



Research Article / Araştırma Makalesi

EFFECTS OF HYDROLYZED ELECTROSTATIC POWDER COATING WASTES ON FLUIDITY AND DENSITY OF POLYOLEFINS

Yılmaz KISMET*

Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Merkez-TUNCELİ

Received/Geliş: 03.02.2015 Revised/Düzelme: 14.05.2015 Accepted/Kabul: 18.05.2015

ABSTRACT

In this study, electrostatic powder coating waste in their appropriate hydrolyzed thermoset structure were mixed with various polyolefins in different ratios and the dependence of the flow indexes and densities of the polyolefins in the melt flow on the powder coating waste were investigated. From the most known nine different types of thermoset powder coating systems only products obtained by the hydrolysis of wastes of polyester-epoxy and polyurethane systems were investigated. In addition, effects of mixtures of these two wastes on thermoplastics were also studied. Low and high density polyethylene and polypropylene were selected as the polyolefin systems.

Keywords: Polyolefin, powder coating, recycling, melt flow index, density.

HİDROLİZE EDİLMİŞ ELEKTROSTATİK TOZ BOYA ATIKLARININ POLİOLEFİNLERİN AKIŞKANLIKLARI VE YOĞUNLUKLARI ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZ

Bu çalışmada, hidrolize edilmiş termoset yapıdaki elektrostatik toz boya atıkları ile poliolefinler (polietilen, polipropilen) farklı oranlarda karıştırılmış ve toz boya atık miktarına bağlı olarak poliolefinlerin eriyecek akış indekslerindeki ve yoğunluklarındaki değişimler incelenmiştir. Toplam dokuz farklı termoset yapıdaki toz boya sisteminden en çok tercih edilen poliester-epoksi sistemi ile poliüretan sistemi atıklarının hidrolize edilmesiyle elde edilen ürünler kullanılmıştır. Ayrıca çalışmalarda bu iki atığın birbiri ile de karıştırılarak termoplastikler üzerine olan etkileri incelenmiştir. Poliolefin olarak ise alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen ve polipropilen kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Poliolefinler, toz boya, geri dönüşüm, eriyecek akış indeksi, yoğunluk.

1. GİRİŞ

Polimerler günümüz dünyasında toprak, metal, cam, ağaç vb. organik ya da inorganik maddelerden üretilen malzemeler yerine kullanılan veya bu maddeler ile beraber kullanılarak ihtiyaçlarımızı karşılayan alternatif malzemeler olmuştur. Üretiminin kolay, kullanılabilirliğinin basit ve maliyetinin düşük olması sebebi ile polimerlerden üretilen malzemelerin tüketimi sürekli

* e-mail/e-ileti: ykismet@tunceli.edu.tr, tel: (428) 213 17 94 / 2410

artış göstermektedir. Bu artışa cevap verebilmek ve gelişen teknolojiyi yakalayabilmek için polimer teknolojisi önem kazanmakta ve sürekli gelişmektedir.

Zincir ya da dallanmış yapıdaki aynı türden veya farklı türden monomerlerin birbirlerine tekrar eklenerek bir araya gelip oluşturmuş oldukları çoklu yapıya polimer denilmektedir ve genellikle H₂, O₂, N₂ ve C gibi kimyasal elementleri içermektedir [2]. Bu elementlerden monomerler, monomerlerden de polimerler oluşmaktadır. Oluşan bu polimerler: termoplastikler, duroplastikler (termosetler) ve elastomerler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Bu çalışmada alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen, polipropilen gibi poliolefin grubuna giren termoplastikler, matris malzeme olarak kullanılmıştır [3, 10].

Termoplastikler oda sıcaklığında katı halde olup ısıtıldıklarında yumuşarlar ve viskoz hale gelirler. Fakat soğutulduklarında tekrar katı ve sert yapıya dönerler. Hiçbir bozulma olmaksızın defalarca ısıtma ve soğutma işlemine tabi tutmak mümkündür. Termoplastikler, polimerizasyon reaksiyonu ile üretilerek kendi içlerinde, kristal ve amorf yapıda olmak üzere ikiye ayrılırlar ve zayıf bağ yapılarına sahiptirler. Termoplastik polimerlerin bir grubu olan poliolefinlerin polipropilen ve polietilen olarak iki çeşidi bulunmaktadır [1, 3]. Olefinler, bir ya da daha çok sayıda çifte bağ içeren hidrokarbonlardır ve etilen (CH₂= CH₂), bu grubun en yalın üyesidir. İhtiyaçlarımız doğrultusunda bu termoplastiklerin mekanik, ısıl, fiziksel vb. özellikleri iyileştirilmekte ve amaca uygun malzemeler geliştirilmektedir. Bu iyileştirmeler için ise organik veya inorganik yapıdaki doğal ve sentetik dolgu malzemeleri kullanılmaktadır [6, 11].

