



IJEASED

INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
ISSN: 2667-8764 , 2(2), 325-336, 2020
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>



Araştırma Makalesi / *Research Article*



Doi: [10.47898/ijeased.806736](https://doi.org/10.47898/ijeased.806736)

DC04 Kalite Sac Malzemelere Temper Haddelme ile Pürüzlülük Transferinde Yağlayıcının Etkisinin İncelenmesi

Batuhan ÖZAKIN^{1*}, Naci KURGAN²

¹ Samsun Üniversitesi, Kavak Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Samsun, 55850, Türkiye.

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Samsun, 55200, Türkiye.

Yazar Kimliği / <i>Author ID (ORCID Number)</i>	Makale Süreci / <i>Article Process</i>
*Sorumlu Yazar / <i>Corresponding author</i> : batuhan.ozakin@samsun.edu.tr  https://orcid.org/0000-0003-1754-949X , B. Özakin  https://orcid.org/0000-0001-7297-7249 , N. Kurgan	Geliş Tarihi / <i>Received Date</i> : 06.10.2020 Revizyon Tarihi / <i>Revision Date</i> : 24.10.2020 Kabul Tarihi / <i>Accepted Date</i> : 31.10.2020 Yayın Tarihi / <i>Published Date</i> : 15.12.2020

Alıntı /Cite : Özakin, B., Kurgan, N. (2020). DC04 Kalite Sac Malzemelere Temper Haddelme ile Pürüzlülük Transferinde Yağlayıcının Etkisinin İncelenmesi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 2(2), 325-336.

Özet

Soğuk haddelme üretim sürecinin son aşaması olan temper haddelme işleminde sac malzemelerin yüzeyine özel pürüzlendirilmiş merdaneler ile pürüzlülük transfer edilir. Özellikle otomotiv alanında kullanılan sac malzemelerin, standart aralıkta ve homojen dağılım göstermesi kaydıyla bir pürüzlülük değerine sahip olması istenir. Homojen dağılım ve standartları karşılayan pürüzlülük değeri sayesinde sac malzemelerin şekillendirme kabiliyeti ve boya yapışma özelliği iyileşmiş olur. Bu çalışmada otomotiv ve beyaz eşya sektöründe yoğun bir şekilde kullanılan şekillendirme kabiliyeti yüksek olan DC04 kalite sac malzemelere temper haddelme ile pürüzlülük transferinde yağlayıcının etkisi (mineral yağ) deneysel olarak incelenmiştir. 500 µm ezme miktarında yapılan deneylerde yağlayıcı kullanılan şartlarda daha az miktarda pürüzlülük transfer edildiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca 3D alan tarama görüntüleri ve malzeme oranı eğrileri (MRC) incelendiğinde kuru şartlara göre daha homojen bir pürüzlülük profili elde edilmiştir. Yağlayıcının hem haddelme kuvvetini azalttığı ve yüzeyde bir film tabaka oluşturarak pürüzlülük transferinin azalmasına, hem de malzeme yüzeyine homojen bir pürüzlülük profili transferi meydana gelmesine sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Temper haddelme, Pürüzlülük transferi, Yağlayıcı, DC04 kalite sac malzemeler.

Investigation of the Effect of Lubricant on Roughness Transfer with Temper Rolling to DC04 Grade Sheet Materials

Abstract

In the skin-pass rolling process, which is the last stage of the cold rolling production process, roughness is transferred to the surface of sheet materials with specially roughened rolls. In particular, sheet materials used in the automotive field are required to have a roughness value provided that they are in a standard range and have a homogeneous distribution. Thanks to the roughness value that is homogeneously distributed and meets the standards, the forming ability and paint adhesion of sheet materials are improved. In this study, the effect of lubricant (mineral oil) on roughness transfer by skin-pass rolling to DC04 grade sheet materials, which are used extensively in the automotive and white goods industry, was experimentally investigated. It was concluded that less roughness was transferred under the conditions where the lubricant was used in the experiments conducted with a 500 µm reduction. Also, when 3D area scan images and material ratio curves (MRC) were examined, a more homogeneous roughness profile was obtained compared to dry conditions. It was concluded that the lubricant both reduced the rolling force and caused a decrease in roughness transfer by forming a film layer on the surface, and a homogeneous roughness profile transfer to the material surface.

