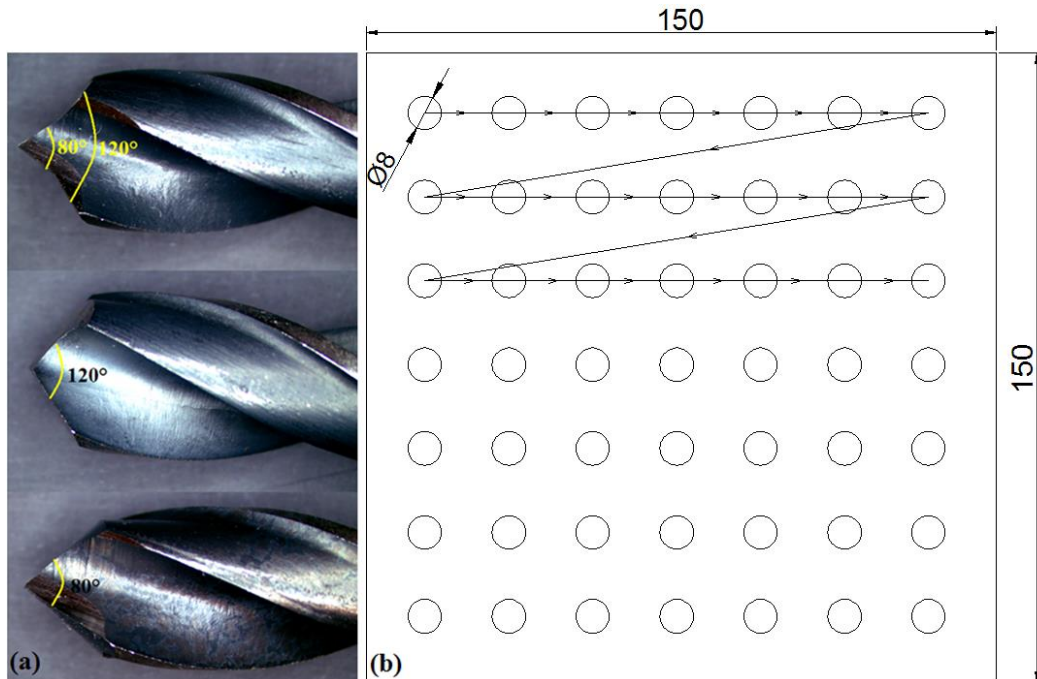
deney beşer kez delinerek Şekil 2(b)’de şematik olarak verilen plana göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Polipropilen malzemelere delik delme düzeneği

Tablo 1 Yalın PP ve karbon siyahı takviyeli PP özellikleri

Özellik	Yalın PP (Capilene®)	KST-PP (Premix PRE-ELEC® PP 1399)
Özgül ağırlık [gr/cm <sup>3</sup> ]	0,92	0,98
Akma dayanımı [MPa]	22	26
Elastisite modülü [MPa]	1100	1400
Kopma uzaması [%]	>50	30
Akma uzaması [%]	10	10
Hacimsel özdirenç [Ωcm]	>10 <sup>13</sup>	10 <sup>3</sup> -10 <sup>7</sup>
Yüzey direnci [Ω]	>10 <sup>13</sup>	10 <sup>5</sup> -10 <sup>8</sup>



Şekil 2. a) Matkap uçları, b) şematik deney planı

delik delme işlemleri kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir. Delik delme deneyleri, Şekil 2(a)’da verilen 80°, 120° ve 80°-120° çift uç açılı 8 mm çapında HSS (yüksek hız çeliği) matkap uçları kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde, kesme hızı 40, 80, 120 m/dak ve ilerleme ise 0.1, 0.2 ve 0.3 mm/dev olarak seçilmiş ve toplam 30

Delik delme işlemi sırasında oluşan sıcaklık değerleri, -50°C ile 975°C arasında %1 ölçüm hassasiyetine sahip Optris marka CTlaser LT model çift lazerli temassız sıcaklık ölçüm cihazı kullanılarak Şekil 1’de gösterildiği gibi matkap ucundan ölçülmüştür. Sıcaklık ölçüm cihazının kalibrasyonu, üretici firma tarafından önerilen

yayma gücü katsayısı (emissivity coefficient) cihaza girilerek gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, yayma gücü katsayısı 0,7 olarak alınmıştır. Delik içi yüzey pürüzlülüklerinin ölçümünde, 0,001  $\mu\text{m}$  çözünürlüğe sahip Time TR200 yüzey pürüzlülük cihazı ve cihazın bağlı olduğu mihengir kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri, 0,8 mm kesme uzunluğu ve 5L ölçüm uzunluğu değerlerinde ISO standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Delik delme işlemi sırasında oluşan talaş formlarının görüntülenmesi amacıyla SOIF marka XLB45-B3 model dijital stereo mikroskop kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri için delinen delik üzerinden beş farklı ölçüm gerçekleştirip aritmetik ortalaması alınmıştır. Sıcaklık ölçümleri için ise deneyler beş kez tekrarlanmış ve ölçülen sıcaklık değerlerinin aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır.

