

Burç ve Rotil Çıkma Kuvvetlerinin Artırılması için Sac Kalıplama Yönteminin Geliştirilmesi

Melih Tuyan^{1*}, Mehmet Can Aslan²

¹ Teknorot Otomotiv Ürünleri Sanayi, Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Düzce, Türkiye, 0000-0001-8474-2148, melih.tuyan@teknorot.com

² Teknorot Otomotiv Ürünleri Sanayi, Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Düzce, Türkiye, 0000-0002-2501-6661, mehmetcan.aslan@teknorot.com

* Sorumlu Yazar: melih.tuyan@teknorot.com

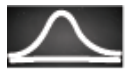
(First received 26 October 2021 and in final form 26 December 2021)

Özet

Günümüzde binek araçlara ait süspansiyon sisteminin parçası olan denge kolları, sistemin önemli yük taşıyıcı elemanlarından kabul edilmektedir. Sürekli değişen ve gelişen otomobil dünyasında, ekipmanların kullanım koşullarına uygun gerekli testlerden başarıyla geçmesi beklenmektedir. Süspansiyon sisteminde; salıncak ve denge kollarında burç ve rotil çıkma testi, aracın boş ve dolu ağırlığının yanında; aşırı kullanım koşullarında daha fazla yüke maruz kaldığından belirlenen kritik yükün altında çıkması kabul edilemez.

Bu makalede sac salıncak ve denge kollarına ait burç ve rotil sıvama yüksekliklerinin verimsiz temas yüzeyini minimuma indirmek adına yeni bir kalıplama metodu kullanılmış ve temas yüzeyinin artırılması ile çıkma yüklerinde artış sağlanmıştır. Temas yüzeyinin artırılması ilk olarak matematiksel model üzerinden analiz yapılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde çıkma yüklerinde artış görülmüştür. Yapılan analizler sonrasında sıvama temas yüzeyinin artırılması adına yeni bir kalıplama metodu geliştirilmiştir. Geliştirilen bu metod ile elde edilen numuneler çıkma testine tabi tutulmuştur. Çıkma yükleri klasik kalıplama metoduna göre yaklaşık %50 artış sağlandığı görülmüştür. Elde edilen numuneler ile matematiksel model analiz sonuçları karşılaştırıldığında tutarlılık görülmüştür.

Anhtar Kelimeler: Burç sıvama, Rotil sıvama, Sıvama temas yüzeyi.



Development of Method of Sheet Metal Molding to Increase Bushing and Ball Joint Pull-Out Forces

Abstract

Today, control arms, which are part of the suspension system for passenger vehicles, are recognized as important load-carrying elements of the system. In the constantly changing and developing automobile world, it is expected that the equipment will successfully pass the necessary tests simulating conditions of use. In the suspension system, the bushing pull out test on the wishbone and control arms, as well as the empty and full weight of the vehicle, it is unacceptable that it comes out below the critical load determined because it is subjected to more load on extreme conditions.

In this article, a new molding method was used to minimize the inefficient contact surface of the bushing and ball-joint mating heights of the control arms, and an increase in contact surface and exit loads was achieved by increasing the contact surface. Increasing the contact surface was first performed by analyzing it using a mathematical model. As a result of the results obtained, there was an increase in pull-out forces. Based on the analyses, a new molding method was developed to increase the mating contact surface. The samples obtained by this developed method were subjected to pull-out force test. It was seen that an increase of about 50% was achieved in the pull-out forces compared to the classical molding method. Consistency was observed when the obtained samples and the results of the mathematical model analysis were compared

Keywords: Bush spinning, Ball join spinning, Spinning contact surface.

1. Giriş

Sürekli gelişen ve değişen endüstride sac metal kalıplama prosesi geçmişten günümüze kabul görmüş, hızlı şekillendirme yöntemi olarak kabul edilmektedir. Parametrelerin kontrolü ve yüksek üretim hızından dolayı endüstride makine imalatı, beyaz eşya, havacılık, otomotiv gibi önemli birçok alanda kullanılan ürün ve ekipmanların imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Sac kalıplama prosesinde kesme, bükme, derin-sığ çekme işlemlerinin yanı sıra parçanın şekline uygun erkek ve dişi çelikler imal edilerek sac levhanın kalıp arasında şekillendirmesiyle ürünün elde edilmesi olarak tanımlanabilir (Luet, 2016).

Çalışmada binek araca ait süspansiyon sistemi elemanı olarak kullanılan, sac salıncak ve denge kolları üzerinde bulunan burç ve rotillerin çıkma yüklerinin artırılması için kalıplama yönteminin geliştirilmesi araştırılmıştır.