Keywords: *Skin-pass (Temper) rolling, Roughness transfer, Lubricant, DC04 grade sheet materials.*

1. Giriş

Çelik şerit veya sac malzemelere pürüzlülük profili, soğuk haddeleme imalat sürecinin son basamağı olan temper haddeleme işlemindeki özel pürüzlülük profiline sahip iş merdaneleri vasıtasıyla aktarılır (Kijima, 2013; Xia ve ark., 2017; Wu ve ark., 2019). Özel pürüzlülük profiline sahip iş merdanelerinin yüzeyi farklı yükseklikte tepe ve çukurlardan meydana gelir. Merdanelerin yüzeyinde bulunan bu tepeler malzemenin yüzeyinde çukurlar, merdane yüzeyindeki çukurlar ise malzeme yüzeyinde tepeler oluşturarak malzemeyi pürüzlendirir (Fujii ve ark., 2014; Wentink ve ark., 2015). Otomotiv sektörü ve beyaz eşya sektörü gibi uygulamalarda kullanılan sac malzemelerin boyanabilme ve şekillendirilebilmesi için yüzeyinin optimum düzeyde pürüzlülük profiline sahip olması gerekir (Xin ve ark., 2014; Burdek, 2015). Temper haddeleme işleminde özel pürüzlü merdaneler ile sac malzeme yüzeyine transfer edilen pürüzlülük profili haddeleme parametrelerinden etkilenir (Özakın ve Kurgan, 2019). Bu haddeleme parametreleri; merdane parametreleri, haddeleme hızı, ezme oranı, haddeleme kuvveti, haddeleme uzaması, yağlayıcı şartları vb. olup sac malzeme yüzeyine aktarılan pürüzlülük transferini etkilemektedir (Burdek, 2015; Çolak ve Kurgan, 2018; Mekicha ve ark., 2020). Sunulan çalışmanın esas olarak odaklandığı haddeleme parametresi yağlayıcı şartları olup bu konuda literatüre katkı sağlayan çalışmalara göz atalım. Zhang ve Lenard, (1992) yağlayıcının türüne bakılmaksızın kullanılmasının merdane üzerinde meydana gelen yüklerin azalmasına katkıda bulunduğunu ve malzemenin ileriye doğru

kayma, sürtünme katsayısı ve merdane kuvvetinin artan yağ viskozitesi ile azaldığını belirtmişlerdir. Dick ve Lenard, (2005) çelik şeritlerin soğuk haddelenmesinde hadde yüküne yağlayıcı viskozitesinin etkisini incelemişler ve sonuç olarak yağlayıcı kullanılması durumunda hadde yüklerinin azaldığını ve viskozitenin etkisinin daha yüksek hızlarda ve kalınlık azalmalarında belirgin olduğu sonucuna varmışlardır. Kijima ve Bay, (2009) yağlama koşullarının yüksek miktarda meydana gelen deformasyonla (yüksek basınç) birlikte temas yüzeyinde kayma oluşumunu tetiklediğini kuru sürtünme koşullarına göre daha ölçülebilir bir farklılık doğurduğunu ortaya koymuşlardır. Nagase ve ark., (2009) yüksek karbonlu çelikler için suda çözünür yağlayıcı ile yüzey haddelenme işleminin, kuru ve mineral yağlı temper haddelenme koşullarına göre daha fazla pürüzlülük transferi sağladığını belirlemişlerdir. Ek olarak, düşük karbonlu çelikler için suda çözünür yağlayıcı ve kuru koşullarda pürüzlülük transferinin eşit pürüzlülük aktarımı sağladığını, mineral yağlayıcı kullanılan koşullar altında ise daha düşük pürüzlülük transferinin elde edildiğini bulmuşlardır. Kijima, (2015a; 2015b) temper haddelenmede yağlayıcı kullanılmasının, uzama ve pürüzlülük transferi üzerindeki etkisine değinmiş ve yağlama davranışı ile merdane yarıçapı arasındaki ilişkiyi deneysel haddelenme testleri ile ortaya koymuştur. Sonuç olarak, yağlamanın % 1 uzamaya kadar pürüzlülük transferini etkilemediği görülmüştür. Çolak ve Kurgan, (2018) malzeme yüzeyindeki pürüzlülüğün yağlama nedeniyle azaldığını göstermişler ayrıca pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen deneysel standart sapma miktarlarını kullanarak yağlanmış haddelenmede daha homojen bir pürüzlülük dağılımı elde edildiğini belirtmişlerdir. Söz konusu literatür çalışmaları pürüzlülük transferini etkileyen yağlayıcıların etkisiyle birlikte transferin ne düzeyde gerçekleştiği veya sürtünme koşulları ile ilgili çözümler sunmaktadır. Literatürde temper haddelenmede yağlayıcı şartlarının pürüzlülük transferini ne şekilde etkilediği ve sac malzemedede elde edilen pürüzlülük profilinin homojen dağılım sergileyip sergilemediği konusunda çözümler üreten çalışmalara dair büyük bir boşluk olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada otomotiv ve beyaz eşya sektöründe yoğun bir şekilde kullanılan şekillendirme kabiliyeti yüksek olan DC04 kalite sac malzemelere temper haddelenme ile pürüzlülük transferinde yağlayıcının etkisi (mineral yağ) deneysel olarak incelenmiştir. 500 µm ezme miktarında yapılan deneylerde kuru ve yağlayıcı kullanılan şartlarda pürüzlülük transfer oranı, pürüzlülük parametreleri, malzeme oranı eğrileri (MRC) ve 3D alan tarama görüntüleri birlikte değerlendirilerek sac malzemedede elde edilen pürüzlülük profilinin homojen dağılım sergileyip sergilemediği konusunda birtakım karşılaştırmalar yapılmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneyleerde DC04 kalite (ERD 7114) sac malzeme kullanılmıştır. Kullanılan DC04 kalite sac malzemenin spektral analizi, Spektrolab marka optik emisyon spektrometresi ile tespit edilmiştir. DC04 sac malzemeye ait kimyasal bileşim Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. DC04 kalite sac malzemeye ait kimyasal bileşim

