

KRANK KASNAKLARINDA KULLANILAN KAÜÇÜK RİNGİN FARKLI ÜRETİM TEKNİKLERİ İLE YAPIŞMA MUKAVEMETİNİN İNCELENMESİ

ANALYSIS OF THE ADHESION STRENGTH OF RUBBER RING USED IN CRANKSHAFT PULLEY WITH DIFFERENT PRODUCTION TECHNIQUES

Cihangir KAPLAN , Mesut ARIKOĞLU , Cem GÜLEÇ , Ece ÖZLÜ 

Kentpar Otomotiv, Selçuklu / Konya

Geliş Tarihi / Received: 26.11.2020
Kabul Tarihi / Accepted: 23.12.2020

Araştırma Makalesi/Research Article
DOI: 10.38065/euroasiaorg.373

ÖZET

Krank kasnağı, içten yanmalı motorlarda krank milinde meydana gelen burulma titreşimlerini azaltan ve torsiyonel hareketin motor düzeneğine vereceği zararı sönümlemek için kullanılan bir ayarlı kütle sönümleyicidir. Krank kasnaklarındaki sönümleme yeteneği kasnak üzerinde bulunan kauçuk yardımı ile gerçekleşir. Kauçukların mekanik özellikleri yanı sıra imalat ve montaj aşamalarındaki rijitlikleri önemlidir. Yapılan literatür araştırmalarına göre kauçukların sönümleme yetenekleri imalat metoduna bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Bu çalışmada, krank kasnaklarında kullanılan kauçuk ring için iki farklı sıkı geçirme metodu incelenmiştir. İncelenen proseslere mekanizasyon yöntemi uygulanmıştır. İki farklı metotla üretilen krank kasnaklarının mekanizasyon öncesi ve sonrası testleri gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Krank kasnağı, sıkı geçirme, yapıştırma

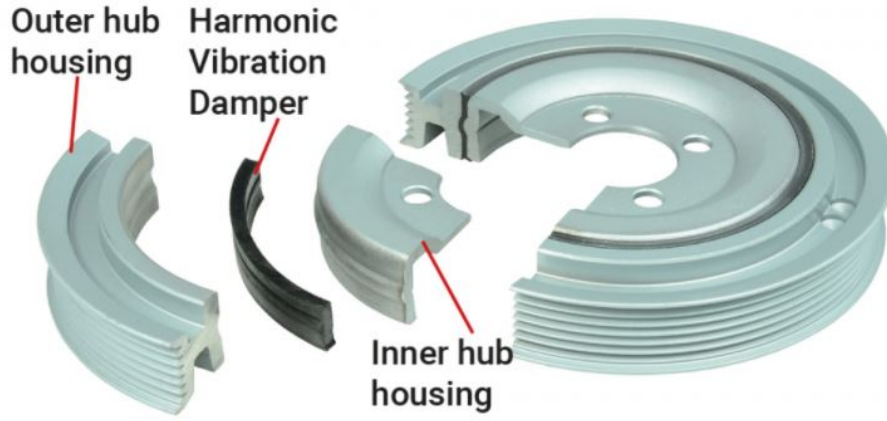
ABSTRACT

The crank pulley is a tuned mass damper that is used to reduce torsional vibrations in the crankshaft in internal combustion engines and to dampen the damage of torsional movement to the engine assembly. The damping ability of the crank pulleys is realized with the help of the rubber on the pulley. In addition to the mechanical properties of rubbers, their rigidity during the manufacturing and assembly stages is important. According to the literature researches, it is known that the damping capabilities of rubbers change depending on the manufacturing method. In this study, two different tight fit methods for rubber rings used in crank pulleys were examined. The mechanization method was applied to the investigated processes. Before and after mechanization tests of the crank pulleys produced by two different methods were carried out and the results were discussed.

Keyword: Cranshaft pulley, push fit, adhesive

1. GİRİŞ

Krank kasnakları içten yanmalı motorlarda burulma titreşimlerini azaltmak ve krank gücünü motor ön aksamındaki kayış kasnak ve diğer ekipmanlara aktarmak için kullanılan bir motor parçasıdır. Farklı tiplerine rağmen krank kasnağının ana amacı burulma titreşim genliğini kabul edilebilir seviyelere indirmektedir (Silva ve ark. 2019). İleri mühendislik tekniklerinin kullanılması ve üretim teknolojisinin gelişmesiyle birlikte krank kasnağı tasarımında gelişmeler sürekli devam etmektedir (Homik 2011). Krank kasnağı temelde göbek, kauçuk ring ve kanallı olmak üzere üç parçadan oluşmaktadır. Bu tür kasnaklara tek modlu krank kasnağı denilmektedir. Şekil 1’de krank kasnağının parçaları gösterilmektedir.



Şekil 1. Krank Kasnağı Görünümü

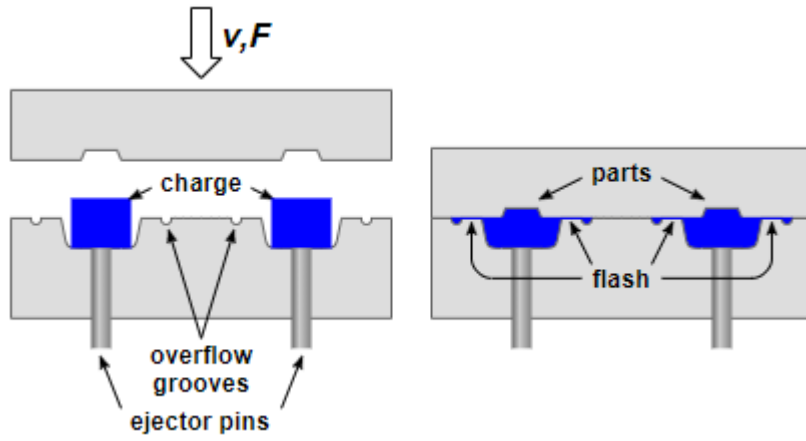
Kauçuk ring bu parçalar içinde en önemli bileşendir. Burulma titreşimlerin sönümlenmesi kauçuk ring vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Bu aşamada kauçuk ringin göbek ve kanallı arasındaki konumu ve montajlanması büyük önem taşımaktadır. Kauçuk ringin doğru bir yöntemle göbek ve kanallı arasında konumlanması gerekir. Bu da krank kasnağının ömrünü ve dayanımını belirlemektedir. Kauçuk ring, göbek ve atalet kütlesi(kanallı) ile bir bağlantı sağlamaktadır. Bu bağlantıyı sağlamak için sıkı geçirme ve kauçuk enjeksiyon prosesleri kullanılmaktadır. Sıkı geçirme prosesinde, kauçuk ring ilk olarak sıcak enjeksiyon preslerinde üretimi gerçekleştirilir. Kauçuk ring, göbek-kanallı arasına özel wax içermeyen yağ ve yük kontrollü pres yardımıyla sıkı geçirme operasyonu gerçekleştirilir. Bir diğer proses sıcak enjeksiyon preslerinde gerçekleştirilir. Kauçuk, enjeksiyon ile göbek-kanallı arasında bulunan kalıp boşluğuna doldurularak vulkanizasyon işlemi yapılır.