Süspansiyon sistemleri sürüş konforu ve emniyet açısından binek araçların olmazsa olmazıdır. Araç içerisindeki kişi ve nesnelerin emniyetli ve konforlu bir şekilde yol almasını sağlayan, tekerlek ile yol temasının maksimum seviyede tutulması için geliştirilmiş ve halen gelişmekte olan sistemlerdir (Emekli, 2008; Fenton, 1998). Modern araçlara ait süspansiyon sistemlerinde geometri olarak birbirinden farklı da olsa birçok ortak elemanlara sahiptir. Süspansiyon sistemleri; travers, akson, amortisörler, salıncak, denge kolu, direksiyon kutusu, rotil ve burçlar, rot milleri ve rot başları gibi elemanların bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Salıncak ve denge kollarının bu sistemde temel görevi; tekerin yukarı aşağı hareketini sağlamasıyla aracın yola olan temasını maksimum seviyede tutmaktır. Salıncak ve denge kolları genel olarak dövme, döküm ve sac metal kalıplama gibi yöntemler ile imal edilmektedir (Rutçi ve Eren, 2018). (Şekil 1)



Şekil 1. Sac salıncak kolu. [Rutçi ve Eren, 2018)]

Süspansiyon sistemleri araçlarda emniyet açısından önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden ekipmanların çalışma koşullarına uygun testlerden başarı ile geçmesi hedeflenmektedir.

Doğan S. ve Özkan A. (2018) yaptıkları bir araştırmada salıncaklarda kullanılan kauçuk-metal burçların; dövme, döküm ve sac metal salıncak olarak ele alınan ortak gövde elamanına farklı sıklık değerlerinde montajlanması ile çıkma yüklerindeki değişiklikleri incelemişlerdir. Buna göre sıklık değerlerindeki farklılığın, çıkma yükünde değişkenlik gösterdiği anlaşılmıştır. Çalışmanın sonucunda alüminyum gövde için ideal sıklık aralığı 0.25-0.35 mm, döküm gövdeler için 0.35-0.45 mm, dövme gövdeler için 0.2-0.3 mm sıklık değerleri arasında olması, istenilen burç çıkma kuvvetlerinin elde edildiği tespit edilmiştir.[5]

Bu çalışmada salıncak ve denge kollarının üzerinde bulunan burç ve rotillerin temas yüzeyinin artırılması ile çıkma yüklerinin artırılması hedeflenmiş ve kalıplama yönteminin geliştirilmesi yönünde farklı bir kalıplama yöntemi uygulanmıştır. Bu doğrultuda temas yüzeyinin artması ile burç ve rotinin tutunduğu yüzey alanı arttığından doğrudan çıkma yükünün artırılacağı öngörülmüştür. Matematiksel model üzerinden analiz yapılarak çıkma yükündeki artış görülmüş ve deneme kalıbı olarak gerçekleştirilen proste elde edilen sonuçlar bildiride listelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Salıncak ve denge kollarının üretimi; sac levha halde gelen plaka, şablon kesme ve şablon delme işlemlerinin ardından geometriye göre üründe hasar oluşmaması adına bir veya birkaç ön form kalıbında şekillendirilebilmektedir. Ardından yarı mamül haldeki ürün gerekli olması halinde ara operasyon olarak ön form delme veya kesme işlemlerine tabi tutulmaktadır. Son olarak form kalıbında elde edilen ürünler kaynaklı birleştirme operasyonuna gönderilmektedir. Kaynaklı birleştirme operasyonu sonrası kataforez kaplama yapılarak sac gövde üretimi tamamlanmaktadır. Elde edilen sac salıncak gövdesine ait ilgili komponentlerin montajlanması ile son kullanıma hazır hale gelmektedir. (Şekil 2)



Şekil 2. Salıncak üretim aşamaları (Tuyan ve Demirer, 2020)

Burç ve rotillerin montajlanması, çalışma koşullarına uygun şartlarda test edilmesi sürüş konforu ve emniyet açısından son derece önemlidir. Araçtan araca farklılık gösteren çalışma koşulları bulunmakta olup çalışmada incelenen salıncak koluna (Şekil 3.) ait rotıl çıkma yükünün 10 kN'luk sınır değerini aşması gerekmektedir. 10 kN'luk değere yakın olması çok özel durumlarda kabul edilebilmekte fakat emniyet açısından çoğu zaman 13 kN güvenli değer olarak kabul edilmektedir.



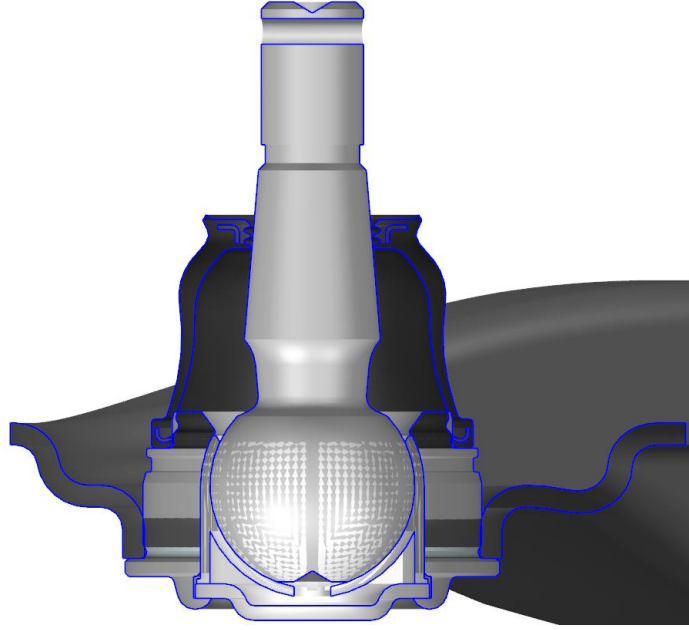
Şekil 3. Referans salıncak kolu (Mercedes).