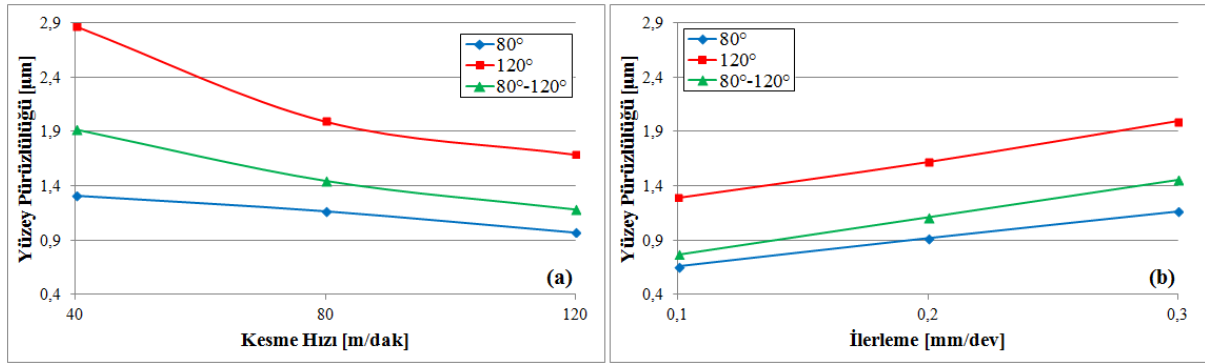
### 3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

Bu bölümde, yalın ve karbon siyahı takviyeli PP malzemelerin delik delinmesinde işlem parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ), sıcaklık (T) ve talaş formlarına etkileri incelenmiştir.

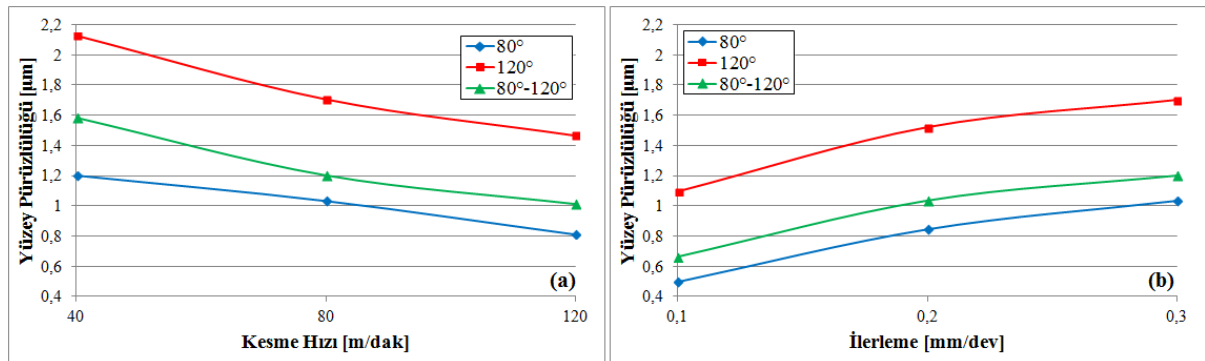
#### 3.1. Delik Delme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi (Effects of Drilling Parameters on Surface Roughness)

Yalın ve karbon siyahı takviyeli polipropilen malzemelerin delik delinmesi sırasında ölçülen delik içi