Kimyasal bileşim (%)										
Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	Al
Denge	0.027	0.006	0.152	0.015	0.013	0.033	0.031	0.044	0.005	0.045

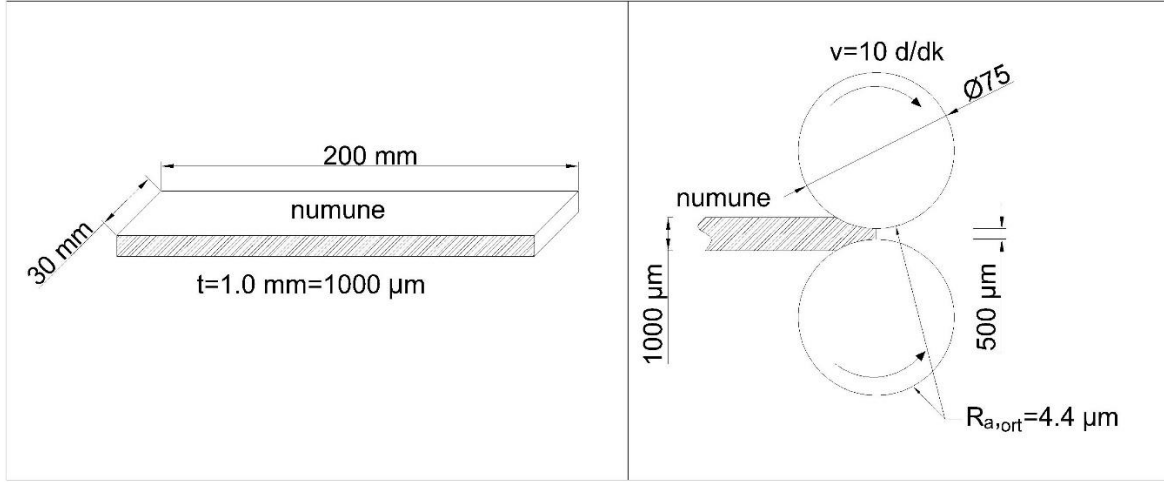
Deneyleerde kullanılan DC04 kalite sac malzemenin çekme özelliklerinin belirlenmesinde haddeleme yönüne paralel olarak hazırlanmış test numunelerine oda sıcaklığında, Instron marka üniversal çekme cihazı kullanılarak TS EN ISO 6892-1 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. DC04 kalite sac malzemeye ait çekme özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. DC04 kalite sac malzemeye ait çekme özellikleri

Malzeme kalitesi	Erdemir Kalite	Standart	Akma mukavemeti (MPa)	Çekme mukavemeti (MPa)	Toplam uzama (%)
DC04	ERD 7114	EN 10130	154 ± 8	270 ± 11	39.2 ± 0.3

Temper haddeleme deneylerinde kullanılan 1.0 mm kalınlıktaki sac malzemenin test numuneleri 30 mm genişlik ve 200 mm uzunlukta kesilerek haddeleme deneylerine hazır hale getirilmiştir.

Temper haddeleme deneyleri Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Laboratuvarında bulunan özel olarak imal edilmiş bir haddeleme düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. 2’li merdane düzenine sahip düzeneğe, 2379 soğuk iş takım çeliğinden imal edilen 75 mm çap, 50 mm uzunluk, elmasla pürüzlendirilen ve ortalama 4.4 µm yüzey pürüzlülüğüne sahip merdane çifti kullanılmıştır. Deneyler 10 d/dk haddeleme hızında, 500 µm ezme miktarında, kuru ve yağlayıcı (mineral yağ, 40 °C’de 1.57 cm²/s) kullanılan koşullarda gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaya ait bilgiler Şekil 1’de verilmiştir. Deney numunelerinin temper haddelenmesi esnasında haddeleme kuvvetinin belirlenmesi için düzeneğin üzerinde bulunan yük ölçüm cihazındaki en yüksek değer okunmuştur.