Doğal ve sentetik yapıdaki ürünler ve yine bunların atıkları uzun yıllardır termoplastiklerde dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak odun talaşı, kendir, kenevir, saman, kolza, karbon lifleri, selüloz türevleri gibi ürünler termoplastiklerde katkı malzemesi olarak kullanılmakta ve sanayiye ihtiyaca yönelik olarak farklı türde kompozitler geliştirilmektedir. Bu sayede malzemelerin mekanik, ısıl, fiziksel vb özellikleri iyileştirildiği gibi bu malzemelerden ekonomik kazanımlar da sağlanmaktadır. Günümüzde bu kompozitler mobilya endüstrisinde, otomobil endüstrisinde, uzay-havacılık ve iletişim gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çalışmada dolgu malzemesi olarak sentetik yapıdaki, hidrolize edilmiş elektrostatik toz boya atıkları kullanılmıştır [2, 6, 11].

Elektrostatik toz boya kaplama malzemeleri, genellikle termoset malzemeler olmakla beraber metal ve metal olmayan yüzeylerin kaplamasında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu toz boya kaplama malzemeleri, bünyelerinde çözücü kimyasal ihtiva etmedikleri için ıslak-sıvı kaplama malzemelerine oranla daha fazla tercih edilir hale gelmiştir. Çözücü içermemelerinden dolayı çevre dostu olmalarının yanı sıra, kaplanacak malzeme yüzeyinde istenilen incelikte film tabakası oluşturmayı da mümkün kılmaktadır. Toz boya kaplama malzemeleri; farklı reçineler, sertleştiriciler, pigmentler, dolgu malzemeleri ve additiflerden oluşmakta ve içlerindeki reçine ile sertleştiricinin çeşidine göre toplam dokuz farklı sistem ile adlandırılmaktadır [1, 4]. Bu sistemlerden en yaygın kullanılanlar; poliester, hibrid sistem yani epoksi-polyester ve poliüretan sistemdir [5].

Toz boya kaplama malzemesi, elektrostatik yöntemle kaplanacak olan yüzeylere püskürtme tabancası ile püskürtülmektedir. Tabanca içerisinde yüklü hale gelen bu toz boya partikülleri, püskürtme tabancasını terk ettikten sonra topraklanmış malzeme ile bu parçacıklar arasında oluşan elektrostatik çekim kuvvetinden dolayı malzeme yüzeyine tutunur. Bu şekilde çok kompleks geometrik yüzeyler dahi istenilen incelikte kaplanabilmektedir. Fakat uygulama esnasında bazı parçacıklar kaplanacak malzemeyi ıskalayarak tutunamadan dökülür. Bu şekildeki her uygulamada, kullanılan malzemede yaklaşık olarak %30 ila %35 oranında kayıp oluşmaktadır [1, 4]. Oluşan bu kayıp bir diğer deyişle atık, seri üretimin olduğu sistemlerde aynı kaplamaya uygun olacak şekilde tekrar kullanılmak suretiyle %5'lere kadar düşürülerek, düşük verimlilikte bir daha kullanılabilir. Fakat orta ve küçük işletmelerde oluşan atık malzeme tekrar kullanılamamakta, depolanıp belli bir süre sonra yakılarak yok edilmektedir. Bu da beraberinde taşıma, depolama ve atık malzemeyi yakmak (min. 300 °C) için fazladan enerji masrafları getirmektedir [1, 7, 8, 9].

2006 yılı itibarı ile dünya genelinde üretilmiş olan toz boya kaplama malzemesi 1,1 milyon ton iken bu oran 2010 yılında yaklaşık olarak 1,5 milyon tona ulaşmıştır. Yapılan bu çalışma ile dünya genelinde yıllık ortalama 400 000 ton civarında oluşan elektrostatik toz boya atığının hidrolize işlemi sonrası termoplastikler ile etkileşimi incelenmiş ve bu kapsamda hidrolize edilmiş atık malzemenin termoplastiklerin akış özelliklerini ve yoğunluklarını nasıl değiştirdiği grafiksel olarak ortaya konulmuştur [1].