Doğal, sentetik poliizopren, SBR, bütül, polibütadien, neopren, EPDM ve nitril gibi kauçukların metale yapıştırılmasında farklı üretim teknikleri vardır (Durmuş 2005). Bu çalışmamızda, tek modlu krank kasnağında bulunan kauçukların yapıştırılması için Post Vulcanisation Bonding yöntemi kullanılmıştır. Post vulcanisation bonding yönteminde yapıştırıcıya kürleme işlemi yapılmaktadır (Crowther 2001). Kürleme, belirli süre ve sıcaklıkta bir dizi kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirilerek metal-kauçuk arasında bir bağ oluşumu sağlamaktadır. Bu proses sayesinde kauçuk ring, krank mili üzerinden gelen burulma titreşimlerine karşı dayanımını arttırmış olur.

2. MATERYAL ve METOT

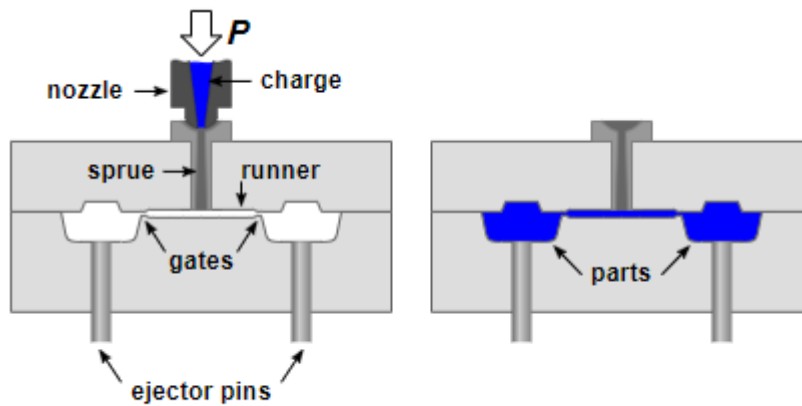
2.1. Kauçuk Prosesleri

Kauçuk malzemelerde üretim, üç boyutlu bağların bir dizi karmaşık kimyasal reaksiyonlara sahip ısı transfer işlemi; prosesidir (Ghoreishy ve ark). Kauçuk üretiminde iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, açık kalıplama ve enjeksiyon kalıplama olarak da bilinmektedir (Sommer 2009). Açık kalıplamada nihai ürünün şeklindeki kalıp boşluğuna kauçuk yerleştirilerek kalıplama işlemi gerçekleştirilir. Açık kalıplama geleneksel bir yöntemdir. Şekil 2’de açık kalıplama örneği gösterilmektedir.



Şekil 2. Açık kalıplama yöntemi (wikipedia 2020)

Enjeksiyon kalıplama daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Kauçuk, enjeksiyon ile kalıp boşluğuna doldurma işlemi gerçekleştirilir. Bu enjeksiyon sırasında kauçuğa ön ısıtma yapılarak süzdürücülerden akıtılır. Bu özelliğe sahip olmasından dolayı seri üretimde kauçuk enjeksiyon presleri kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında kauçuklar enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmiştir.



Şekil 3. Enjeksiyon kalıplama yöntemi (wikipedia 2020)

2.2. Yapıştırma Prosesi

Krank kasnaklarında kullanılan kauçuklar belirli bir kalınlığa sahiptir. Kauçuklar görevini yerine getirmesi için metale bağlanması gerekmektedir. Bu bağlama işlemi için kullanılacak yapıştırıcı doğru seçilmelidir. Kauçuk yapıştırmada iki farklı yöntem kullanılır. Bunlar; vulkanizasyon sırasında ve sonrasında yapılan yapıştırma. Vulkanizasyon sırasında yapılan işlem geleneksel üretim yöntemidir. Metal, alüminyum vb. malzemeler çeşitli ön işlemler yapılarak sıcak enjeksiyon preslerinde metal-kauçuk bağlantısı gerçekleştirilir. İkinci yöntem ise kauçuk ring vulkanizasyon ile üretilir. Metal yüzeylere rulo, fırça vb. metotları kullanılarak sürülür. Metal ile kauçuk arasındaki bağ belirli süre ve sıcaklıkta gerçekleşir (Crowther 2001).