Şekil 1. Deneysel çalışmaya ait bilgiler

Hadde merdanelerinin ve haddelenmiş sac malzeme numunelerinin yüzey pürüzlülük ölçümlerinde sırasıyla Mitutoyo marka SJ-410 model pürüzlülük ölçme cihazı ile PCE-RT2000 model pürüzlülük ölçme cihazı kullanılmıştır. Merdane çiftinin pürüzlülük ölçümlerinde, bir merdane için 0° , 90° , 180° , 270° açılardan alınan pürüzlülük ölçümlerinin ortalaması alınarak her bir merdanenin pürüzlülüğü tayin edilmiştir. Her bir merdanenin bu ortalama pürüzlülük değerlerinin ortalaması alınarak merdane çiftinin ortalama pürüzlülük değeri $4.4 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Sac malzemelerin yüzey pürüzlülükleri ise test numunelerinin alt ve üst kısımlarından üçer adet haddelme doğrultusunda alınan yüzey pürüzlülük ölçümlerinin ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3D alan tarama görüntüleri ve pürüzlülük ölçümlerinde Bruker Contour GT-K model optik profilometre cihazı kullanılmıştır. 3D alan tarama görüntüleri $0.95 \times 1.25 \text{ mm}$ alan üzerinden yüksek hassasiyette alınmıştır. Yüzeylerden alınan pürüzlülük profilinin homojen dağılım sergileyip sergilemediği Vision-Software programında gerçekleştirilen analizler ile elde edilen pürüzlülük parametreleri, malzeme oranı eğrileri (MRC) yardımıyla değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

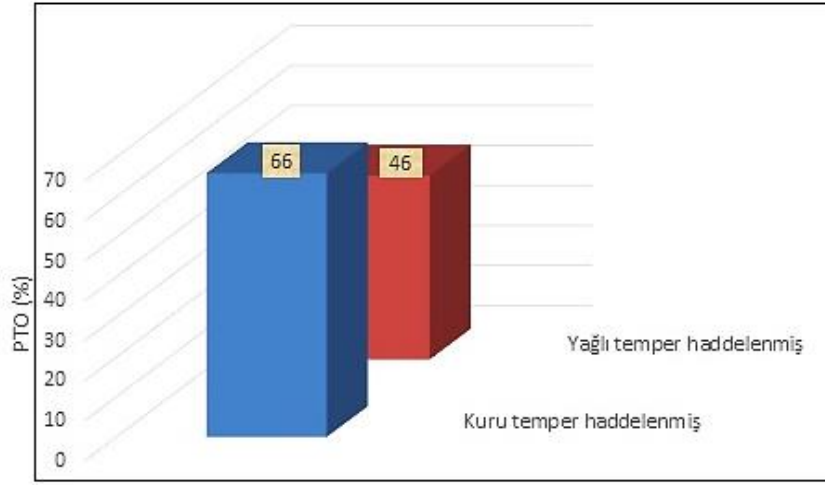
Temper haddelme neticesinde sac malzeme yüzeyine aktarılan pürüzlülük transfer oranı (PTO), Denklem (1)'de verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır (Kijima, 2014). Formülde $R_{a,s}$; sac malzemenin haddelme sonrasında yüzeyinden alınan pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalama pürüzlülük değerini, $R_{a,i}$; sac malzemenin haddelme öncesinde yüzeyinden alınan

pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalama pürüzlülük değerini ve R_{a_m} ; Merdane çiftinin aritmetik ortalama pürüzlülük değerini göstermektedir.

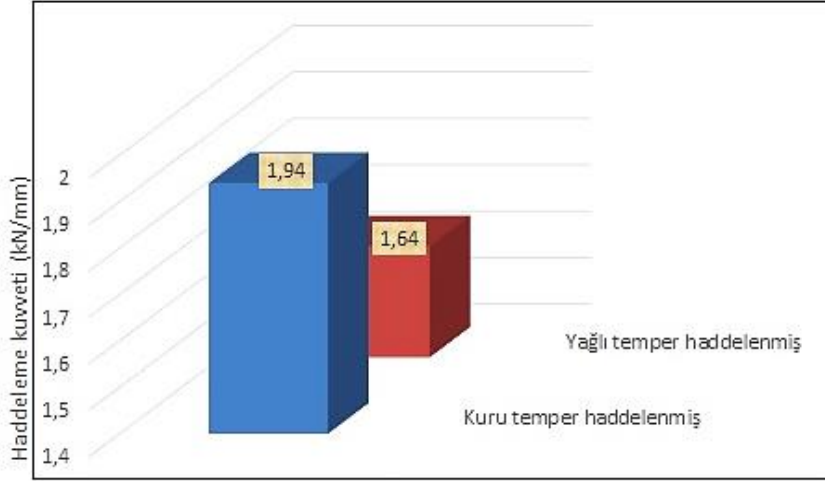
$$PTO (\%) = \frac{R_{a_s} - R_{a_i}}{R_{a_m} - R_{a_i}} \times 100 \quad (1)$$