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

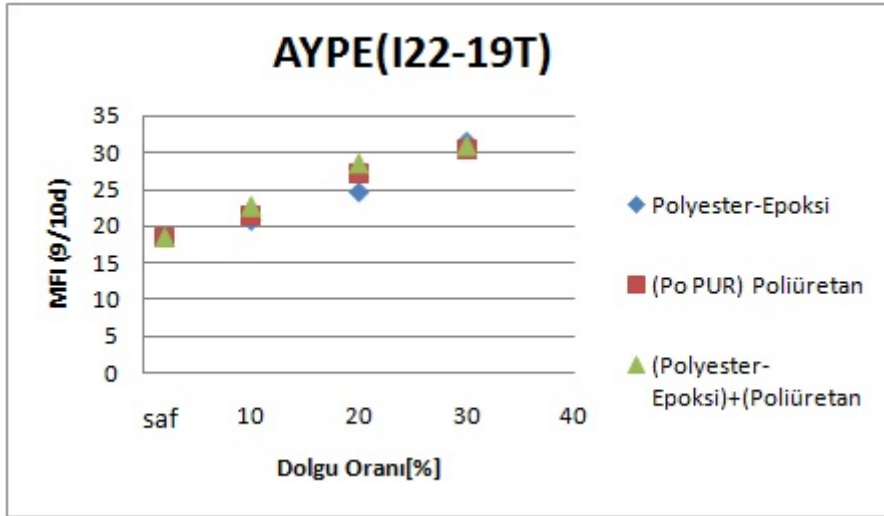
Deneysel çalışmalarda kullanılan yarı kristal yapıdaki termoplastik poliolefin malzemeler I22-19T ürün numaralı alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), I668 ürün numaralı yüksek yoğunluklu polietilen PETKİM AŞ'den temin edilmiştir. Diğer termoplastik polipropilen (PP) 579S ürün numaralı ve Sabic firmasına aittir. Hidrolize edilmiş elektrostatik toz boya atıkları ise polyester-epoksi ve poliüretan sistemlerine ait elektrostatik toz boyaların uygulama esnasında yere dökülen ve kullanılmayan atıklarıdır.

Öncelikle her bir termoplastik ile hidrolize edilmiş toz boya atıkları ayrı ayrı %10, %20 ve %30 oranlarında karıştırılarak 4 ila 8 gram arasında numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımların eriyik akış indeksi ve yoğunluklarının analizi "JPT EQUIPMANT marka XRL-400A model" MFI eriyik akış cihazı kullanılarak "ISO 1133" normlarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Alçak ve yüksek yoğunluklu polietilen için 2,16 kg ağırlık ve 190 °C sıcaklık değerleri kullanılırken, polipropilen için 2,16 kg ve 230 °C sıcaklık değerleri kullanılarak akış indeksleri ve yoğunlukları tespit edilmiştir. Analizin yapılacağı cihaz istenilen ölçüm sıcaklığına ulaştığında hazırlanan karışımlar bir huni vasıtası ile cihazın ısıtılmış haznesine döküldükten sonra 0,325 kg ön yükleme uygulanarak 10 dakika erimeye bırakılmıştır. Bu 10 dakika sonrasında 1,835 kg'lık ana yükleme yapılarak belirlenen 2,16 kg ağırlığa ulaşılmış ve eriyik hale gelen malzeme uygulanan ağırlığın etkisi ile cihazın ısıtma haznesinin alt kısmında bulunan memeden akmaya zorlanmıştır. İstenilen ölçüm aralığına gelindiğinde cihaz otomatik olarak start vermiş ve memeden akan eriyik malzeme belirli saniye aralıklarında meme kısmında bulunan makas ile otomatik olarak kesilmiştir. Ölçme işlemi bittikten sonra kesilen bu numuneler alınarak ağırlıkları ölçülmüş ve ortalama ağırlıkları tespit edilmiştir. Tespit edilen bu ortalama ağırlık değeri cihazın dijital panosunda istenilen kısma girilerek bu karışımların eriyik akış indeksi değerleri (MFI) ve yoğunluk değerleri cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanarak tespit edilmiştir. Her bir termoplastik ve hidrolize edilmiş toz boya atıkları için aynı işlemler gerçekleştirilmiş ve atık miktarına bağlı olarak polipropilen ile polietilenin eriyik akış değerleri ve yoğunluklarındaki değişimler grafikler ile ortaya konulmuştur.

