SENSÖR KABLOLU HELEZONİK JİLETLİ TEL ŞEKİLLENDİRME İŞLEMİNİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMIYLA ANALİZİ

M. Hüsnü DİRİKOLU[1], Onur ER[2]

[1]İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İstanbul / Türkiye

[2]Kösedağ Tel Örme Çit San. ve Tic. İth. İhr. A.Ş., Ar-Ge Merkezi, İstanbul / Türkiye

Öz: Klasik helezonik jiletli tel ürünü fiziki güvenlik tedbiri olarak genellikle askeri bölgeler, endüstriyel tesisler, sınırlar, enerji nakil hatları gibi yüksek güvenlik gerektiren bölgelerde sıklıkla kullanılmaktadır. "V" şekilli bir konsol üzerinde kullanılabildiği gibi bir çit sisteminin üstüne, altına ve/veya ortasına yerleştirilerek de güvenlik seviyesi artırılabilmektedir. Endüstri 4.0 ve dijitalleşmeyle birlikte güvenlik seviyelerinin daha da artırılması için sensörle veri algılama ve iletme teknolojilerinin fiziki güvenlik ürünlerinde de kullanımına yönelik ihtiyaç vardır. Bu bakımdan, geleneksel jiletli tel ürünlerinin sensör ve kablolarıyla birlikte kullanımına ilişkin araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması gerekir. Kösedağ Tel Örme Çit San. ve Tic. İth. İhr. A.Ş. (Kösedağ) işletmesi pazar ve müşteri taleplerinden yola çıkarak özellikle sürdürülebilir rekabet için bu konuda da çalışmalar yürütmekte ve Tübitak-Teydeb kurumu tarafından desteklenen bu çalışmada, sensör vb. veri algılama ve iletme kabloları ile geleneksel jiletli tel ürününün bir arada kullanımını sağlamak için mevcut jiletli tel şekillendirme işleminin bir modifikasyonu yapılmıştır. Şekillendirme usulü olarak roll-form prosesi kullanılmıştır. Bu proses, Bilgisayar Destekli Mühendislik (BDM) yaklaşımıyla analiz edilmiş ve sensör kablolu jiletli tel üretim makinesinin roll-form tasarımına esas olacak şekillendirme kriterleri ve tambur kalıpları bilimsel yaklaşım yardımıyla tespit edilmiştir. Analiz çalışmasından elde edilen çıktıların prototip üretilen jiletli tel üretim makinesi – roll-form grubu üzerinden tasarım doğrulaması yapılmış olup, böylece çalışmanın çıktılarının sanayide de uygulanabilir olduğu kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Helezonik Jiletli Tel, Roll-Form, Bilgisayar Destekli Mühendislik

GİRİŞ VE KURAMSAL ÇERÇEVE

Helezonik jiletli tel, helisel silindirik şekil verilmiş, iç hat çelik teli üzerine şerit sac sarılarak imal edilen bir tel grubudur. Yüksek güvenliğin önemli olduğu yerlerde hem zorla içeri girme girişimine karşı direnç göstermesi hem de caydırıcı özelliğine sahip olmasından dolayı sıklıkla kullanılmaktadır. Şekil 1'de, standart helezonik jiletli tel ürününün fotoğraf görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1. Helezonik Jiletli Tel[1]

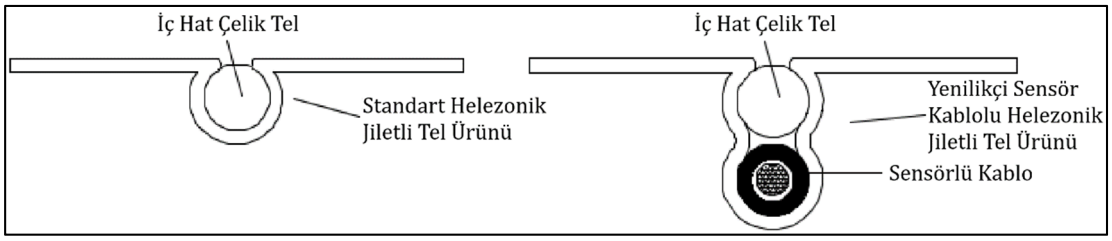
Sensör kablolu helezonik jiletli tel ise standart helezonik jiletli tel ile sensörlü bir kablonun bir araya getirilmesiyle oluşturulan bir ürün grubudur. Bu üründe şerit sac içine iç hat çelik teline ilave olarak sensörlü bir kablo da sarılmaktadır. Şekil 2'de, yenilikçi sensör kablolu helezonik jiletli tel ürününün fotoğraf görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. Sensör Kablolu Helezonik Jiletli Tel

Bu 2 ürün arasındaki şekilsel farkı daha iyi anlamak için, Şekil 3'de, helezonik jiletli ve sensör kablolu helezonik jiletli tellerin kesitlerine ait görseller verilmiştir.