2.3. Yapıştırma Prosesinde Mekanizasyon Yöntemi

Krank kasnaklarında kullanılan metal ve kauçuk ringe mekanizasyon yöntemi uygulanmıştır. Mekanizasyon yöntemi kimyasal ve mekanik olmak üzere iki türde yapılır. Kimyasal

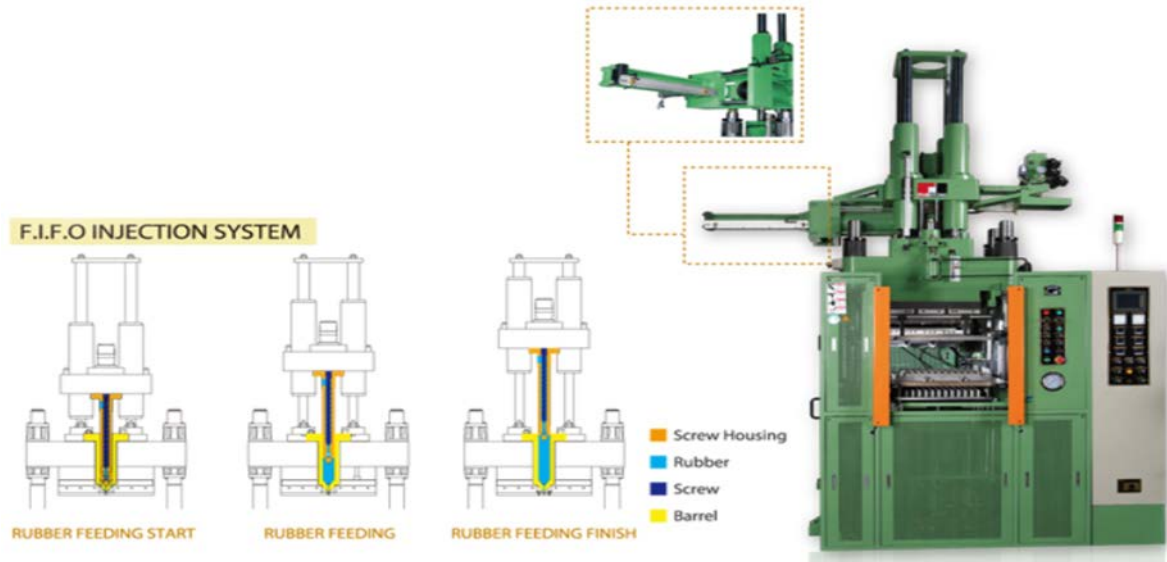
mekanizasyonda; kauçuk yüzeye klorlama işlemi yapılır ve bu işlem ile yüzeyde yapışma için gerekli olan reaksiyon alanlarını sağlar. Reaksiyon alanları sayesinde ıslanabilirlik bölgeleri oluşur. Mekanik yöntemde ise kauçuk yüzeye zımparalama işlemi yapılır. Zımparalama işlemi ile kauçuk yüzeyde yapışma bölgeleri oluşur ve bu şekilde prosese hazırlanır. İki farklı mekanizasyon sonrasında kauçuk ve metal yüzeye yapıştırıcı uygulanır. Kauçuk ve metal arasında kimyasal bağ oluşması için belirli süre ve sıcaklıkta bekletilir. Yapışkanın kürlenmesi için parça tipi, otoklav ve indüksiyon gibi fırınlar kullanılır ve proses tamamlanır (Bhowmick 2018).

Bu yöntemin avantajı ise komplike kalıplara ihtiyaç duymadan üretiminin düşük sıcaklıklarda yapılmasıdır. Kauçuk ve metal arasında oluşan yapışma bağ kalitesi üretim esnasında değişkenlik gösterebilmektedir (Abou-Kandil ve ark. 2013). Bağ kalitesinin etkileyen durumlar aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

- Proses sıcaklığı düşük veya yüksek olması durumunda kauçuk-metal arasındaki yapışma mukavemeti az olmaktadır. Bu nedenle proses sıcaklığı doğru belirlenmelidir.
- Yapıştırma prosesi sonrasında yüzey kaplamalara dikkat edilmelidir. Kaplamada uygulanacak kimyasal işlemler kauçuk-metal bağ kalitesini etkilemektedir.
- Tel fırçalama, taşlama, solvent bazlı boya ve çapak temizleme operasyonları sonrası kauçuk-metal yapışma mukavemetini etkilemektedir.

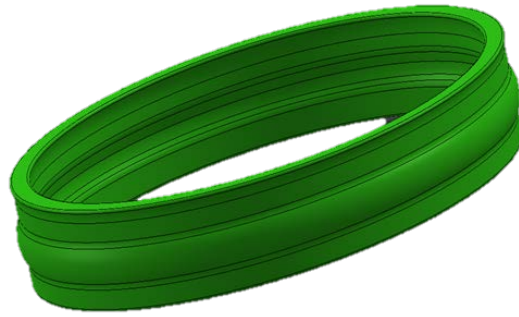
2.4. Numune Krank Kasnaklarının Hazırlanması

Kauçuk ringlerin sıkı geçirildiği krank kasnaklarında sıkı geçirme operasyonu montaj preslerinde gerçekleştirilmektedir. Bu işlemde kauçuk ring yağlanmakta ve göbek ring arasına sıkı bir şekilde geçirilmektedir. Gelişen üretim teknolojisiyle birlikte sıkı geçirme prosesine ek olarak yapıştırma prosesi eklenmiştir. Bu operasyonun eklenmesindeki amaç kauçuk ring ömrünü ve dayanımını artırmak ve olası deformasyonların yüksek oranda önüne geçmektir. Kauçuk ringlerin üretimi için şekil 4’de gösterilen dikey tipli sıcak enjeksiyon presleri kullanılmıştır.



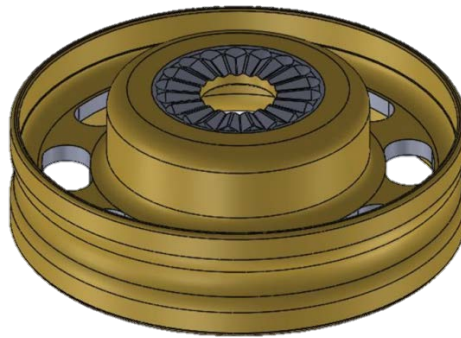
Şekil 4. Dikey Tipli Kauçuk Enjeksiyon Makinesi (Panstone 2014)

Numune kauçuk ring, göbek ve birinci atalet kütesine uygun tasarımı yapılmıştır. Numune için EPDM 65 Shore A kauçuk malzeme seçilmiştir. Yukarıda bahsi geçen enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretimleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 5’de kauçuk ring görülmektedir.