yüzey pürüzlülük değerlerinin işlem parametrelerine göre değişimi Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmektedir. Şekil 3(a) ve Şekil 4(a)'da görüldüğü gibi yüksek kesme hızlarında plastik malzemenin ezilmesi azalmakta ve matkap ucunun kesen ağızlarının plastik malzemeyi kesmesi kolaylaşmaktadır. Bu sebeple, elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri kesme hızı arttıkça azalmaktadır. İlerlemenin artması ise seçilen delik delme parametrelerinde, delik delme sırasında plastik deformasyon oluşmasına, plastik malzemenin kesilme yerine ezilmeye maruz kalmasına ve malzemeden kesilmeden talaş ve/veya parça kopmasına neden olmaktadır ve yüzey pürüzlülüğünü Şekil 3(b) ve Şekil 4(b)'de görüldüğü gibi arttırmaktadır [21,22]. Matkap uçlarının sivri olması yani uç açısının küçülmesi plastik malzemelerde kesme işlemini kolaylaştırdığı ve ayrıca oluşan sıcaklıkları azalttığı için elde edilen yüzey pürüzlülükleri, büyük uç açılı matkaplara göre daha küçük olmaktadır. Çift uç açılı ( $80^\circ$ - $120^\circ$ ) matkap tasarımı, büyük açılı matkap takımlarına göre daha küçük yüzey pürüzlülüğü sağlamış olmasına rağmen sivri takımlar kadar etkinlik gösterememiştir. Ayrıca, yalın ve karbon siyahı takviyeli PP malzemelerin delik delinmesi karşılaştırıldığında, karbon siyahı takviyesinin yüzey pürüzlülüklerinde azalmaya neden olduğu görülmektedir. Çünkü karbon siyahı takviyesi, polimer malzemenin tokluğunu arttırmakta ve malzemenin kesme işlemi sırasında deformasyona uğraması yerine kesilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3. Yalın PP malzemenin delik delinmesinde yüzey pürüzlülüğünün a)  $f=0,3$  mm/dev ilerlemede kesme hızı ve b)  $V=80$  m/dak kesme hızında ilerleme ile değişimi

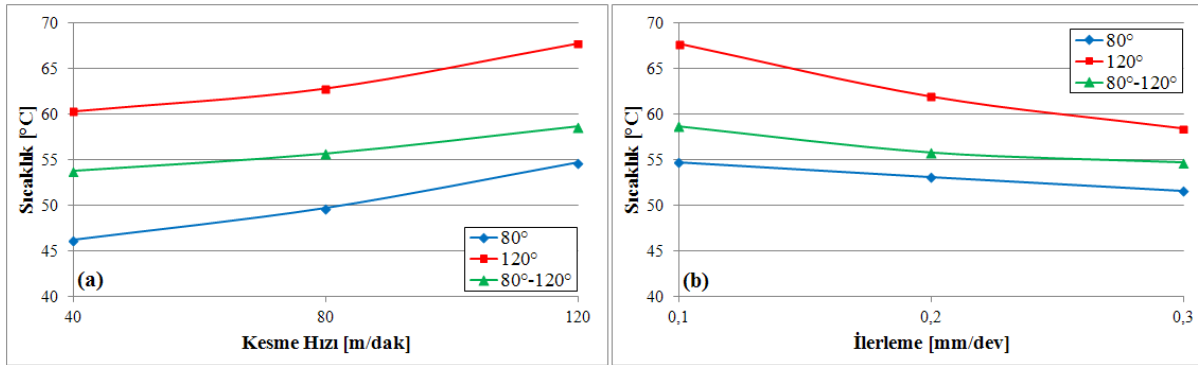


Şekil 4. Karbon siyahı takviyeli PP malzemenin delik delinmesinde yüzey pürüzlülüğünün a)  $f=0,3$  mm/dev ilerlemede kesme hızı ve b)  $V=80$  m/dak kesme hızında ilerleme ile değişimi

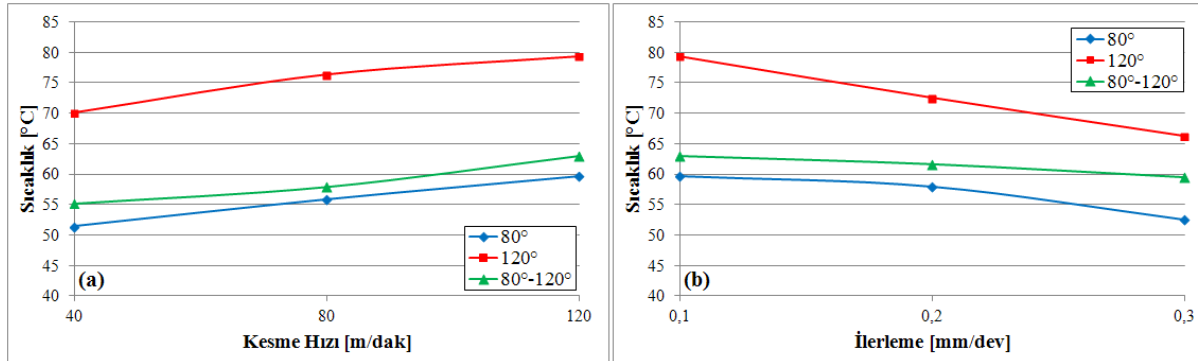
### 3.2. Delik Delme Parametrelerinin Kesme Sıcaklığına Etkisi (Effects of Drilling Parameters on Cutting Temperature)