Kuru ve yağlı şartlarda yapılan temper haddeleme sonrasında malzeme yüzeyine aktarılan pürüzlülük transfer oranı (PTO), Şekil 2(a)'da gösterilmiştir. Kuru şartlarda yapılan temper haddelemede pürüzlülük transfer oranı yağlı ortam koşullarına göre daha fazladır. Bu durum yağlayıcının kaymayı artırarak kuru ortam koşullarına göre sürtünmeyi azaltmasından kaynaklanmaktadır (Kijima ve Bay, 2009). Ayrıca merdane yüzeyindeki tepe ve vadilerin yağlayıcı etkisinden dolayı sac malzeme yüzeyine tamamen sirayet edemediğini ve yağlı ortam koşullarında kuru şartlara göre pürüzlülük transfer oranının daha az olmasına neden olduğu söylenebilir.

Kuru ve yağlı şartlarda yapılan temper haddeleme esnasında haddeleme düzeneğinden okunan yükten elde edilen haddeleme kuvveti ise Şekil 2(b)'de gösterilmiştir. Yağlayıcı kullanılan şartlarda yapılan temper haddeleme işleminde haddeleme kuvveti, kuru ortam şartlarında yapılan temper haddelemeye göre daha az olduğu görülmektedir. Bu durum literatürde bulunan çalışmaların sonuçları ile desteklenmektedir (Zhang ve Lenard, 1992; Dick ve Lenard, 2005). Ayrıca, yağlayıcının merdane ile malzeme ara yüzeyinde film tabaka oluşturması neticesinde merdane pürüzlülük profilinin (tepeler ve vadiler) sac malzeme yüzeyine sirayet edememesine ve bu sayede haddeleme kuvvetinin daha az değerler almasına neden olduğu söylenebilir. Haddeleme kuvvetinin az olması merdane ömrünün daha uzun olması için önemlidir. Dolayısıyla yağlı koşullarda yapılan temper haddelemede merdane ömrü açısından bu avantajı da beraberinde getireceği söylenebilir. Elde edilen bulgular doğrultusunda haddeleme kuvveti ile pürüzlülük transfer oranı arasında bir ilişki olduğu söylenebilir.



(a)



(b)

Şekil 2. Kuru ve yağlı şartlarda yapılan temper haddelmede (a) Malzeme yüzeyine aktarılan pürüzlülük transfer oranı (PTO), (b) Haddelme düzeneğinden okunan yükten elde edilen haddelme kuvveti

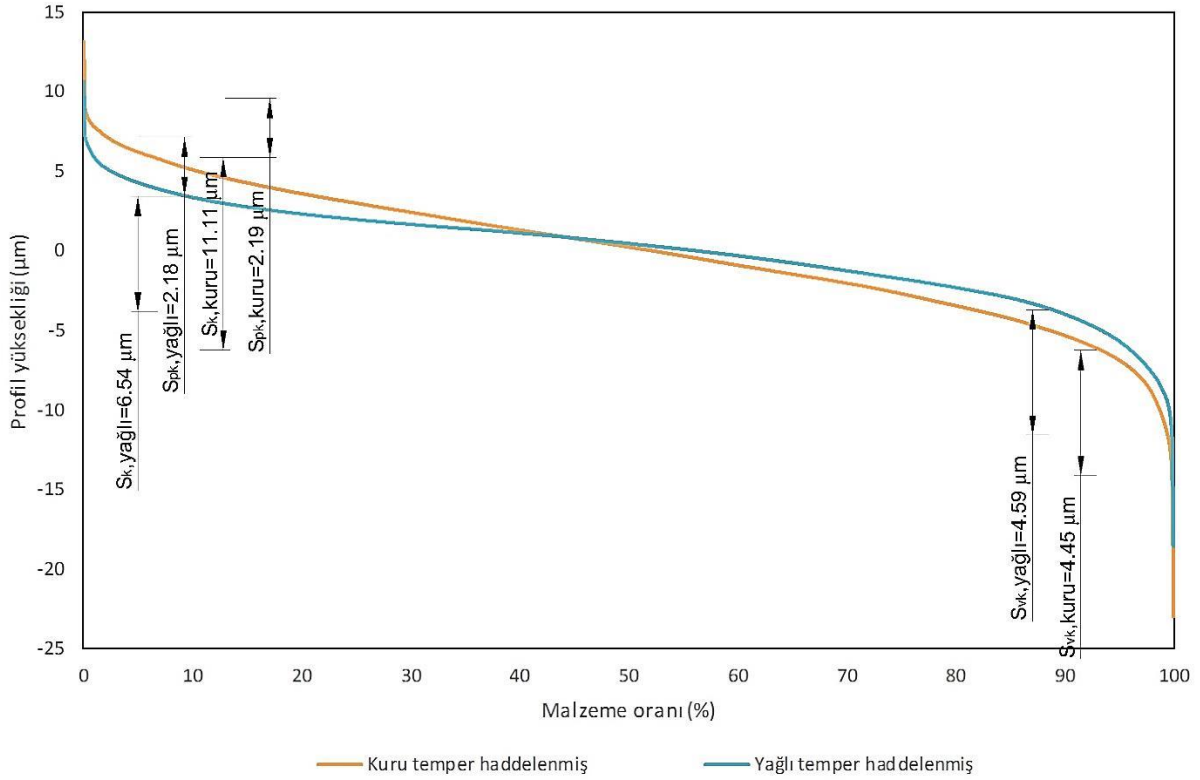
Otomotiv saclarının pürüzlülük profilinde bulunan tepeler ile vadilerin homojen bir şekilde dağılım göstermesi, sac malzemenin boyanabilme ve şekillendirme kabiliyeti için önemlidir (Elkoca, 2008). Kuru ve yağlı şartlarda malzemenin yüzeyinden alınan 3D pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen pürüzlülük parametreleri Tablo 3'te verilmiştir. S_k parametresi çekirdek pürüzlülüğü olup kuru şartlarda yapılan temper haddelmede elde edilen profil yüksekliği, yağlı temper haddelmeden yaklaşık % 70 daha fazladır. Yani kuru şartlarda yapılan temper haddelmede yağlı temper haddelmeye göre profil yüksekliği daha fazla olan tepe ve vadilerin oluşum gösterdiği söylenebilir. S_{pk} ve S_{vk} parametreleri sırasıyla çekirdek pürüzlülüğüne (S_k) ilave edilecek olan tepelerin yüksekliği ve vadilerin derinliğini göstermektedir. Bu değerler her ne kadar kuru ve yağlı