Şekil 5. Kauçuk Ring

Talaşlı imalat yöntemleri kullanılarak göbek ve birinci atalet kütesinin üretimi yapılmıştır. Kauçuğun sıkı geçirilmesi için gerekli olan ilk proses tamamlanmış olmaktadır. Şekil 6 ve 7’de göbek ve birinci atalet kütlesi görülmektedir.



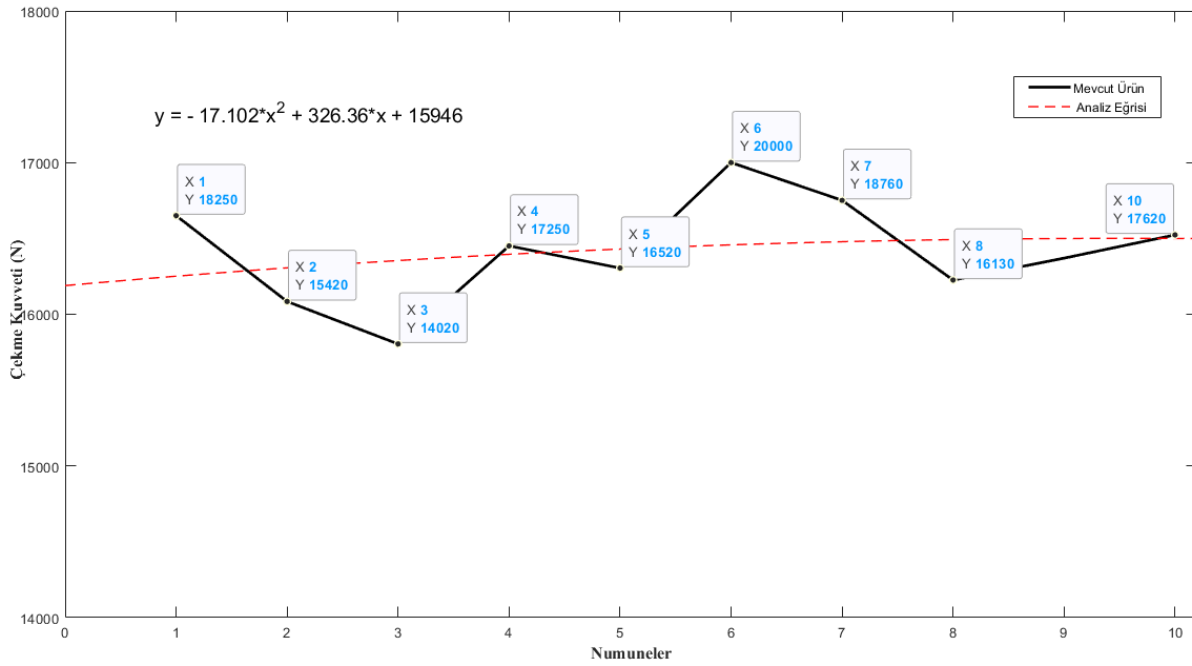
Şekil 6. Göbek



Şekil 7. Birinci Atalet Kütesi

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Mevcut üretimde kauçuk ring, viskozitesi düşük ve uçuculuğu yüksek bir yağ kullanılarak yüzeyde bir film tabakası elde edilir. Bu sayede kaygan bir yüzeye sahip olunur. Göbek ve birinci atalet kütlesi arasına bir kalıp yardımıyla sıkı geçirilmektedir. Sıkı geçirilen mevcut ürünlere test yapılmıştır. Test sonuçları şekil 8’de gösterilmektedir.



Şekil 8. Mevcut Ürün Test Sonuçları

Üretimi tamamlanan krank kasnağı parçalarına iki farklı yapıştırma metodu uygulanmıştır. Birinci yapıştırma metodunda göbek ve birinci atalet kütesine primer ve sekonder yapıştırıcısı uygulanmıştır. Bunlar; Chemlok gri 211 ve siyah 411'dir. Yapıştırıcı sürülen metal parçalar 50 °C sıcaklığındaki etüv fırınında 20 dk bekletilmiştir. Sıkı geçirme işlemi öncesinde kauçuk ring X6070 yapıştırmasına daldırma işlemi yapılmıştır. Şekil 9'da gösterilen montaj pres yardımıyla göbek ve birinci atalet kütesine kauçuk ring sıkı geçirilmiştir.