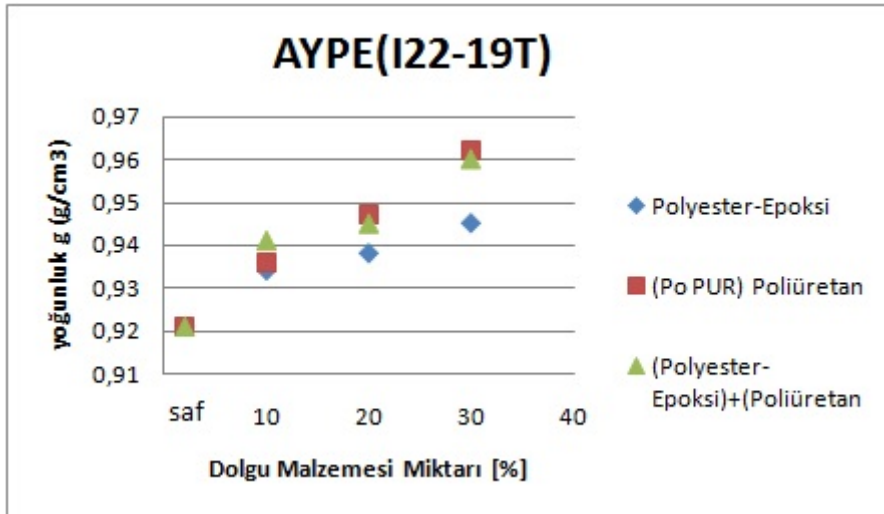
Ortam koşullarından, malzemeden veya cihazdan dolayı oluşabilecek hata payını minimize edebilmek için her bir karışım oranı beşer defa analiz edilmiş ve standart sapmaları dikkate alınmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

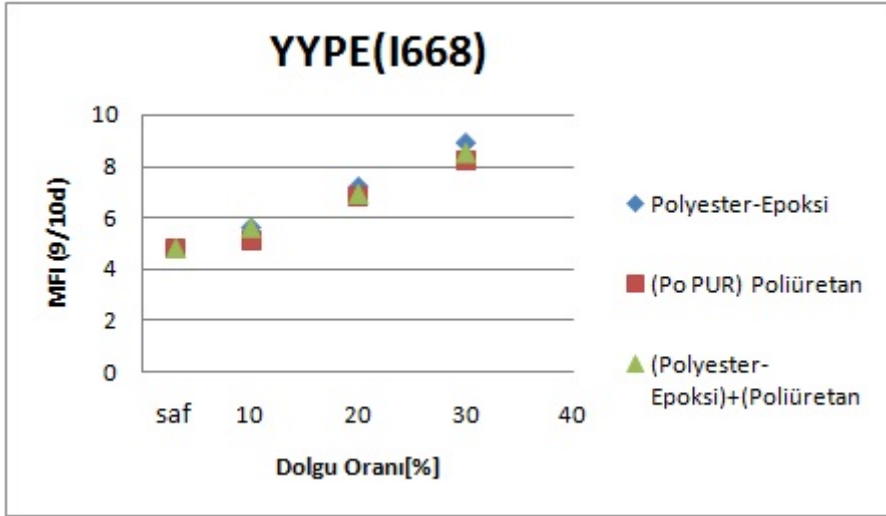
Yarı kristal yapıdaki termoplastikler grubuna giren poliolefinler ve hidrolize edilmiş toz boya atıkları karışımlarına ait analiz sonuçları aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