Delik delme sırasında matkap ucundan ölçülen sıcaklıklar incelendiğinde, kesme hızı arttıkça takım-iş parçası arasındaki sürtünmenin artmasından dolayı delik delme işlemi sırasında oluşan sıcaklık Şekil 5(a) ve Şekil 6(a)'da verildiği gibi artmaktadır. Polimer malzemelerin ısı iletkenlikleri düşük olduğundan delik delme işlemi sırasında oluşan ısı malzeme yüzeyinde birikmektedir [18]. Sabit kesme hızında, küçük ilerlemede daha fazla sıcaklık oluşmaktadır. Yüksek ilerlemede ise matkap ucu yeni soğuk yüzeyler ile daha fazla temasta

nımı, elastisite modülü ve ısı iletkenliklerini de arttırmaktadır. Malzemenin mekanik özelliklerinin artması delik delme sırasında daha fazla sıcaklık oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca, artan ısı iletkenlik sayesinde de malzeme yüzeyinde biriken ısının matkap ucuna iletilmesi sağlandığından karbon siyahı takviyeli PP malzemenin delik delinmesinde matkap ucundan ölçülen sıcaklık değerleri, yalın PP malzemenin delinmesinde ölçülen sıcaklık değerlerinden yüksek olmaktadır. Ayrıca, malzeme yüzeyinden takım aracılığıyla sıcaklığın uzaklaştırılması, delik delme sırasında sıcaklıktan kaynaklanan malzeme yumuşamasını azaltmaktadır. Bu durum, malzemenin kesilmesini kolaylaştırdığından daha düzgün yüzeylerin elde edilmesine neden olmaktadır.



Şekil 5. Yalın PP malzemenin delik delinmesinde oluşan sıcaklığın a)  $f=0,1$  mm/dev ilerlemede kesme hızı ve b)  $V=120$  m/dak kesme hızında ilerleme ile değişimi



Şekil 6. Karbon siyahı takviyeli PP malzemenin delik delinmesinde oluşan sıcaklığın a)  $f=0,1$  mm/dev ilerlemede kesme hızı ve b)  $V=120$  m/dak kesme hızında ilerleme ile değişimi

olduğundan üzerindeki ısıyı daha fazla kaybetmekte ve üzerindeki sıcaklık azalmaktadır. Bu yüzden ilerleme arttıkça Şekil 5(b) ve Şekil 6(b)'de görüldüğü gibi ölçülen sıcaklık değerleri azalmaktadır. Matkap uç açısının sıcaklık üzerine etkisi incelendiğinde, küçük uç açısının plastik malzemelerde kesme işlemi kolaylaştırmasından dolayı daha düşük sıcaklık oluşturduğu [22] ve uç açısı arttıkça sıcaklığın arttığı görülmüştür (Şekil 5 ve Şekil 6). Çift uç açılı (80°-120°) matkap tasarımı, 120° uç açılı takıma göre sıcaklıkların düşmesine sebep olmakla birlikte, 80° uç açılı matkap kadar sıcaklığın azalmasında etkin değillerdir. Polimer malzemelerin elektrik iletkenliklerinin artırılması amacıyla eklenen karbon siyahı takviyesi, bu malzemelerin akma daya-