temper haddeleme koşullarına göre birbiri ile dengeli olsa da yine kuru şartlarda yağlı şartlara göre tepe ve vadi oluşumunun daha fazla olduğunu ve homojen dağılımın yağlı koşullarda yapılan temper haddelemede daha fazla olduğu söylenebilir. Kuru şartlarda yapılan temper haddelemede elde edilen çekirdek pürüzlülüğünün (R_k), iki farklı yağlayıcı (soğuk hadde yağlayıcı ve temper hadde yağlayıcı) ile elde edilen çekirdek pürüzlülüğüne (R_k) kıyasla daha fazla olduğu sonucu elde edilen bu bulguyu doğrular niteliktedir (Kijima, 2015b).

Tablo 3. 3D pürüzlülük ölçümü ile elde edilen pürüzlülük parametreleri

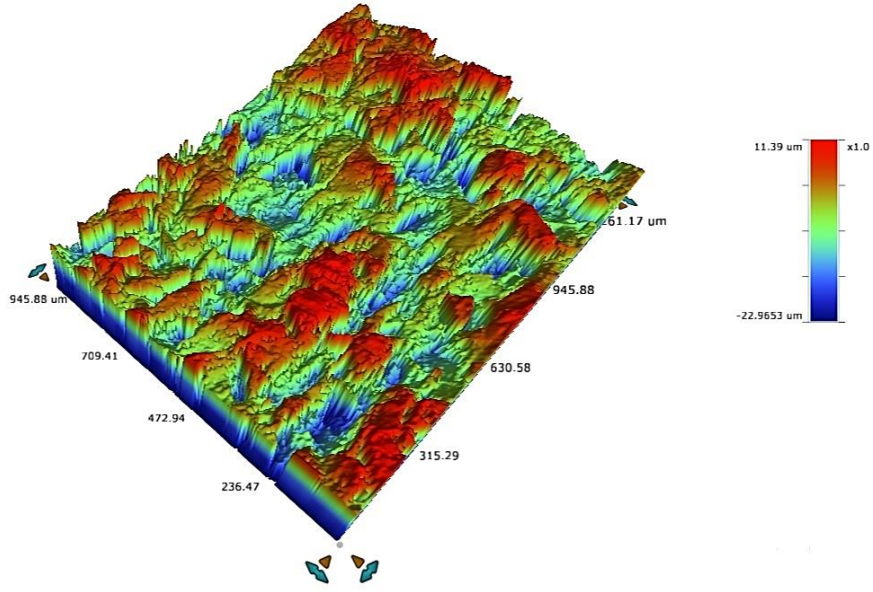
Parametre/Koşul	Kuru	Yağlı
S_k (μm)	11.11	6.54
S_{pk} (μm)	2.18	2.19
S_{vk} (μm)	4.45	4.59