2.1.1. Ürün



Şekil 4. Mercedes X-Class salıncak modeli.

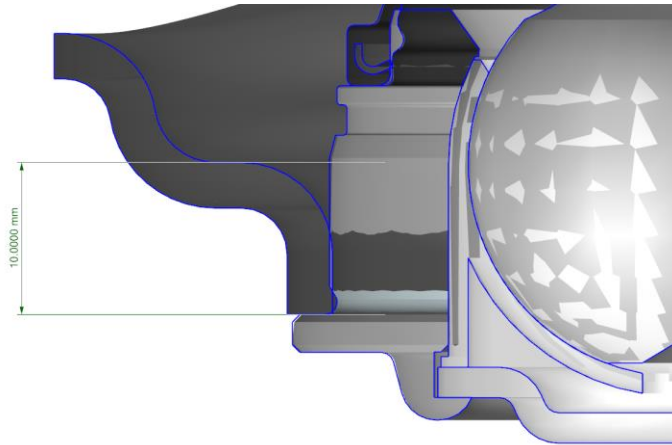
Denemede kullanılan referans ürün Mercedes X-Class model araca ait CAD model görsel Şekil 4'te görülmektedir. Salıncak kolunda kullanılan rotıl model, salıncak koluna montajlanmış kesit görüntüsü Şekil 5'te belirtilmiştir.



Şekil 5. Salıncak ve rotil montajlı CAD data kesit görüntüsü.

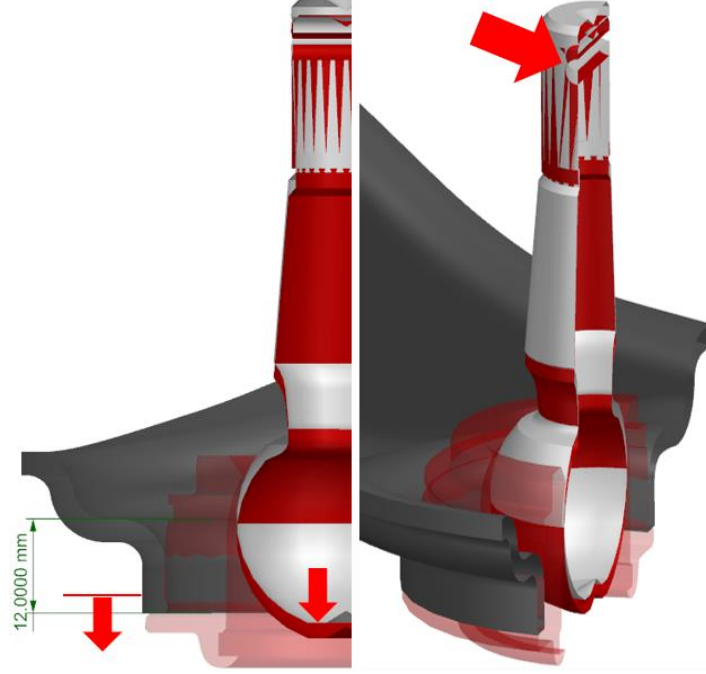
2.2. Metod

Literatürde yapılan araştırmalar neticesinde sıkılık değerleri ile çıkma yükünün etkileri incelenmiştir. Buna göre farklı sıkılık değerleri ile yapılan denemeler ele alınarak en yüksek değeri verecek sıkılık değeri 0.5-0.6 mm olduğu tespit edilmiştir. Bu sıkılık oranları arasında sıvama boyunun artırılması ile temas yüzeyinin artırılması hedeflenmiştir. Mevcutta teknik resim ölçüsü 10 mm olan (Şekil 6) sıvama tam boyunun 12 mm ye çıkarılması ile çıkma yükündeki değişimi görmek adına numuneleri üzerinde testler gerçekleştirilmiştir.