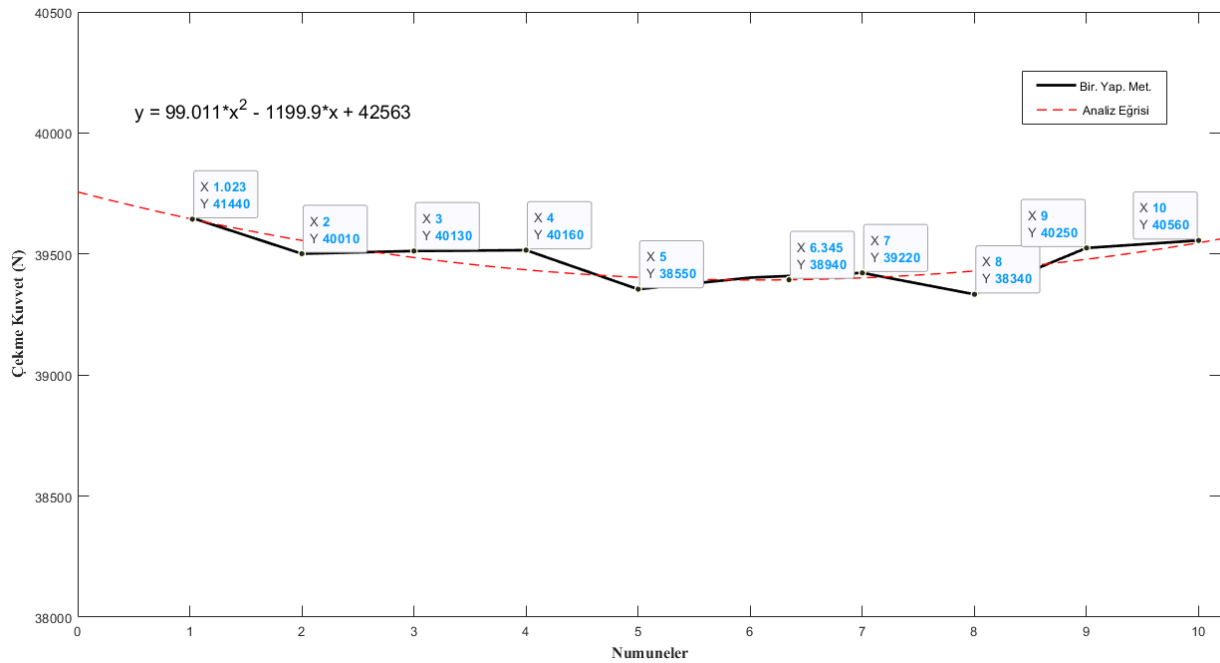
Şekil 9. Sıkı Geçirme Montaj Presi

Krank kasnağı tekrar 120 °C sıcaklığındaki etüv fırınında 150 dk boyunca kürleme işlemi yapılmıştır. Kürleme, kauçuk-metal arasındaki bağ oluşumunu sağlamaktadır. Hazırlanan krank

kasnak numuneleri TS EN ISO 6892-1 standardına göre Lloyd Instruments LR50K marka cihaz ile çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Çekme test sonuçları şekil 11’de gösterilmiştir.

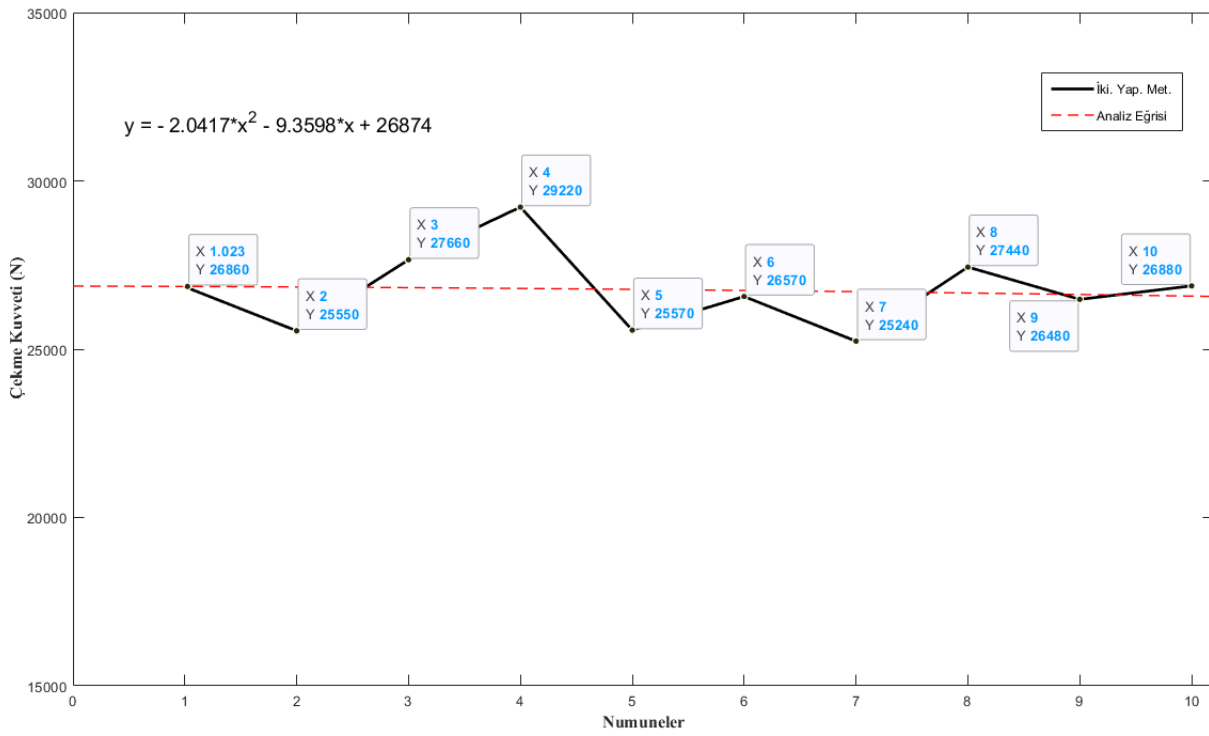


Şekil 10. Lloyd Instruments LR50K Basma- Çekme Test Cihazı



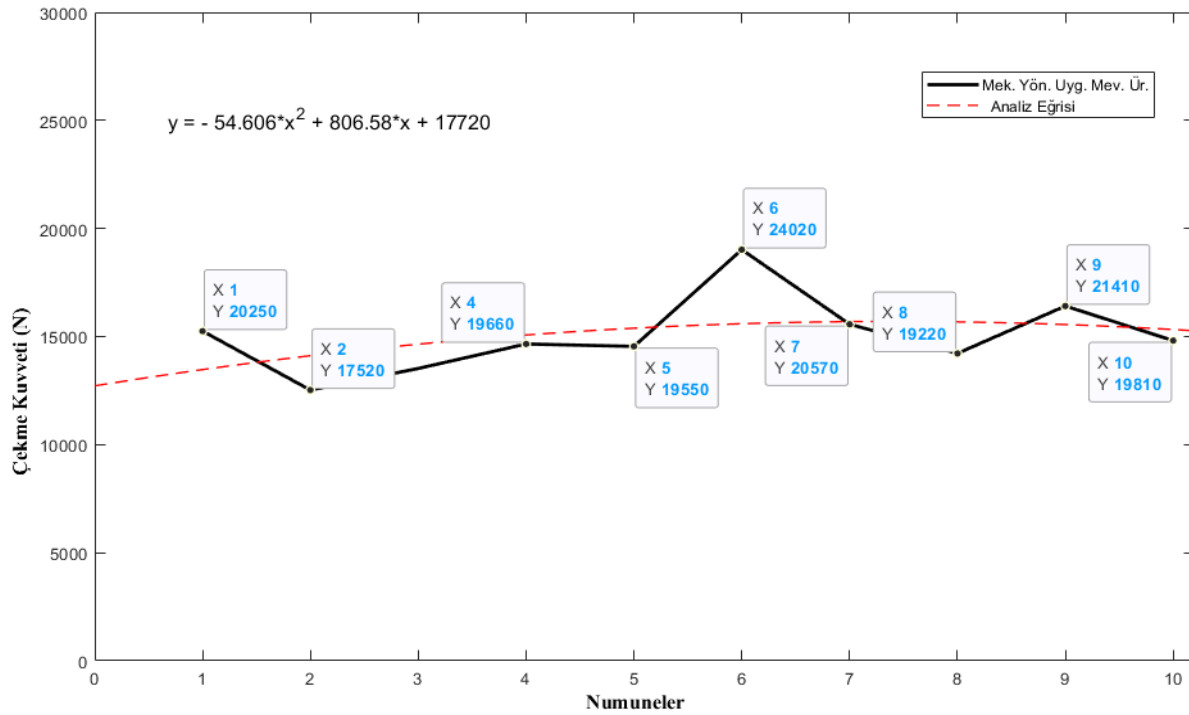
Şekil 11. Birinci Yapıştırma Metodu Test Sonuçları