Şekil 3'te kuru ve yağlı şartlarda yapılan temper haddeleme neticesinde, pürüzlülük parametrelerinden elde edilen profil yüksekliği-malzeme oranı eğrisi (MRC) görülmektedir. Tablo 3'te verilen parametreler eğri üzerinde gösterilmiştir. Şekil 3'te kuru temper haddelemede sac malzeme yüzeyinde meydana gelen pürüzlülük profili incelendiğinde yağlı temper haddelemeye göre daha yüksek tepe ve daha derin vadilerin oluştuğu ($S_{k,kuru} > S_{k,yağlı}$) görülmektedir. Yüksek tepeler şekillendirme esnasında sorun teşkil edecek (yüksek güç sarfiyatı, yüksek sürtünme vb.) ve derin vadiler boyama esnasında tam doldurulamayarak birtakım olumsuzluklar (korozyon, boya miktarında artış vb.) meydana gelecektir. Dolayısıyla yağlı şartlarda yapılan temper haddelemede sac malzeme üzerindeki pürüzlülük dağılımının kuru şartlarda yapılan temper haddelemeye göre daha homojen olduğunu göstermektedir. Bu duruma benzer bulgular Çolak ve Kurgan (2018) tarafından, yüzeylerden alınan pürüzlülük ölçümlerinin standart sapmaları değerlendirilerek verilmiştir.

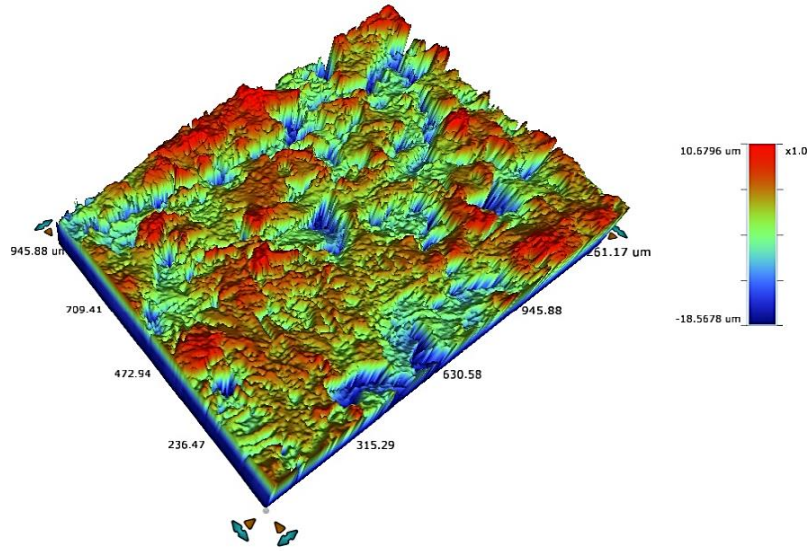


Şekil 3. Pürüzlülük parametrelerinden elde edilen profil yüksekliği-malzeme oranı eğrisi (MRC)

Şekil 4'te kuru ve yağlı şartlarda temper haddelenmiş malzeme yüzeylerinden alınan 3D pürüzlülük görüntüleri görülmektedir. Şekil 4(a)'da kuru temper haddelenmiş malzemede tepelerin maksimum yüksekliği ($11.39 \mu\text{m}$) ile vadilerin maksimum derinliğinin ($-22.97 \mu\text{m}$), Şekil 4(b)'de yağlı temper haddelenmiş malzemede tepelerin maksimum yüksekliği ($10.68 \mu\text{m}$) ile vadilerin maksimum derinliğinden ($-18.57 \mu\text{m}$) fazla olduğu görülmektedir. Bu görüntüler değerlendirildiğinde kuru şartlarda temper haddelenmiş malzemede yağlı temper haddelenmiş malzemeye göre daha yüksek tepe ve daha derin vadi oluşumu meydana geldiğini göstermektedir. Bununla birlikte, kuru temper haddelenmiş malzemede tepe ve vadi oluşum miktarının (kırmızı ve mavi renkler) yağlı temper haddelenmiş malzemeye göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu görüntüler elde edilen diğer bulguları doğrulamaktadır. Dolayısıyla yağlı temper haddeme koşullarında kuru temper haddeme koşullarına göre daha homojen bir pürüzlülük dağılımı meydana geldiği söylenebilir.



(a) Kuru temper haddelenmiş



(b) Yağlı temper haddelenmiş

Şekil 4. Temper haddelenmiş malzeme yüzeylerinden alınan 3D pürüzlülük görüntüleri, (a) Kuru temper haddelenmiş, (b) Yağlı temper haddelenmiş

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada otomotiv ve beyaz eşya sektöründe yoğun bir şekilde kullanılan şekillendirme kabiliyeti yüksek olan DC04 kalite sac malzemelere temper haddeme ile pürüzlülük transferinde yağlayıcının etkisi (mineral yağ) deneysel olarak incelenmiştir. 500 µm ezme miktarında yapılan

deneylede kuru ve yağlayıcı kullanılan şartlarda pürüzlülük transfer oranı, pürüzlülük parametreleri, malzeme oranı eğrileri (MRC) ve 3D alan tarama görüntüleri birlikte değerlendirilmiş ve aşağıda sunulan sonuçlara varılmıştır.