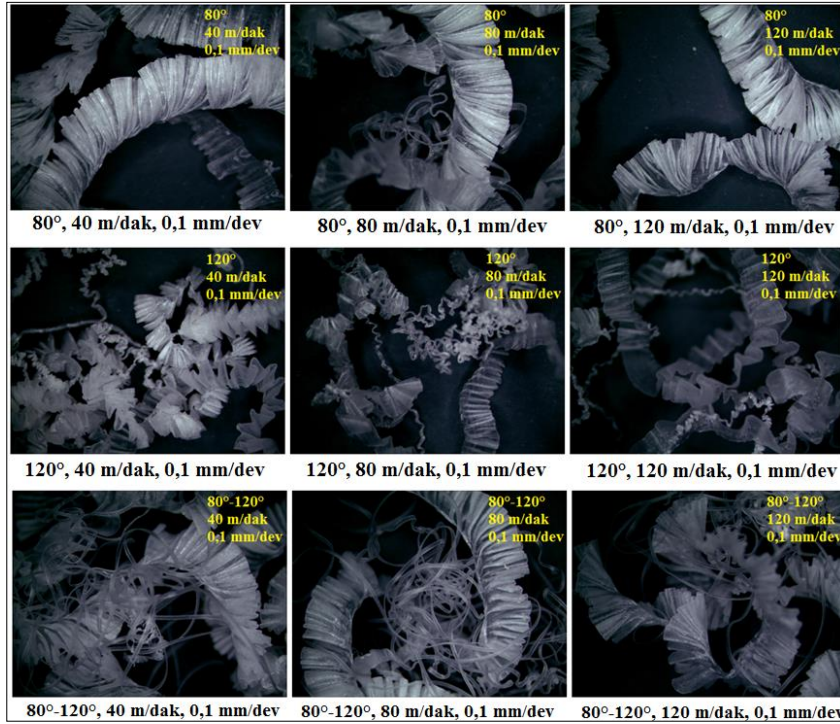
### 3.3. Delik Delme Parametrelerinin Talaş Oluşumuna Etkisi (Effects of Drilling Parameters on Chip Forms)

Delik delme işlemleri sonucunda elde edilen talaş formlarının, işlem parametrelerine göre değişimi yalın PP malzeme için Şekil 7 ve Şekil 8'de ve karbon siyahı takviyeli PP malzeme için Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmektedir. Şekiller incelendiğinde, kesme hızı arttıkça ve ilerleme azaldıkça artan sürtünmeden kaynaklanan ısının etkisiyle talaşların daha fazla deforme olduğu ve daha düzensiz formda talaşların oluştuğu görülmektedir. Ayrıca, küçük uç açılı matkapların, polimer malzemenin kesilmesini kolaylaştırmasından dolayı daha düzenli talaşlar

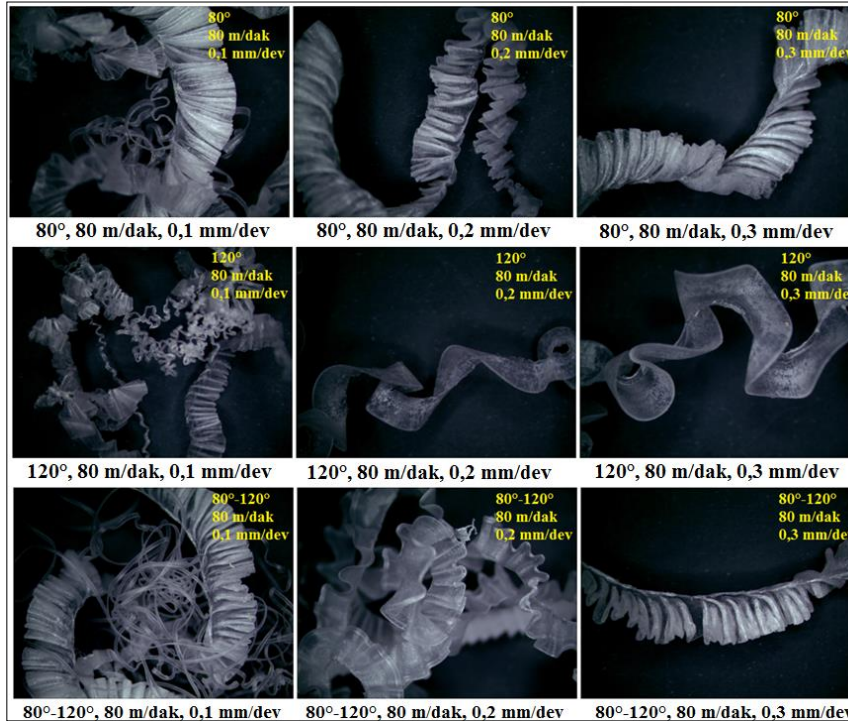


oluşturduğu gözlemlenmiştir. En tercih edilmeyen formdaki talaşlar, 120° matkap uç açısı kullanıldığı durumda elde edilmiştir.

sıcaklığın malzeme yüzeyinde biriktiği [18] ve ısı iletkenliği yüksek olan malzemelerde yüzeyde biriken bu sıcaklığın bir kısmı takıma iletilerek malzeme



Şekil 7. Yalın PP malzemenin delik delinmesinde talaş formunun kesme hızı ve matkap uç açısı ile değişimi (7x)