İkinci yapıştırma metodunda ise göbek ve birinci atalet kütesine yapıştırıcı sürülmemektedir. Metal malzemeler 50 °C sıcaklığındaki etüv fırınında 20 dk bekletilmiştir. Kauçuk ring daldırma yöntemi ile yapıştırma uygulanmıştır. Kauçuk ring montaj pres vasıtasıyla göbek ve birinci atalet kütesi arasına sıkı geçirme işlemi yapılmıştır. Numune olarak üretilen krank kasnakları 120 °C sıcaklığındaki etüv fırınında 150 dk bekletilmiştir. Ürünler yukarıda bahsi geçen standarda uygun çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları şekil 12’de gösterilmiştir.

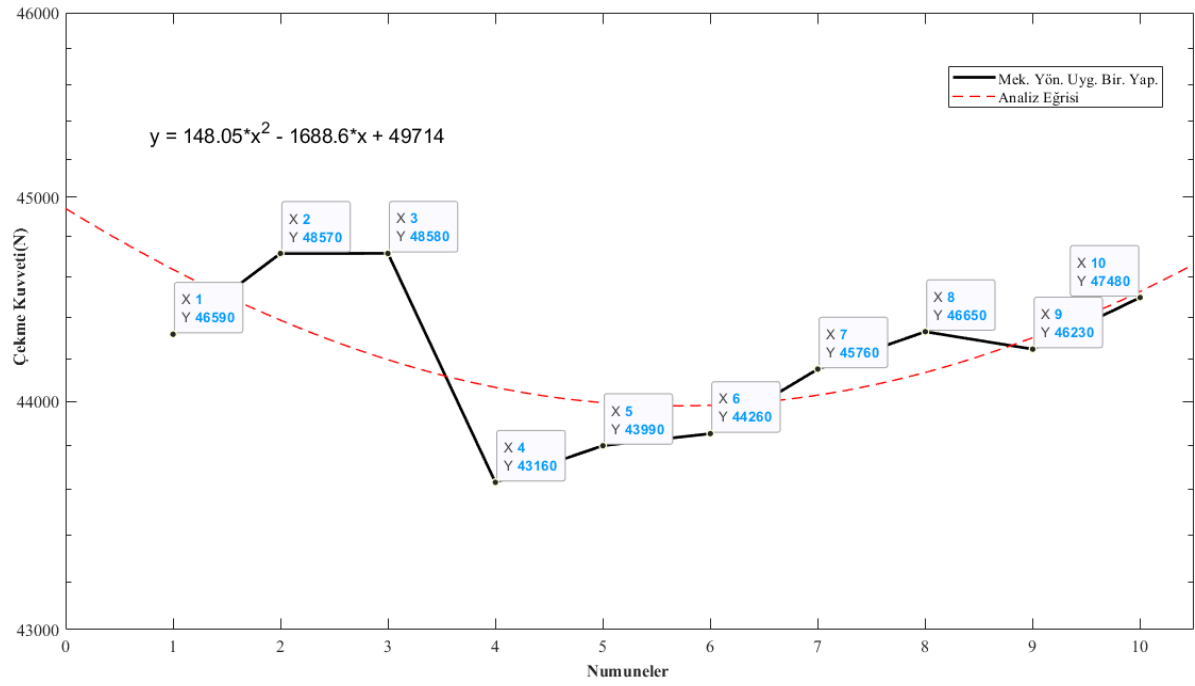


Şekil 12. İkinci Yapıştırma Metodu Test Sonuçları