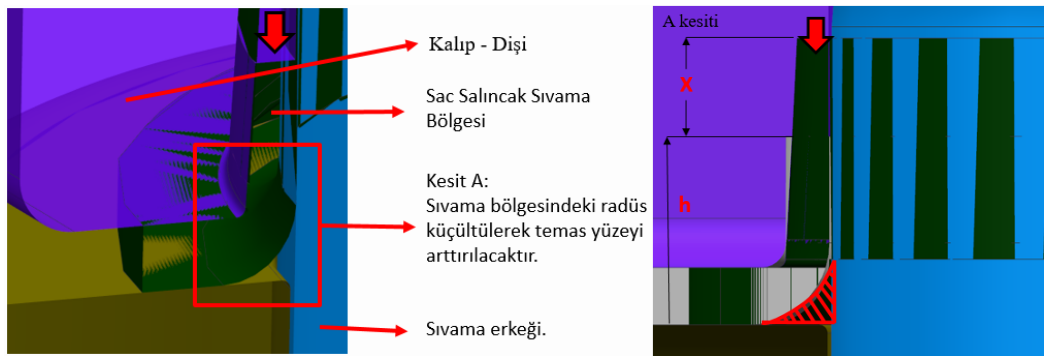
Şekil 6. Salıncak, rotil sıvama boyu 10 mm.

Yapılan denemeler sonrasında sıvama boyunun artırılması hedeflenen doğrultuda çıkma yüklerinde %35-%45 seviyelerinde iyileşme olduğu görülmüştür. Fakat yapılan boy değişikliği ile rotıl gövdesinin salıncak gövdesine göre mevcuttan daha fazla ileride kaldığı tespit edilmiştir. (Şekil 7)



Şekil 7. Rotil sıvama boyu 2 mm artırılmış hali

Bu durum ürünün kullanım şartlarında problem olacağı tespit edilmiş olup, alternatif temas yüzeyinin artırılması için sıvama yönünde ezme yapılması ön görülmüştür.

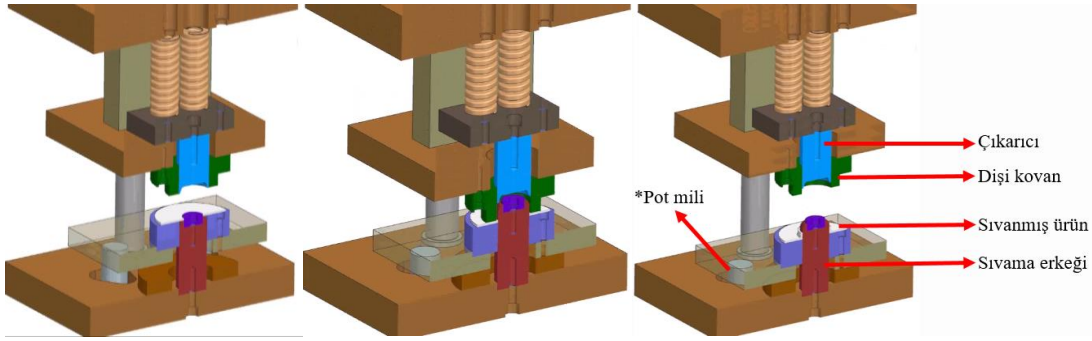


Şekil 8. Sıvama sonrası ezilerek radiusün küçültülmesi.

Şekil 8'de gösterilen resimde, h ölçüsüne sahip sıvama yüksekliği için; x ölçüsü kadar sıvama boyunu uzatmak ve daha sonra sıvama boyuna dik etkiyecek kuvvet ile taralı alana uzatılan malzemenin yığılması hedeflenmiştir

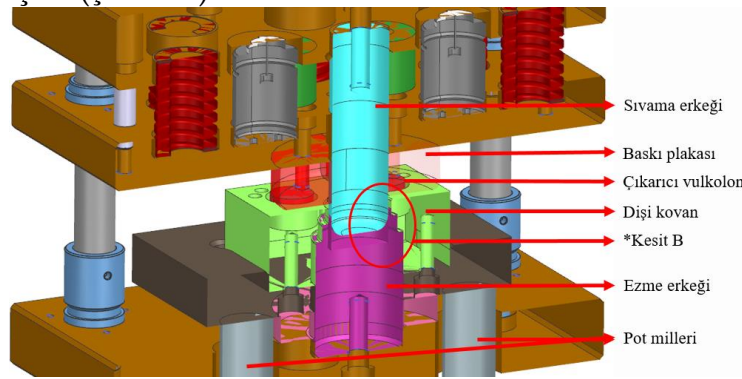
Denemenin kalıp maliyetleri göz önünde bulundurularak, deneysel çalışmanın mevcut kalıplar üzerinden revize edilmesi yerine, deneme kalıbı imal edilerek mevcut durumun iyileştirilmesi ve bu kalıp üzerinden numuneler ile deneysel çalışılarak yürütülmüştür.

Şekil 9’da mevcut sıvama kalıbına ait görsellerden anlaşılaacağı üzere sıvama erkeği alt grupta sabit bağılı iken, parçanın merkezlenmesi için sıvama erkeği üzerine yerleştirilmiş merkezleme pimi ile sac parça sabitlenmektedir. Ardından üst grup presin aşağı yönlü hareketi ile sac sıvama erkeği ve dişi kovan arasında kalarak sıvama tamamlanmış olur. Burada pot milleri sayesinde, pot millerinin bastığı plaka preste ayarlanan pot basınç sayesinde plakayı aşağıya iter. Üst grup açıldığında bu belirlenen pot mesafesi yeniden başlangıç konumuna dönerek parçanın sıvama erkeğinden kurtulmasını sağlarken operatörün parçayı rahat almasına yardımcı olur.