Şekil 8. Yalın PP malzemenin delik delinmesinde talaş formunun ilerleme ve matkap uç açısı ile değişimi (7x)

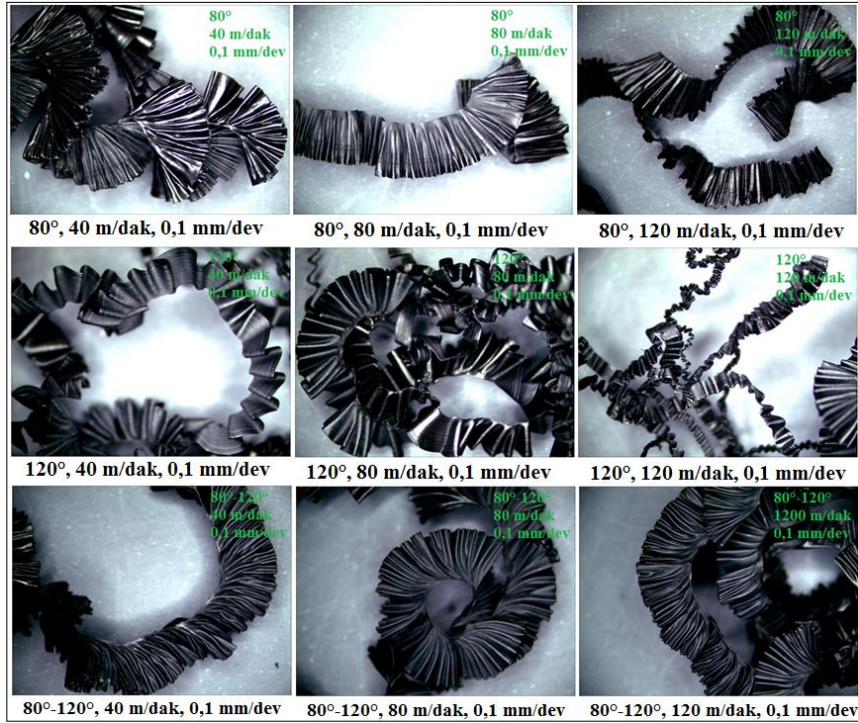
Polimer malzemelerde karbon siyahı takviyesinin elektrik iletkenliği ile beraber ısı iletkenliğini arttırdığı ayrıca, polimer malzemelerde işlem sırasında oluşan

yüzeyinden uzaklaştırıldığı bilinmektedir. Delik delme işlemi sırasında, plastik malzeme yüzeyinde biriken ısı talaşlar ile uzaklaştırıldığından ve yalın PP malzemenin

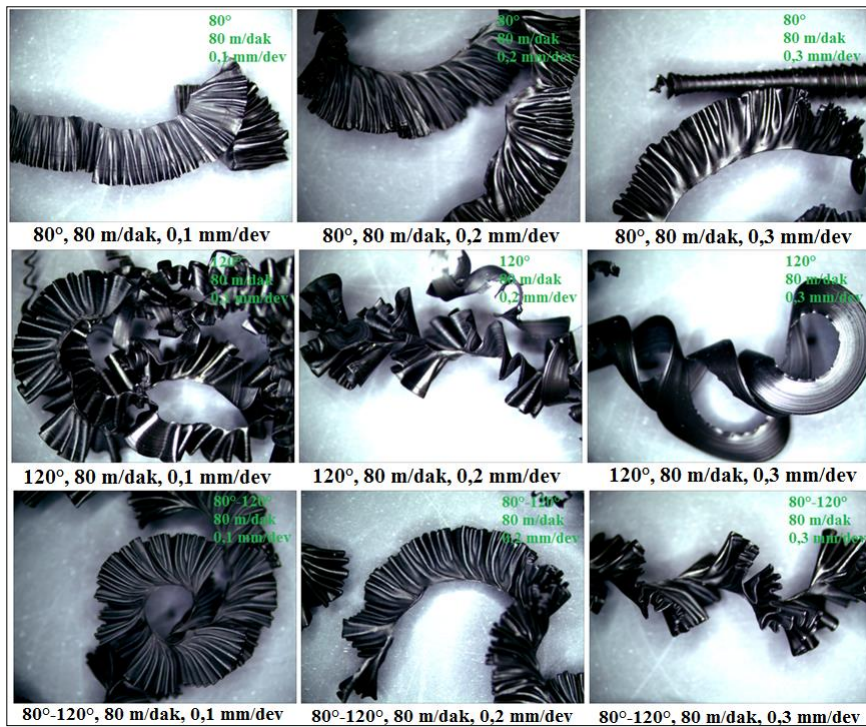
yüzeyinde daha fazla ısı biriktiğinden dolayı, bu malzemenin talaşlarının ısıdan daha fazla etkilenecek deforme olduğu ve düzensiz forma yakın formlarda oluştuğu görülmüştür.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmada, yalın ve karbon siyahı takviyeli elektrikli ileten polipropilen malzemenin delik delinmesinde, matkap uç açısının, kesme hızının