[1] https://www.kosedag.com.tr/tr/urun/helezon-jiletli-tel



Şekil 3. Helezonik Jiletli ve Sensör Kablolu Helezonik Jiletli Tellerin Kesitlerine ait Görseller (Patent, 2011)

Literatür tarandığında, doğrudan sensör kablolu helezonik jiletli tel unsuruyla ilgili kayda değer herhangi bir literatür verisine ulaşılamamıştır. Ayrıca, sensör kablosunun helezonik jiletli telle birlikte kullanılmadığı ve bunun yerine doğrudan çit, panel üzerinden harici bir kablo olarak geçirilerek kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Bununla birlikte, bu tür uygulamalarda sensör kablosu açık bir hedef olarak risk oluşturabilmekte hem sistemin çalışmasında aksaklıklar hem de düşman ataklarına karşı zafiyet meydana gelebilmektedir.

Sensör kablolu helezonik jiletli telin formunu oluşturmak için plastik şekil verme yöntemi kullanılmaktadır. Roll-form prosesiyle uygun şekilde tasarlanmış makaralar arasından geçen tele proses sonrası istenen form verilmektedir. Bu roll-form grubunda genel olarak düzeltme, esas formu verme ve ütüleme gibi makara grupları bulunmaktadır. Roll-form ile şekillendirme, oda sıcaklığında malzemenin kalınlığını değiştirmeden çok sayıda konturlu merdane çifti ile düz, uzunlamasına, paralel büküm hatları boyunca sac levha şeridi oluşturmak olarak tanımlanmaktadır (Halmos, 2005).

AMAÇ

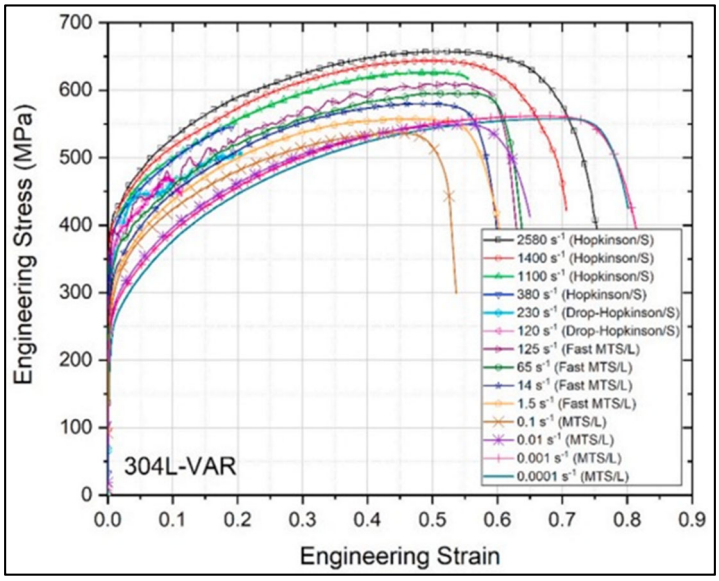
Bu çalışmada, sensör vb. veri algılama ve iletme aletlerinin kabloları ile geleneksel jiletli tel ürününün bir arada kullanımını sağlamak için mevcut jiletli tel şekillendirme işleminin bir modifikasyonu yapılarak, Bilgisayar Destekli Mühendislik (BDM) yaklaşımıyla sensör kablolu jiletli tel üretim makinesinin roll-form tasarımına esas olacak şekillendirme kriterlerinin ve tambur kalıplarının bilimsel yaklaşım yardımıyla tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, çalışma çıktılarının sanayide kullanılabilir nitelikte olması esas alınmıştır.