- Yağlı ortam koşullarında yapılan temper haddemede kuru şartlarda yapılan temper haddemeye göre pürüzlülük transfer oranının daha az olduğu sonucuna varılmıştır.
- Haddeme kuvveti ile pürüzlülük transfer oranı arasında bir paralellik olduğu ve yağlı koşullarda yapılan temper haddemede haddeme kuvveti kuru şartlarda yapılan temper haddemeye göre daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece yağlı şartlarda yapılan temper haddemede kuru şartlara göre merdane ömrünün daha uzun olabileceği sonucuna varılmıştır.
- Kuru şartlarda yapılan temper haddemede yağlı şartlarda yapılan temper haddemeye göre daha yüksek tepe ve daha derin vadilerin olduğu gözlemlendi. Bu durumun şekillendirme ve boyama esnasında birtakım sorunlara (yüksek güç sarfıyatı, yüksek sürtünme, boya miktarında artış, korozyon vb.) neden olabileceği sonucuna varılmıştır.
- Yağlı şartlarda yapılan temper haddemede sac malzeme üzerindeki pürüzlülük dağılımının kuru şartlarda yapılan temper haddemeye göre daha homojen olduğu sonucuna varılmıştır.

Yazarların Katkısı

Çalışmada her iki yazar da eşit oranda katkı sunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Teşekkür

Yazarlar, Ondokuz Mayıs Üniversitesi PYO. MUH.1904.19.013 proje numarası ve TÜBİTAK “2211-C” tarafından sağlanan destekler ile Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesinin laboratuvar destekleri ve ERDEMİR T.A.Ş.’nin malzeme bağışları için teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Burdek, M. (2015). The change of work roll surface topography during skin pass rolling of steel sheets. *Industrial Lubrication and Tribology*, 67(6), 606-611.
- Çolak, B., and Kurgan, N. (2018). An experimental investigation into roughness transfer in skin-pass rolling of steel strips. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96, 3321-3330.
- Dick, K., and Lenard, J. G. (2005). The effect of roll roughness and lubricant viscosity on the loads on the mill during cold rolling of steel strips. *Journal of Materials Processing Technology*, 168(1), 16-24.
- Elkoca, O. (2008). A study on the characteristics of electrical discharge textured skin pass mill work roll. *Surface and Coatings Technology*, 202(12), 2765-2774.
- Fujii, Y., Maeda, Y., and Ifuku, R. (2014). Prediction of surface roughness on rolled sheet by texture roll. *Procedia Engineering*, 81, 161-166.
- Kijima, H., and Bay, N. (2009). Influence of tool roughness and lubrication on contact conditions in skin-pass rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(10), 4835-4841.
- Kijima, H. (2013). Influence of roll radius on contact condition and material deformation in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 213(10), 1764-1771.
- Kijima, H. (2014). Influence of roll radius on roughness transfer in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 214(5), 1111-1119.
- Kijima, H. (2015a). Influence of lubrication on roughness crushing in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 216, 1-9.
- Kijima, H. (2015b). An experimental investigation on the influence of lubrication on roughness transfer in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 225, 1-8.
- Mekicha, M. A., de Rooij, M. B., Jacobs, L., Matthews, D. T. A., and Schipper, D. J. (2020). Experimental validation of contact models for cold-rolling processes. *Journal of Materials Processing Technology*, 275, 116371.
- Nagase, N., Shido, S., and Yarita, I. (2009). The Effect of Soluble Lubricant on Surface Imprinting in Temper Rolling by 4 Hi Rolling Mill. *ISIJ International*, 49(6), 881-889.
- Özakın, B., and Kurgan, N. (2019). Temper Haddedeleme Pürüzlülük Transferini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesine Yönelik Bir Derleme Çalışması. *International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering*, 1(2), 67-78.
- Wentink, D. J., Matthews, D., Appelman, N. M., and Toose, E. M. (2015). A generic model for surface texture development, wear and roughness transfer in skin pass rolling. *Wear*, 328, 167-176.
- Wu, C., Zhang, L., Qu, P., Li, S., and Jiang, Z. (2019). A new method for predicting the three-dimensional surface texture transfer in the skin pass rolling of metal strips. *Wear*, 426, 1246-1264.
- Xia, C., Zhang, X., Zhang, J., Li, H., and Jia, S. (2017). Evolution on topography of textured work rolls and steel strips during cold rolling and temper rolling. *Steel Research International*, 88(9), 1600469.
- Xin, L. I. U., Yu, W. G., Zhang, Q. F., and Jiang, S. M. (2014). Influence of surface roughness of galvanized steel sheet on self-lubricated coating. *Journal of Iron and Steel Research International*, 21(3), 342-347.
- Zhang, S., and Lenard, J. G. (1992). The effects of the reduction, speed and lubricant viscosity on friction in cold rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, 30(2), 197-209.