Şekil 9. Karbon siyahı takviyeli PP malzemenin delik delinmesinde talaş formunun kesme hızı ve matkap uç açısı ile değişimi (7x)



Şekil 10. Karbon siyahı takviyeli PP malzemenin delik delinmesinde talaş formunun ilerleme ve matkap uç açısı ile değişimi (7x)



ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğüne, kesme sıcaklığına ve talaş formlarına etkileri incelenmiştir. Aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Yüksek kesme hızlarında polipropilen malzeme daha az deforme olup daha fazla kesildiği için yüzey pürüzlülük değerleri daha küçüktür.
- Yüksek ilerlemede polipropilen malzeme daha fazla plastik deformasyona zorlandığı ve işlem sırasında kesme yerine talaş ve/veya parçacık kopması gerçekleştiğinden dolayı yüzey pürüzlülüğü daha fazladır.
- Karbon siyahı takviyesi, polipropilen malzemenin kesilmesini kolaylaştırdığı için malzeme daha az deformasyona uğramakta ve yüzey pürüzlülükleri yalnız polipropilen malzemeye göre daha küçük olmaktadır.
- Kesme hızının artırılması matkap ucu – polimer malzeme arasındaki sürtünmeyi arttırmakta ve daha yüksek sıcaklıkların oluşmasına neden olmaktadır.
- Sabit kesme hızında, ilerleme artırıldığında matkap ucu yeni soğuk yüzeyler ile daha fazla temas ettiği ve üzerindeki ısıyı daha fazla kaybettiğinden dolayı daha düşük sıcaklıklar oluşmaktadır.
- Karbon siyahı takviyeli elektriği ileten polipropilen malzemelerin ısı iletkenlikleri, yalnız polipropilen malzemelerin ısı iletkenliklerinden daha yüksektir ve delik delme sırasında malzeme yüzeyinde biriken daha fazla ısı matkap ucuna iletilir. Bu sebeple, karbon siyahı takviyeli polipropilen malzemelerin delik delinmesi sırasında ölçülen sıcaklık değerleri daha fazla olmaktadır.
- Matkap uç açısının yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklıklarına etkisi incelendiğinde, küçük uç açısı en iyi performans göstermektedir. Ayrıca, çift uç açılı (80°-120°) matkap ucu tasarımı da yüzey pürüzlülüğünün ve sıcaklıkların düşmesine neden olmakta ancak 80° açılı matkap ucu kadar etkinlik gösterememektedir.
- Kesme hızının artırılması ve ilerlemenin azaltılması, sürtünmenin artmasına neden olmakta ve dolayısıyla daha fazla sıcaklık oluşmaktadır. Bu sebeple, daha fazla deforme olmuş ve daha düzensiz talaşlar oluşmaktadır.
- Matkap uç açısının küçük olması, polipropilen malzemenin kesilmesini kolaylaştırdığı için düzenli talaşların oluşmasına neden olmaktadır. Çift uç açılı (80°-120°) matkap ucu tasarımının kullanıldığı durumda oluşan talaş formları, 120° açılı matkap ucunun oluşturduğu talaşlardan daha düzenli ancak 80° açılı matkap ucunun kullanılması sonucunda oluşan talaşlardan daha düzensiz olmaktadır.
- Isıl iletkenliği daha düşük olduğu için yalnız polipropilen malzemenin yüzeyinde daha fazla ısı birikmekte ve oluşan talaşlar karbon siyahı takviyeli polipropilen malzemenin talaşlarına göre daha fazla

deforme olmakta ve düzensiz forma benzer formda oluşmaktadır.

## 5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu araştırma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nce desteklenmiştir. Proje No: 2014-06-01-GEP01.