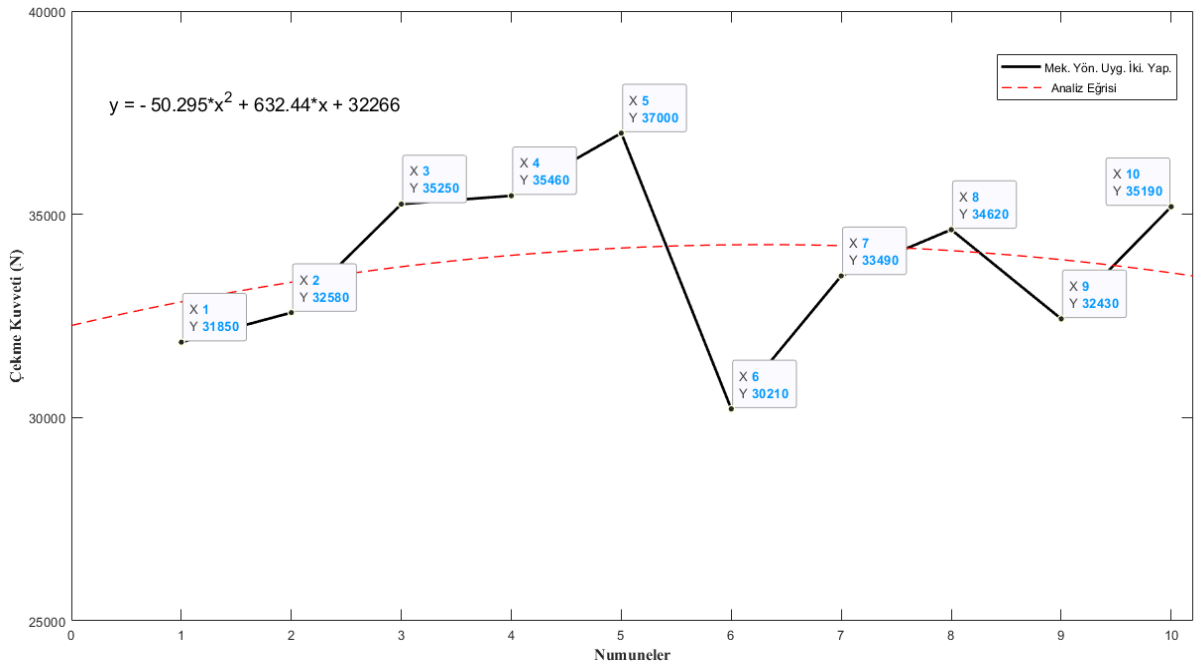
Yapıştırma mukavemetini arttırmak için literatürde anlatılan mekanizasyon yöntemi kullanılmıştır. Burada malzeme yüzeyindeki enerji değişimi amaçlanmış ve kauçuk ring yüzeyine zımparalama işlemi yapılmıştır. Şekil 10'da gösterilmiştir. Mekanizasyon yöntemi uygulanan kauçuk ringler mevcut üretim ve iki farklı yapıştırma prosesi ile numuneler üretilmiştir. Numune çekme test sonuçları şekil 13, 14 ve 15'de gösterilmiştir.



Şekil 13. Mekanizasyon Yöntemi Uygulanan Mevcut Ürün Test Sonuçları Grafiği

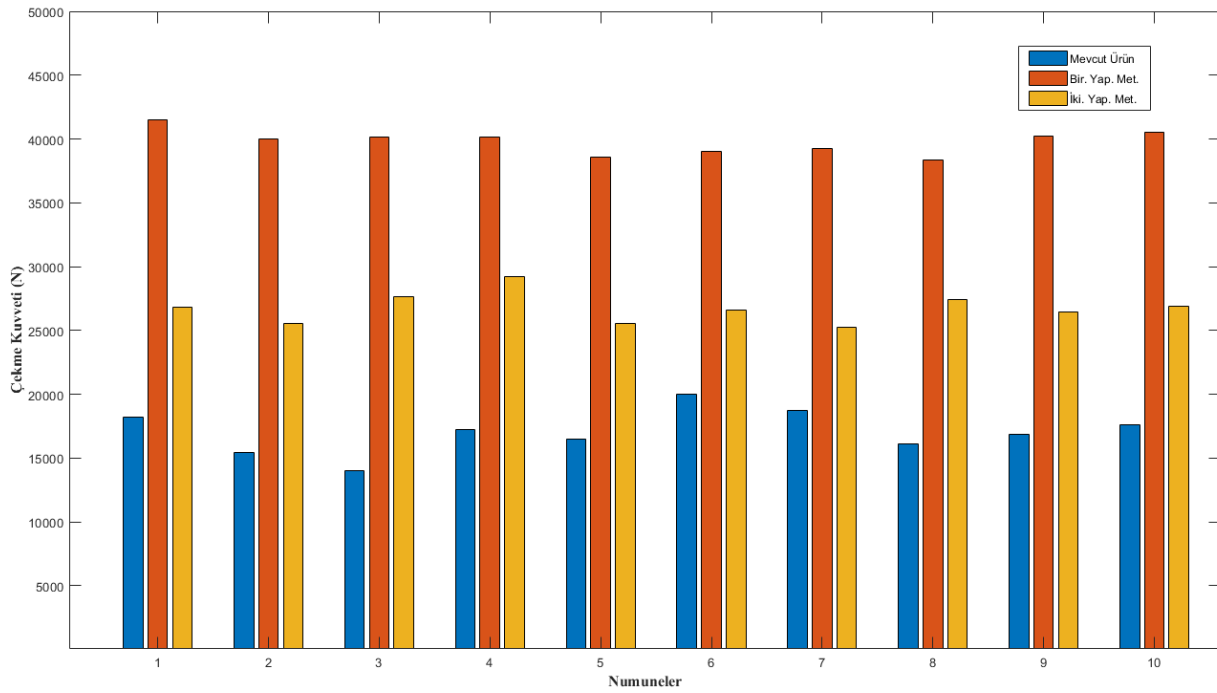


Şekil 14. Mekanizasyon Yöntemi Uygulanan Birinci Yapıştırma Test Sonuçları Grafiği