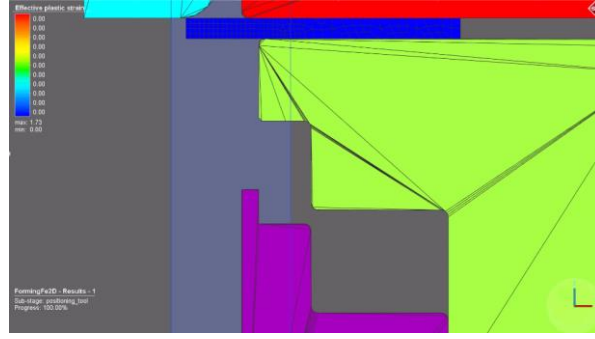


Şekil 9. Mevcut sıvama kalıp tasarımı.

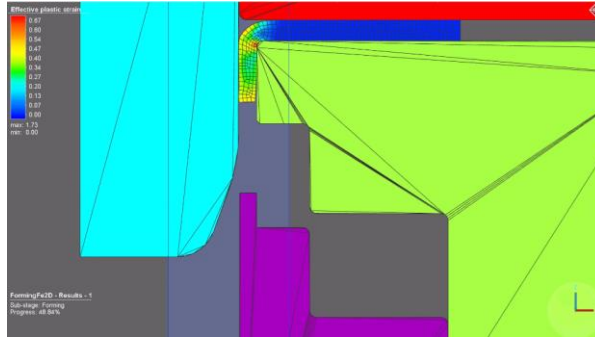
Deneme kalıp tasarımı geliştirilirken sıvanan parça ayrı bir kalıpta sıvama yönüne dik olarak yük gelecek ikinci bir kalıba ihtiyaç duyulmadan nasıl yapılabilir sorusu üzerine elde edilmiştir. Burada önemli kriter presin alt tablasında yer alan pot milleri sayesinde kalıptaki iki yönlü yükün kontrolünün sağlanabiliyor olmasıdır. Sıvama erkeği yukarıya alınarak dişi kovan alt gruba yerleştirilmiştir. Mevcut kalıp tasarım modeli takla attırılarak sıvama yönünde ezme yapabilmek adına kalıp alt plakasına sabit bir ezme erkeği ilave edilmiştir. (Şekil 10)



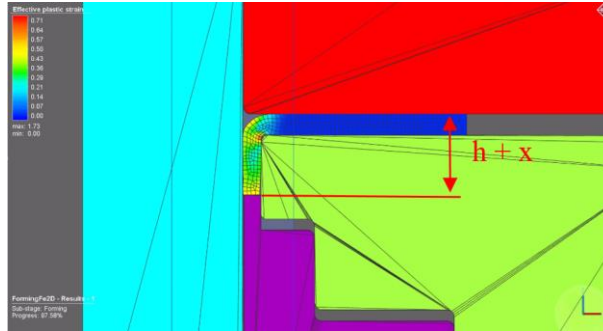
Şekil 10. Yeni prototip sıvama kalıp tasarımı.



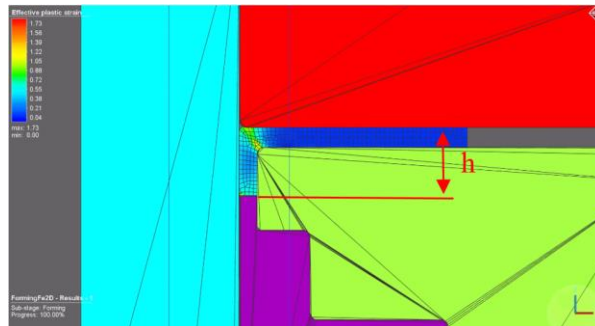
Şekil 11. Simülasyon başlangıcı.



Şekil 12. Simülasyon birinci aşama.