KAPSAM

Bu çalışmada, sensör kablolu jiletli tel ürününün şekillendirme aşamalarının BDM ortamında elastik-plastik malzeme modeliyle analizi esas alınmış olup, jilet malzemesi olarak 1.4307 (304L) östenitik paslanmaz çelik seçilmiştir.

YÖNTEM

Jiletli tel üretim makinesinin kapasitesine istinaden şekillendirme operasyonunun imalat hızı 25 m/dk olarak ayarlanmıştır. Bundan dolayı, 304L çeliği için yüksek gerinim hızlarındaki (strain rate) gerçek şekil değiştirme eğrileri kullanılmıştır. Şekil 4'te, bu eğriler grafik olarak verilmiştir.



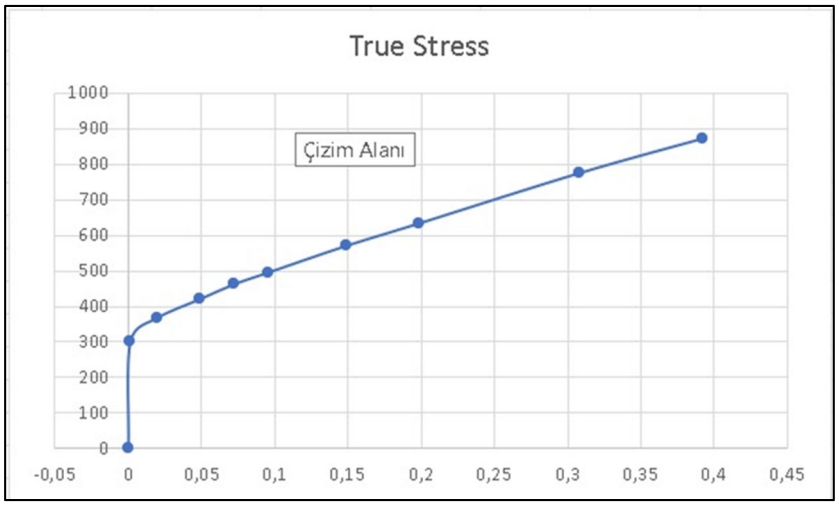
Şekil 4. Yüksek Gerinim Hızlarındaki Gerçek Şekil Değiştirme Eğrileri (Jin et al., 2021).

Şekil 4'ten, 14 sn^{-1} ve 65 sn^{-1} aralığındaki değerlerden 27 sn^{-1} gerinim hızı (strain rate) elde edilerek kullanılmıştır. Buradan elde edilen veriler ile operasyonuna uygun olan gerinim hızındaki mühendislik gerilme-gerinim verileri Tablo 1'de verilen halleriyle gerçek gerilme-gerçek gerinim değerlerine dönüştürülmüştür.

Tablo 1. 25 m/dk Şekillendirme Hızındaki (Gerinim hızı = 27 sn^{-1}) 304L Malzemesinin Gerçek Gerilme-Gerçek Gerinim Verileri

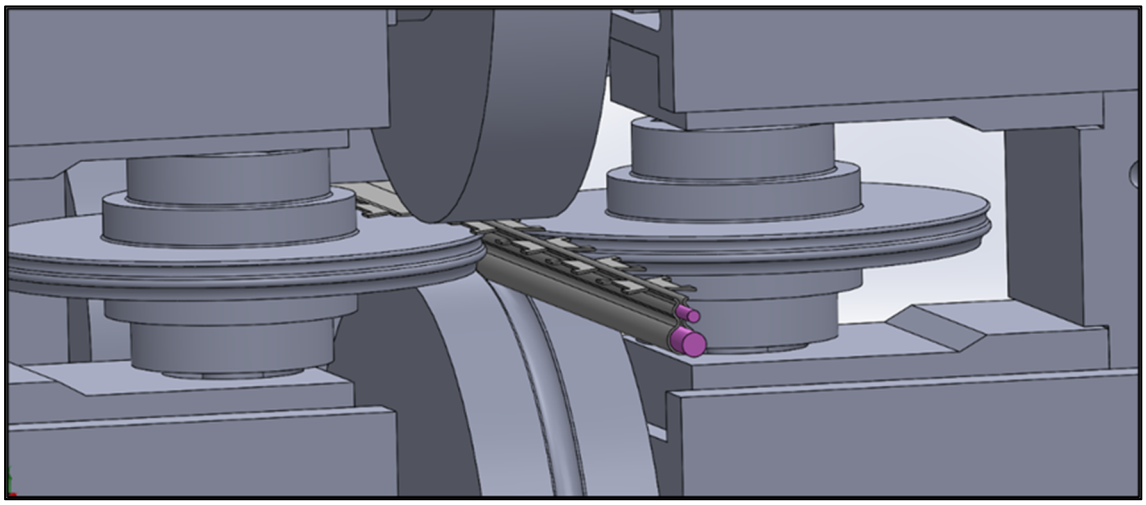
Müh. Gerilmesi	Müh. Gerinimi	Gerçek Gerinim	Gerçek Gerilme
0	0	0	0
300	0,0014	0,001339	300,42
360	0,02	0,0198026	367,2
400	0,05	0,0487902	420
430	0,075	0,0723207	462,25
450	0,1	0,0953102	495
475	0,16	0,14842	570
520	0,22	0,1988509	634,4
570	0,36	0,3074847	775,2
590	0,48	0,3920421	873,2