## 6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Alauddin M., Choudhury I. A., El Baradie M. A. and Hashmi M. S. J., "Plastics and their machining: a review", *Journal of Materials Processing Technology*, 54, 40-46, (1995)
2. McCrum N. G., Buckley C. P. and Bucknall C. B., "Principles of Polymer Engineering", Oxford University Press Inc., New York, (1996)
3. Gulrez S. K. H., Mohsin M. E. A., Shaikh H., Anis A., Pulose A. M., Yadav M. K., Qua E. H. P. and Al-Zahrani S. M., "A review on electrically conductive polypropylene and polyethylene", *Polymer Composites*, 35, 900-914, (2014)
4. Krupa I., Cecen V., Boudenne A., Prokeš J. and Novák I., "The mechanical and adhesive properties of electrically and thermally conductive composites based on high density polyethylene filled with nickel powder", *Materials and Design*, 51, 620-628, (2013)
5. Hopmann C, Fragner J. and Haase S., "Development of electrically conductive plastic compounds based on filler combinations", *Journal of Plastics Technology*, 10, 49-67, (2014)
6. Zhao P., Luo Y., Yang J., He D., Kong L., Zheng P. and Yang Q., "Electrically conductive graphene-filled polymer composites with well organized three-dimensional microstructure", *Materials Letters*, 121, 74-77, (2014)
7. Carneiro O. S., Covas J. A., Reis R., Brule B. and Flat J. J., "The effect of processing conditions on the characteristics of electrically conductive thermoplastic composites", *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 25 (5), 607-629, (2012)
8. Kim I., "Investigation of electrically conductive acrylonitrile-butadiene rubber", *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 13 (2), 71-75, (2007)
9. Shi G., Rouabhia M., Wang Z., Sao L. H. and Zhang Z., "A novel electrically conductive and biodegradable composite made of polypyrrole nanoparticles and polylactide", *Biomaterials*, 25, 2477-2488, (2004)
10. Brigandi P. J., Cogen J. M. and Pearson R. A., "Electrically conductive multiphase polymer blend carbon-based composites", *Polymer Engineering and Science*, 54, 1-16, (2014)
11. Muratori R., "Fuel filters made of conductive plastics for electronic injected engines", *5<sup>th</sup> International Mobility Technology Conference and Exhibit*, Brezilya, (1996)
12. Lonjon A., Caffrey I., Carponcin D., Dantras E. and Lacabanne C., "High electrically conductive composites of Polyamide 11 filled with silver nanowires: nanocomposites processing, mechanical and electrical analysis", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 376, 199-204, (2013)
13. Araby S., Zhang L., Kuan H.S., Dai J.B., Majewski P. and Ma J., "A novel approach to electrically and thermally conductive elastomers using graphene", *Polymer*, 54, 3663-3670, (2013)



14. Dasari A., Yu Z.Z. and Mai Y. W., “Electrically conductive and super-tough polyamide-based nanocomposites”, *Polymer*, 50, 4112-4121, (2009)
15. Zhijun Q., Xingxiang Z., Ning W. and Jianming F., “Poly(1,3-butylene adipate) plasticized poly(lactic acid)/carbon black as electrical conductive polymer composites”, *Polymer Composites*, 30 (11), 1576-1584, (2009)
16. Wypych G., “Electrically conductive polymers – Cabelec CA0887”, Databook of Antistatics, ChemTec Publishing by Elsevier, Toronto 342-373, (2014)
17. Saad A. L. G., Aziz H. A. and Dimitry O. I. H., “Studies of electrical and mechanical properties of poly(vinyl chloride) mixed with electrically conductive additives”, *Journal of Applied Science*, 91, 1590-1598, (2004)
18. Ahmad J .Y. S., “Machining of Polymer Composites”, Springer, New York, (2009)
19. Rubio J. C., Panzera T. H. and Scarpa F., “Machining behaviour of three high-performance engineering plastics”, *Proceedings of the Institution Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 229 (1), 28-37, (2015)
20. Rubio J. C., Panzera T. H., Abrao A. M., Faira P. E. and Davim J. P., “Effects of high speed in the drilling of glass whisker-reinforced polyamide composites (PA66 GF30): statistical analysis of the roughness parameters”, *Journal of Composite Materials*, 45 (13), 1395-1402, (2011)
21. Gaitonde V. N., Karnik S. R., Rubio J. C., Abrão A. M., Correia A. E. and Davim J. P., “Surface roughness analysis in high-speed drilling of unreinforced and reinforced polyamides”, *Journal of Composite Materials*, 46 (21), 2659-2673, (2012)
22. Uysal A., Altan M. and Altan E., “Effects of cutting parameters on tool wear in drilling of polymer composite by Taguchi method”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 58, 915-921, (2012)