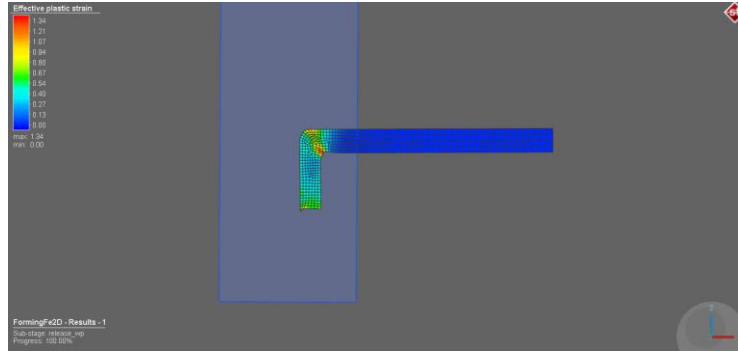


Şekil 13. Simülasyon ikinci aşama



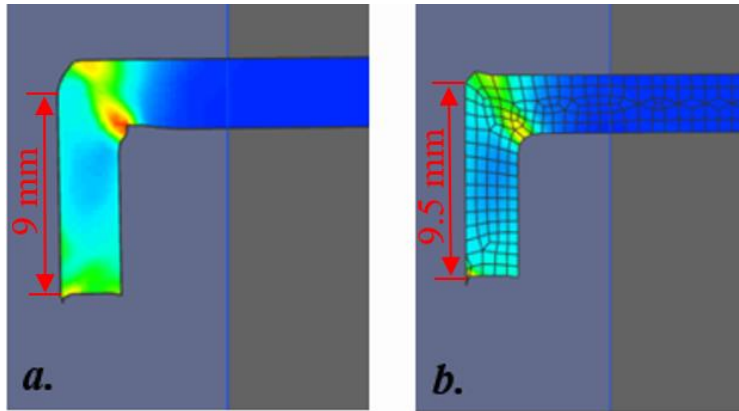
Şekil 14. Simülasyon üçüncü aşama.

Protototip kalıp üzerinde yapılan kesit B'ye ait simülasyon çalışmalarına göz attığımızda, Şekil 11'de kalıp kapanmasını simülasyonun başlangıç aşaması olarak isimlendirebiliriz. Ardından Şekil 12 birinci aşamada; üst grup pot millerinin gücünü yenemeyecek şekilde sacın sıvama erkeği ve kovan arasında kalması için gerekli yükün karşılanması, pot basıncının ayarlanabilirliği ile gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Daha sonra Şekil 13'de ikinci aşamada gazlı yayların sıkışması ve üst gruptaki stoperlerin dayanması sonucunda kalıp, parça ile birlikte aşağı yönlü hareketi gerçekleşmektedir. Bu aşamada sıvama boyu ezilmeye başlanmamış olup, sıvama tam boyu Şekil 3'te bahsedilen teknik resim değerinden (h) x değeri kadar uzundur. Şekil 14'te kalıp tamamen kapanmış olup burada sıvamada oluşan radius boşluğuna x değeri kadar uzun bırakılan malzeme yığılarak h ölçüsüne getirilmiştir. (Şekil 15)



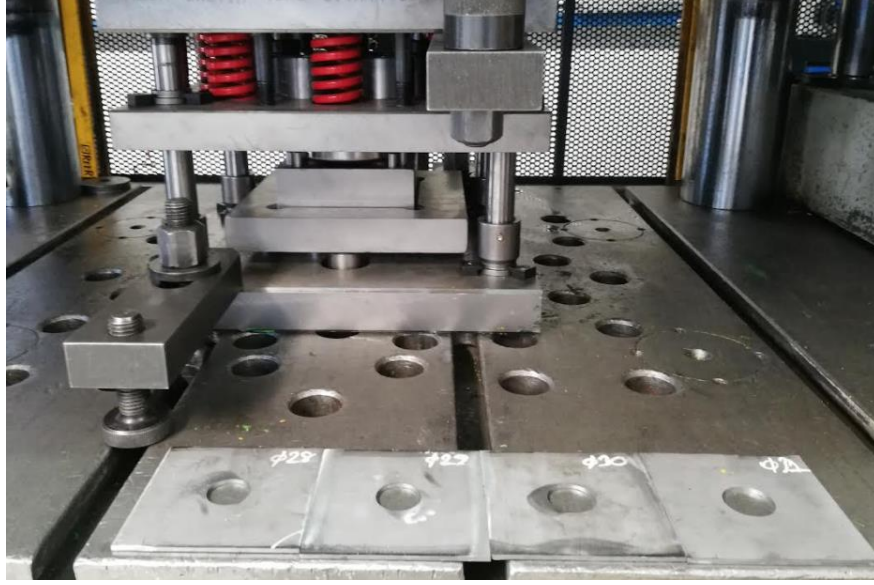
Şekil 15. Simülasyon sonucu.

Şekil 16a.'da tam boyun 12 mm olması halinde oluşacak radius görülmektedir. Burada temas eden boy 9 mm olurken, Şekil 16b.'de tam boyun 13 mm olması ile temas yüzeyinin 9.5 mm olduğu ölçülmüştür. Burada ezme öncesi sıvama boyu çok önemli olup, simülasyon denemelerinde farklı boylarda analizler yapılarak elde edilen sonuçlar neticesinde; sıvama öncesi tam boyun 13 mm olması gerektiği tespit edilmiştir.