Tablo 1'deki veriler Şekil 5'te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 5. 304L Çeliği için 27 sn^{-1} gerinim hızındaki Gerçek Gerilme-Gerçek Gerinim Grafiği

Sensör kablolu helezonik jiletli tel üretimi için 3 (üç) kademeden oluşan bir roll-form prosesi tasarlanmıştır. Örnek olarak, Şekil 6'da, son kademe olan 3. kademeye ve proses çıktısı sensör kablolu helezonik jiletli tel ürününe ait temsili bir görsel verilmiştir.

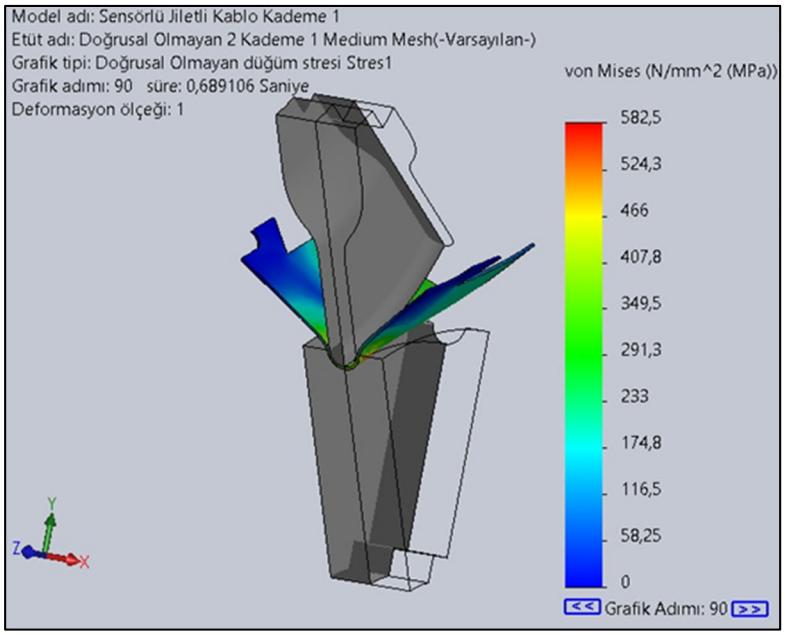


Şekil 6. Roll-Form Prosesinin 3. Kademesi (Son Kademe) ve Sensör Kablolu Helezonik Jiletli Tel Ürününe İlişkin Temsili Bir Görsel

1. kademede sensör kablosunun yuvası şekillendirilmektedir. 2. kademede sensör kablosunun kapanması ve telin yerleştirilmesi sağlanmaktadır. 3. kademede ise telin kapanması ve jilet formunun verilmesi yapılmaktadır. Çalışmada, bu roll-form prosesini simüle etmek için Solidworks Simulation Premium yazılımı kullanılmıştır.