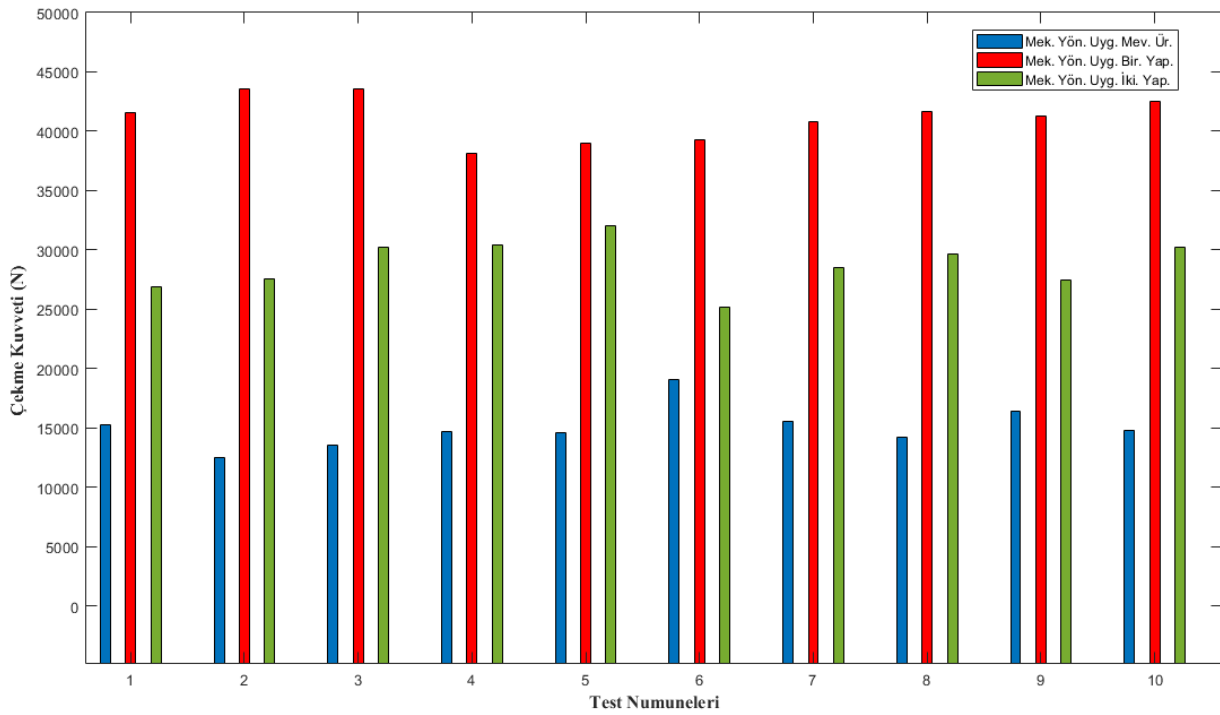
Şekil 15. Mekanizasyon Yöntemi Uygulanan İkinci Yapıştırma Test Sonuçları Grafiği

4. DENEY SONUÇLARININ ANALİZİ



Şekil 16. Sıkı Geçirme Test Sonuç Grafiği

Yukarıdaki grafikte mevcut üretim, birinci yapıştırma ve ikinci yapıştırma metot sonrasında üretilen krank kasnak numunelerinin test sonuçları görülmektedir. Grafik incelendiğinde mevcut üretim ile üretilen numunelerin çekme test sonuç değerlerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut üretimde uygulanan yağ işlemi ile yüzeyde yapışma mukavemeti oluşturulamamıştır. Uygulanan yöntemler içerisinde yapışma mukavemetinin yüksekliği göz önünde bulundurulduğunda sırasıyla yöntem 1, yöntem 2 ve mevcut şeklinde gerçekleşmiştir. Yöntem 1’de uygulanan ön ısıtma ve yapıştırıcı uygulaması yapışma yüzeyler arasında oluşan yapışma mukavemetini olumlu yönde artırmıştır.



Şekil 17. Mekanizasyon Sonrası Sıkı Geçirme Test Sonuç Grafiği

Üç farklı üretim yöntemlerine ayrı ayrı uygulanan mekanik mekanizasyonun sonuçları incelenmiştir. Mekanik mekanizasyon yönteminin kauçuk-metal yapışma mukavemetini olumlu yönde artırdığı gözlenmiştir. Tüm prosesler incelendiğinde birinci yapışma metoduna uygulanan mekanizasyonun en iyi yapışma mukavemeti elde edilen yöntem olduğu görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma, tek modlu krank kasnaklar için iki farklı yapıştırma ve mekanizasyon yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonrasında elde edilen bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

- Krank kasnakları yapıştırma sonrası metal ve kauçuk yüzeye olan temas mukavemeti incelenmiştir. Birinci yapıştırma metot öncesi kullanılan primer ve sekonder yapıştırıcılar prosese doğrudan etki yapmıştır. Bu sayede en uygun yapıştırma modeli oluşturulmuştur.
- Literatürde anlatılan kimyasal ve mekanik mekanizasyon yöntemi yüzeydeki yapışma mukavemetini artırdığı tespit edilmiştir.
- Proses süresi ve sıcaklığı yapışma mukavemetini etkilemektedir. Örneğin, sıcaklığın fazla olması durumunda kauçuk malzemenin deforme olmasına sebebiyet vermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kentpar Otomotiv Ar-Ge Merkezi bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneklerinin oluşturulmasında ve deneylerin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma teşekkür eder.

KAYNAKÇA

1. Abou-Kandil, A. I., Saleh, B. K., & Darwish, N. A. (2013). Rubber adhesion to metal surfaces with emphasis on rubber/brass adhesion. *Reviews of Adhesion and Adhesives*, 1(4), 365-396.

2. Bhowmick, A. (Ed.). (2018). Rubber products manufacturing technology. Routledge.
3. Crowther, B. G. (2001). Handbook of rubber bonding. iSmithers Rapra Publishing.
4. Durmuş, A., Ülkü, S., Güden, M., & Otnar, Ö. F. (2005). Kauçuk/Metal yapışma mukavemetinin belirlenmesi.
5. Ghoreishy, M. H. R., Rafei, M., & Naderi, G. (2012). Optimization of the vulcanization process of a thick rubber article using an advanced computer simulation technique. Rubber chemistry and technology, 85(4), 576-589.
6. Homik, W. (2011). Damping of torsional vibrations of ship engine crankshafts-general selection methods of viscous vibration damper. Polish Maritime Research, 18(3), 43-47.
7. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/Compression_molding.svg
8. <https://www.panstone.com/en/product-352046/Vertical-Rubber-Injection-Molding-MachineF-I-F-O-With-Silicone-Stuffer.html>
9. Silva, C. A. F., Manin, L., Rinaldi, R. G., Besnier, E., & Remond, D. (2019). Dynamics of Torsional Vibration Damper (TVD) pulley, implementation of a rubber elastomeric behavior, simulations and experiments. Mechanism and Machine Theory, 142, 103583.
10. Sommer, J. G. (2009). Engineered rubber products. Hanser.