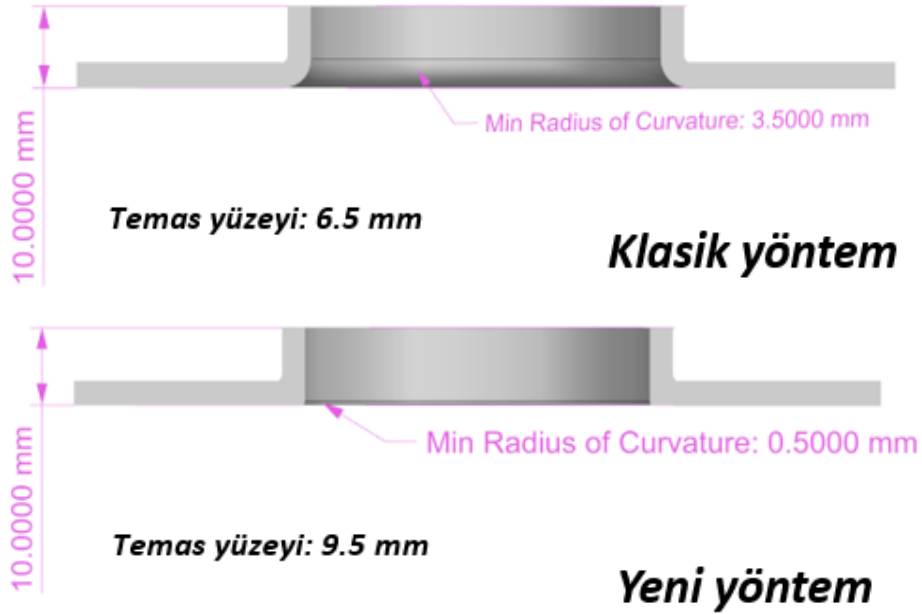
Şekil 16.a. ezme öncesi sıvama boy 12 mm, b. ezme öncesi sıvama boy 13 mm, Analiz sonucu.

Analiz sonuçlarından yola çıkarak deneme kalıbı imalatı tamamlanmış ve farklı sıvama yüksekliklerinin elde edilmesi için dört farklı çap belirlenmiştir. Numunelerin her birinden üçer adet olup, test numuneleri ile denemeler gerçekleştirilmiştir. (Şekil 17)



Şekil 17. Prototip deneme kalıbı ve test numuneleri.

3. Araştırma Sonuçları



Şekil 18. Çalışmanın amacı özet görüntü.

Şekil 18’de CAD data üzerinden çalışmanın amacı özet olarak görselleştirilmiştir. Çalışmanın amacı temas yüzeyinin artırılması ile burç ve rotillerin çıkma yüklerinin iyileştirilmesi hedeflenmiş ve yapılan analiz sonuçları neticesinde numune kalıbı yapılarak çalışmanın başarı oranı ölçülmüştür.

Test numunelerine ait çap 28 mm Şekil 19’de belirtilen ezme öncesi sıvama boyu 13 mm olması halinde temas yüzeyinin başarılı bir şekilde arttığı görülmektedir.



Şekil 19. İlkel çap 28 mm, ezme öncesi boy 13mm test numunesi.

Mukayese edilebilmesi adına ilkel çap 31 mm olan, ezme öncesi sıvama boyu 11.5 mm olarak ölçülen test numunesine ait ezme sonucu oluşan temas yüzeyinin daha az olduğu Şekil 20’de görülmektedir.



Şekil 20. İlkel çap 31 mm, ezme öncesi boy 11,5mm testnumunesi.

4. Sonuç

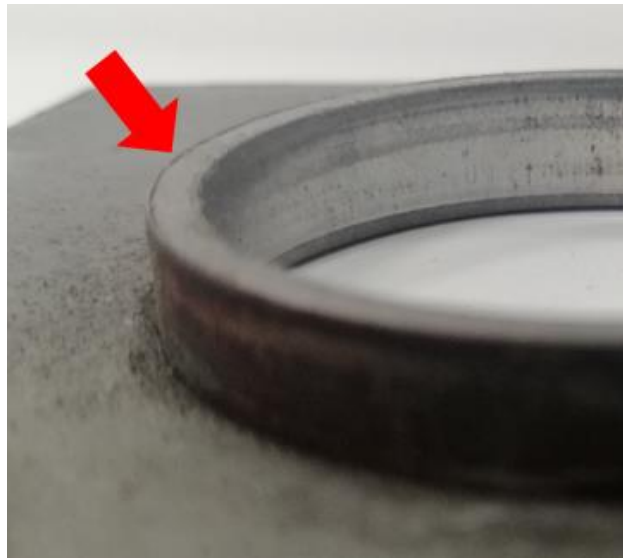
Test numuneleri Şekil 3'te belirtilen rotil ile numunelerin montajı yapıldıktan sonra farklı çaptaki her üç numune çıkma yüklerinin tespiti için çıkma testi yapılmıştır. (Şekil 21)

Test numunelerine ait ölçüm sonuçları Tablo 1' de listelenmiştir. Sonuçlara göre temas yüzeyinin artışı ile çıkma yüklerinde artış görülmüştür.

Temas yüzeyinin ezmeye bağlı olarak orantılı bir şekilde arttığı görülmüş ve çıkma testi sonuçları incelendiğinde temas yüzeyi artışına bağlı çıkma yüklerinin iyileştiği görülmüştür.