BULGULAR

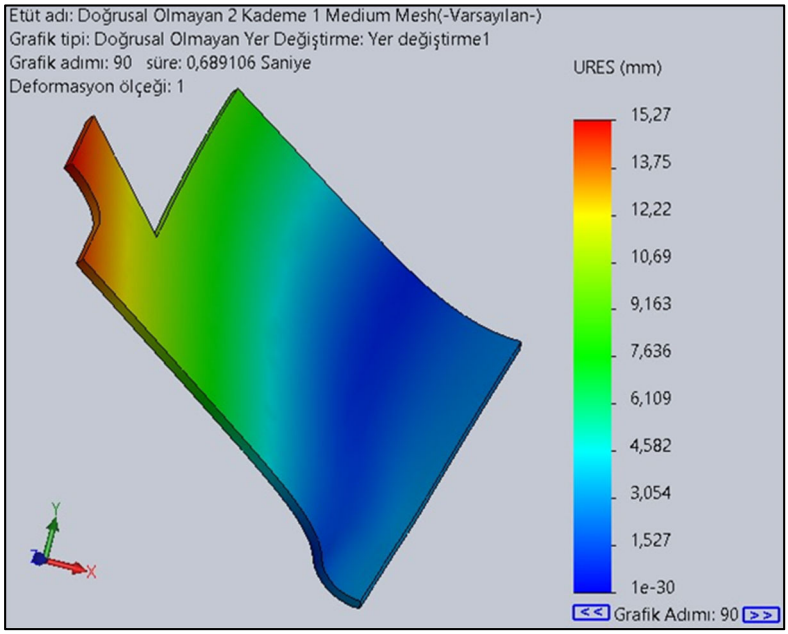
Şekil 7'de, 1. kademede elde edilen nihai plastik gerilmeler ve deformasyonlar gösterilmiştir.



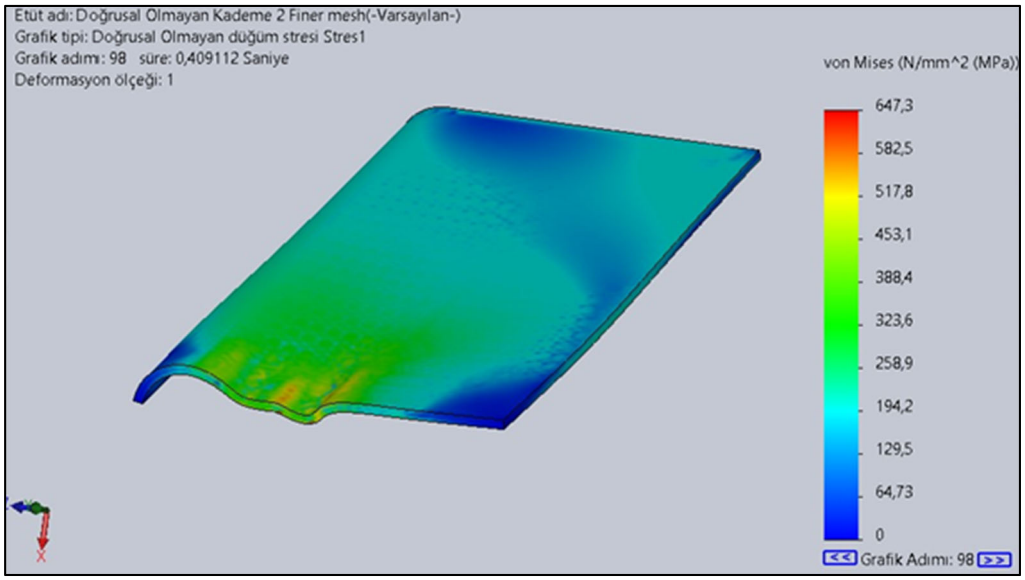
Şekil 7. 1. Kademede Elde Edilen Nihai Plastik Gerilmeler ve Deformasyonlar

Şekil 7'den, gerilmelerin plastik bölgede kaldığı görülebilmektedir. Kalıntı gerilmelerin etkisinin aşırı yükleme yaklaşımıyla (Şekillendirme kalıbına ve böylece sac malzemeye aşırı kuvvet uygulanarak) asgari düzeye indirgendiği kabul edilmiştir.