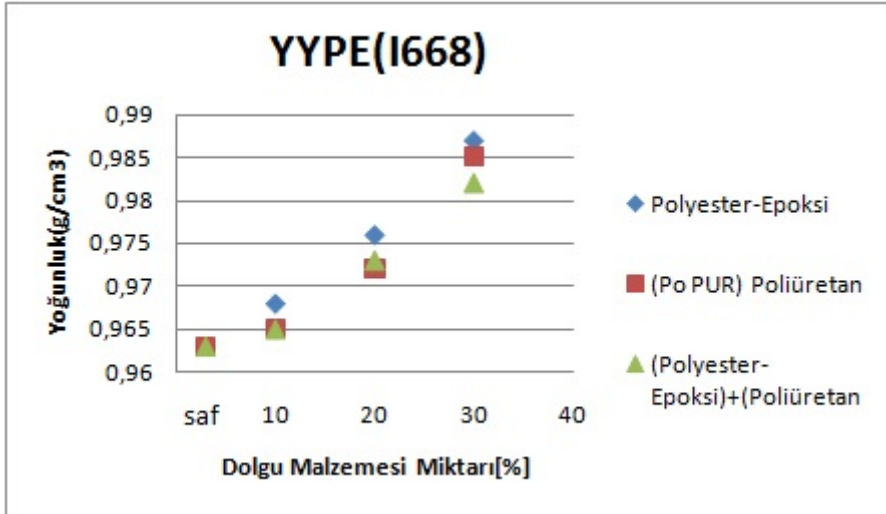
Şekil 1. Alçak yoğunluklu polietilenin eriyik akış indeksinin hidrolize edilmiş elektostatik toz boya miktarına bağlı olarak değişimi



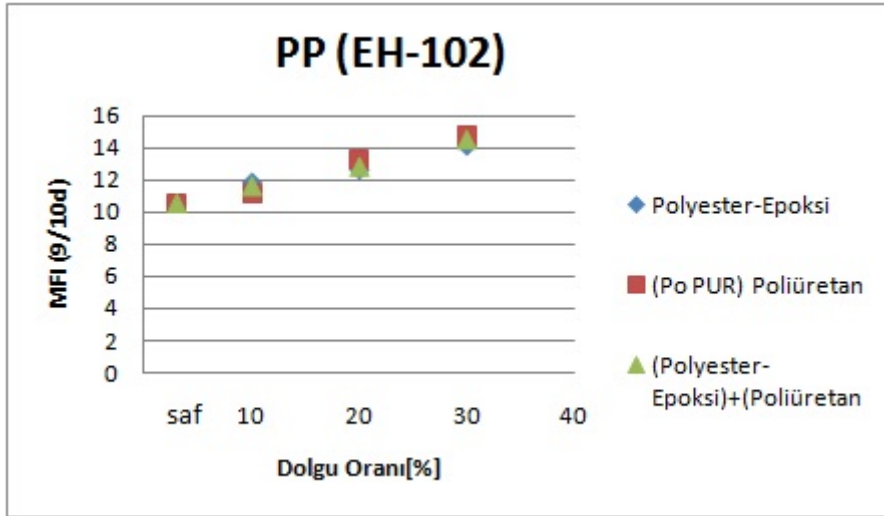
Şekil 2. Alçak yoğunluklu polietilenin yoğunluğunun hidrolize edilmiş elektostatik toz boya miktarına bağlı olarak değişimi



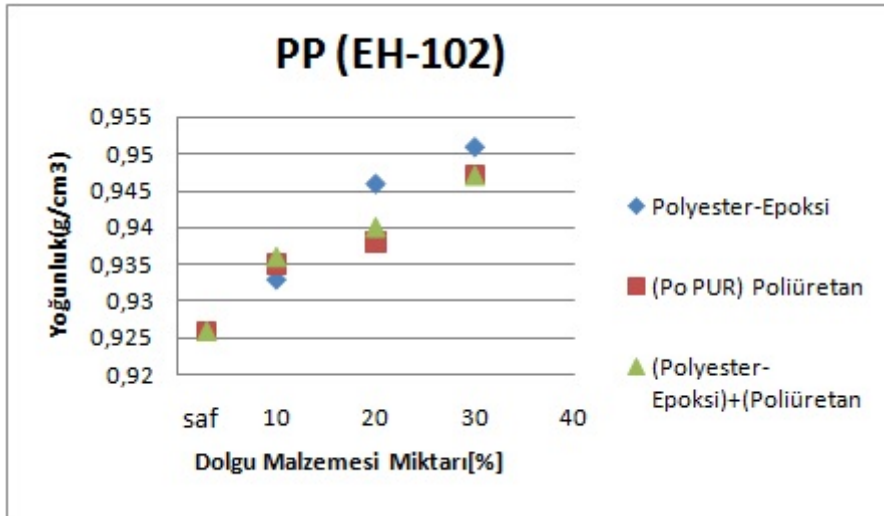
Şekil 3. Yüksek yoğunluklu polietilenin eriyik akış indeksinin hidrolize edilmiş elektostatik toz boya miktarına bağlı olarak değişimi



Şekil 4. Yüksek yoğunluklu polietilenin yoğunluğunun hidrolize edilmiş elektostatik toz boya miktarına bağlı olarak değişimi