Şekil 21. Çıkma testi sonrası görüntü.



Şekil 22. Numunelerde ezme sonrası boyda oluşan çapak.

Ezme sonrası sıvama boyu incelendiğinde ölçünün teknik resim boyundan (10mm) 0.1-0.2 mm arasında uzun çıktığı görülmüştür. Bunun sebebi Şekil 22 'de görüldüğü gibi ezmeye bağlı sacın kalıp boşluklarına yol alarak çapak yapması sonucu oluşmuş olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. Test numuneleri boy ve çıkma yükü karşılaştırmaları.

Ezme Öncesi Çap / Boy	Ezme Sonrası Boy	Temas Yüzeyi Boyu	Rotil Çıkma Test Sonucu	Ortalama Test Sonucu	İyileşme Oranı
Ø28 / 12.9 mm	10.20 mm	9.50 mm	15,22 kN	15,33 kN	%55
Ø28 / 13.05 mm	10.17 mm	9.52 mm	16,11 kN		
Ø28 / 12.86 mm	10.23 mm	9.54 mm	14,67 kN		
Ø29 / 12.6 mm	10.16 mm	9.11 mm	13,83 kN	14,28 kN	%44
Ø29 / 12.53 mm	10.12 mm	8.97 mm	14,37 kN		
Ø29 / 12.65 mm	10.10 mm	8.86 mm	14,64 kN		
Ø30 / 12.1 mm	10.12 mm	8.44 mm	13,26 kN	13,56 kN	%37
Ø30 / 12.05 mm	10.15 mm	8.42 mm	14,11 kN		
Ø30 / 12 mm	10.13 mm	8.40 mm	13,31 kN		
Ø31 / 11.6 mm	10.12 mm	8.06 mm	12,93 kN	12,96 kN	%31
Ø31 / 11.48 mm	10.10 mm	7.83 mm	13,16 kN		
Ø31 / 11.56 mm	10.06 mm	7.86 mm	12,78 kN		
Nominal / Ezmesiz Ø34 / 10 mm	10.05 mm	6.78 mm	max 10.22 kN min 9,76 kN	9.88 kN	0

Çalışmada analiz sonuçları ile deneysel testler tutarlılık göstermiş olup, ürün sıvama boyu 10 mm bozulmadan çıkma yüklerinde artış sağlanmıştır.

5. Tartışma

Çalışmada kullanılan yöntemde ürün operasyonlarına ilave kalıp ihtiyacı duyulmadan yapılmıştır. Buna bağlı kalıp maliyetinde artış görülmesi muhtemeldir. Alternatif olarak ilave operasyon yapılarak kalıp maliyetinde azaltma sağlanabilir, fakat ilave operasyonun üretim sürelerinin her ürün için maliyet etkileri araştırılması gerekmektedir.

Ayrıca kalıpların kullanımında, presin alt tablasında bulunan pot millerinin sacın ilk büküm aşamasındaki kuvveti karşılayabilmesi gerekmektedir, bunun için kalıbın altına gazlı yay konulduğunda basıncın ayar yapması oldukça güç olacaktır. Gazlı yay konulduğunda kalıp maliyeti daha da artacağından pot millerinin olduğu hidrolik preslerde uygulaması oldukça kolay ve parametrelerin ayarlanabilir olması da büyük avantaj.

6. Teşekkür

Bu çalışmada tüm olanakları sağlayan Teknorot Otomotiv Ürünleri San ve Tic. A.Ş'ye katkılarından dolayı teşekkür ederiz

Referanslar

1. Doğan, S. ve Özkan, A., (2018). Otomobil Süspansiyon Sistemleri İçin Burç Çıkma Kuvvetlerinin Farklı Gövdelerdeki Sıkılık Durumlarının Tayini. International Marmara Sciences Congress (IMASCON), 1709-1715.
2. Emekli, M.E., (2008). Hafif Ticari Bir Araç İçin Yarı Aktif Süspansiyon Sistemi Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye, 1-133.
3. Fenton, J., (1998). Handbook of Automotive Powertrain and Chassis Design. Professional Engineering Publishing, London, 162.
4. Luet, D.J., (2016). Bounding Volume Hierarchy and Non Uniform Rational B-Splines for Contact Enforcement in Large Deformation Finite Element Analysis of Sheet Metal Forming. PhD thesis, Princeton University Mechanical and Aerospace Engineering.
5. Rutci, A. and Eren, F.S., (2018). Investigation of Suspension Ball Joint Pull Out Force Based on FEA Method and Experimental Study International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES), Alanya, 1002-1009.
6. Tuyan, M. ve Demirer, A., (2020). Sac Kalıplama Prosesinde DD13 ve S355MC Malzemelerin Yırtılma Probleminin İncelenmesi ve Çözümü. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (EJOSAT), DOI: 10.31590/ejosat.828066.