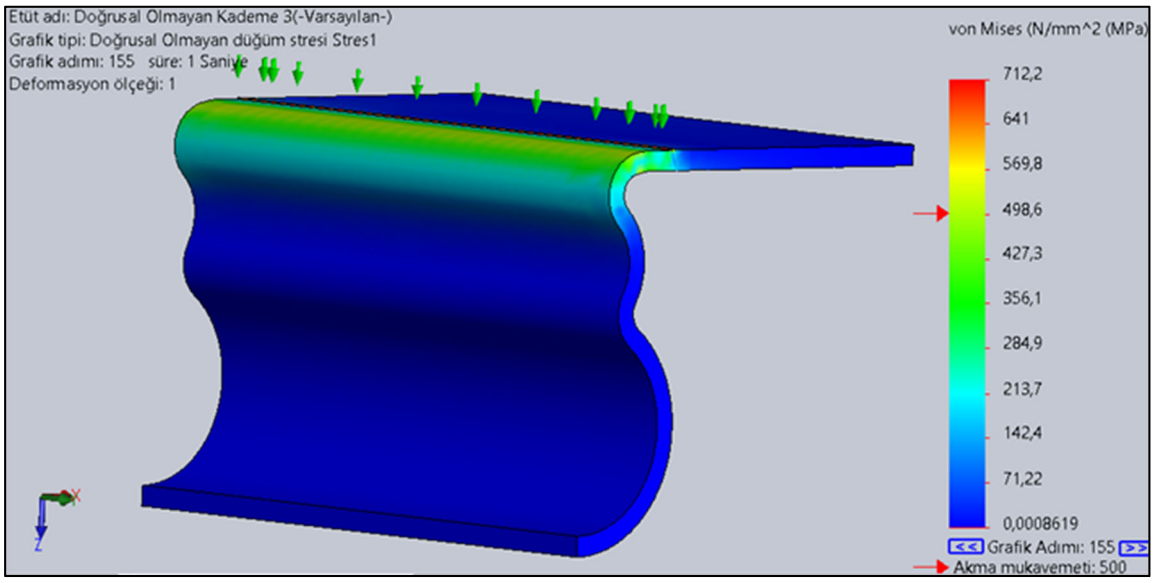
Şekil 8, 9 ve 10'da, sırasıyla, 1., 2. ve 3. kademelerin şekillendirilmesindeki plastik gerilme ve şekil değiştirmeler detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 8. 1. Kademe Şekillendirmeye Ait Plastik Gerilme ve Şekil Değiştirme



Şekil 9. 2. Kademe Şekillendirmeye Ait Plastik Gerilme ve Şekil Değiştirme



Şekil 10. 3. Kademe Şekillendirmeye Ait Plastik Gerilme ve Şekil Değiştirme

Analiz çalışmalarının çıktılarından, her 3 (üç) kademenin plastik gerilmelerine dayanarak malzemenin akma sınırı ve çekme mukavemeti arasında deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.

SONUÇ

Bu çalışmada sensör vb. veri algılama ve iletme kabloları ile geleneksel jiletli tel ürününün bir arada kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca sensör kablolu jiletli tel üretim makinesinin roll-form tambur ve şekillendirme kalıplarının Sonlu Eleman BDM yaklaşımıyla tasarlanabileceği görülmüştür. Analiz çalışmalarının çıktılarına istinaden şekillendirmeye esas tüm roll-form kademelerinde malzeme üzerindeki gerilmelerin

plastik bölgede kaldığı ve böylece amaçlanan unsurlara ulaşıldığı sonucuna varılmıştır. Netice olarak BDM analiz çıktılarının sanayide kullanılabileceği ve faydalı ürünler ortaya konabileceği sonucuna varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Kösedağ Tel Örme Çit San. ve Tic. İth. İhr. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, 3220774 kodlu ve "Titreşim Sensörlü Helezonik Jiletli Kablo İmalat Sistemi Prototipinin Geliştirilmesi" konulu projeyi desteklediği için TÜBİTAK-TEYDEB kurumuna teşekkürü bir borç bilmektedir.

KAYNAKÇA

Halmos, G. T. (2005). Roll forming handbook. Crc Press. https://doi.org/10.1201/9781420030693

Jin, H., Sanborn, B., Lu, W. Y., & Song, B. (2021). Mechanical characterization of 304L-VAR stainless steel in tension with a full coverage of low, intermediate, and high strain rates. Mechanics of Materials, 152, 103654.

Patent. (2011). Barbed Tape with Sensor Conductor and Reinforcement Wire, EP2251116B1.

İNTERNET KAYNAKLARI

https://www.kosedag.com.tr/tr/urun/helezon-jiletli-tel (E.T. 13.09.2024)