Şekil 5. Polipropilenin eriyik akış indeksinin hidrolize edilmiş elektostatik toz boya miktarına bağlı olarak değişimi



Şekil 6. Polipropilenin yoğunluğunun hidrolize edilmiş elektostatik toz boya miktarına bağlı olarak değişimi

Elde edilen sonuçlara bakılarak kullanılan polietilen ve polipropilenin eriyik akış indeks değerleri yani akışkanlıkları, içerdikleri dolgu malzemesi miktarı artışına bağlı olarak artmaktadır. Dolgu malzemesi olarak kullanılan iki farklı hidrolize edilmiş toz boya atığı ve bunların karışımı olan üçüncü tür, grafiklerde farklı renklerde belirtilmiştir. Her üç durumda da hidrolize edilmiş toz boya atıkları, karışımın viskozitesini azaltarak daha akışkan hale gelmesine olanak sağlamıştır.

Benzer şekilde artan dolgu malzemesi miktarı ile termoplastiklerin yoğunluklarında da artış meydana gelmiştir ve bu artış yaklaşık olarak 0,3 ila 0,5 g/cm³ arasında değişim göstermiştir.

4. SONUÇ

Mevcut çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

1) Çalışmada kullanılan poliolefinler (AYPE, YYPE ve PP) ile hidrolize edilmiş elektrostatik toz boya atıklarından oluşan karışımların içerisinde, hidrolize edilmiş atık miktarı arttıkça karışımın viskozitesi azalarak daha akışkan hale geldiği tespit edilmiştir. Yani bu dolgu malzemeleri ile ekstrüder ve plastik enjeksiyon makineleri gibi yüksek sıcaklık ve basınç gerektiren üretim yöntemlerinde daha düşük basınç ve sıcaklıklar kullanılarak da aynı akışkanlık değerleri sağlanarak çalışılabilir olacaktır. Bu da üretim esnasında ciddi bir enerji tasarrufunu beraberinde getirecektir.

2) Benzer şekilde oluşturulan karışımlar içerisinde artan hidrolize edilmiş elektrostatik toz boya miktarı ile karışımların yoğunlukları da artış göstermiştir. Yoğunluklardaki bu değişimlerde sanayide ihtiyaca yönelik olarak değerlendirilebilecektir.

Acknowledgments / Teşekkür

Yürütücülüğünü yaptığım 213M461 nolu TÜBİTAK kariyer destek projesi kapsamında ki çalışmalar sonucunda elde etmiş olduğum verileri kullanarak hazırlamış olduğum bu yayında TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunuyorum.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Kısmet, Y., Entwicklung eines Verfahrens für die Verwertung von Pulverlackrecyclaten, Universitätsverlag der TU Berlin, Endformat, Ges. für gute Druckerzeugnisse mbH, ISBN 978-3-7983-2479-4, Berlin, 2012.
- [2] Kaiser W., Polyolefine, Kunststoffchemie für Ingenieure, Carl Hanser Verlag München Wien, 2006.
- [3] Michaeli W., Verarbeitungsverfahren für die Kunststoffe, Einführung in die Kunststoffverarbeitung, 5. Auflage, Wien, 2006.
- [4] Judith Pietschmann: *Industrielle Pulverbeschichtung*, View & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2003.
- [5] Paola Nannetti: *Lack für Einsteiger*, Vincentz Network GmbH Co. KG, Hannover, 2009.
- [6] Detlef Gysau: *Füllstoffe*, Vincentz Network GmbH KG, Hannover, 2006.
- [7] Paolo Nanetti: *Lack von A bis Z*, Vincentz Network, Hannover, Germany, 2004.
- [8] Markus Petermann: *Herstellung von Pulverlacken durch Versprühen gashaltiger Schmelzen*, Dissertation von der Technischen Fakultät der Universität Erlangen Nürnberg, 1999.
- [9] Artur Goldschmidt, Hans-Joachim Streitberger: *BASF-Handbuch Lackiertechnik*, Vincentz Verlag Hannover, 2002.
- [10] Stoeckert, K., Woebcken, W., Kunststoffen, Kunststoff-Lexikon. Wien 9. Auflage 1998.
- [11] Luo X., Li J., Feng J., Xie S., Lin X., "Evaluation of distillers grains as fillers for low density polyethylene: mechanical, reological and thermal characterization", *Composites Science and Technology*, Cilt No: 89, 2013.