

# Marc ile “Interference Fit” Simülasyonları

<b>Hazırlayan</b>
Fatih Furkan BARUT Yapısal Analiz Mühendisi

Tarih: 27/05/2024

Çeşitli endüstrilerde kullanılmak üzere üretilen bilezikler, burçlar, kauçuklar, sızdırmazlık elemanları ve mil gibi yapılar üzerinde sıkı geçme uygulamaları yapılmaktadır. Bu uygulama sonucunda tasarıma bağlı olarak yapılar üzerinde hasar meydana gelebilir ve makineler işlevlerini doğru bir şekilde yerine getiremeyebilir. Dolayısıyla üretimi geçilmeden önce, tasarım geliştirme aşamasında, bir takım simülasyonlar ve testler yapmakta fayda vardır. Bu teknik yazıda sıkı geçme simülasyonlarının (Interference Fit) Marc/Mentat aracılığıyla nasıl gerçekleştirileceği incelenmektedir.

## 1. GİRİŞ

Marc/Mentat içerisinde “Interference Fit” özelliği ile iç içe sıkı bir şekilde geçebilecek yapıların simülasyonları gerçekleştirilmektedir. Örnek vermek gerekirse bir dişlinin bir şafta sıkı geçmesi, burçlar, valfler, kauçuklar vb. yapılarda bu özellik kullanılmaktadır.

Kontak uygulamaları ile arasında temelde iki farkı bulunmaktadır. Birincisi “Interference Fit” ile daha büyük toleranslarda çalışılabilir, ikinci olarak ise “Interference Fit” özelliği ile birlikte adım adım çözüm alınabildiği için daha doğru sonuçlarla ulaşılmaktadır.

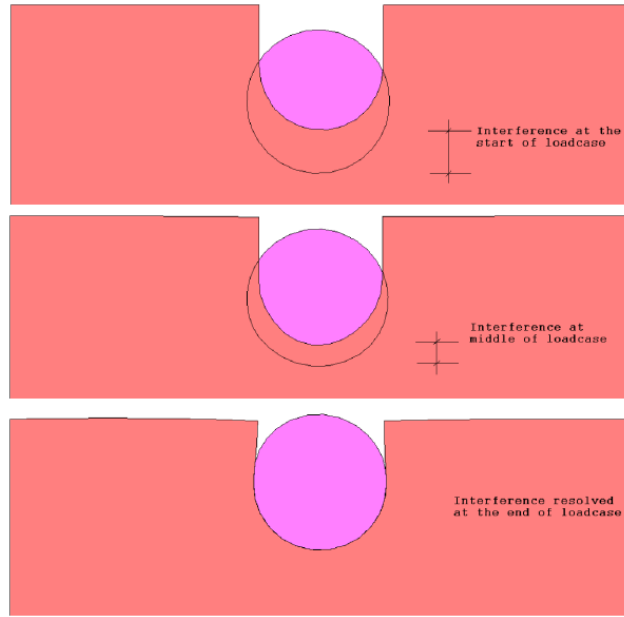
“Interference Fit” tanımlaması özünde bir kontak problemidir. Dolayısıyla Marc/Mentat’ın gelişmiş kontak algoritması ile bu tip problemlerin çözümü gerçekleştirilmektedir.

Marc/Mentat içerisinde “Interference Fit” uygulamalarını gerçekleştirmenin birden fazla yöntemi bulunmaktadır. Bunlar:

- Contact Normal
- Translation
- Scaling
- Automatic
- User-subroutine

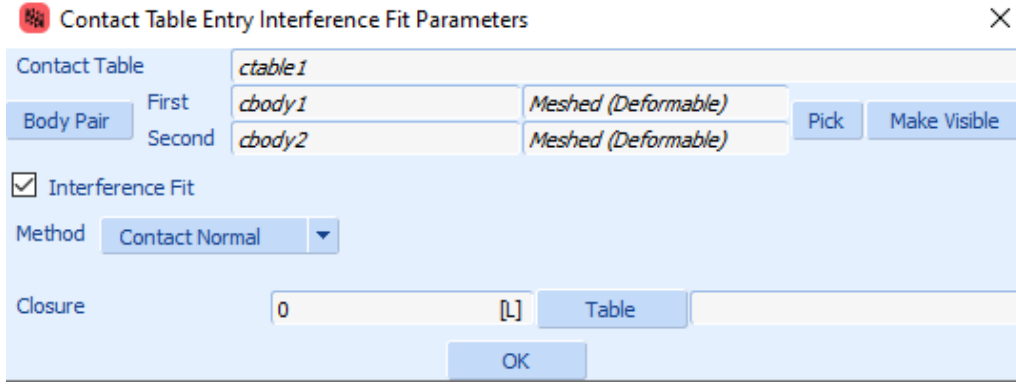
Bu yöntemlerin seçimi, kullanılan geometriye veya uygulamaya göre değişiklik gösterebilir. Bunun yanında seçilen yöntemlere göre kontak algoritmasını düzenlemek gerekmektedir.

- a) **Kontak Normali Metodu (Contact Normal):** Bu yöntem genellikle küçük girişimlerin olduğu uygulamalarda tercih edilmektedir. Kontak normaline göre simülasyonlar gerçekleştirilir. Burada kontakta giren nodlar diğer yapının segmentlerine dik olacak şekilde yansıtılmaktadır. Burada yansıtılma işlemi gerçekleştirilirken kullanıcının tanımlandığı ölçü kullanılmaktadır. Kullanıcının tanımladığı ölçü ise yapılar arasındaki boşluk ya da sıkı geçme miktarıdır. Bu değer tanımlanırken yapılar arasında boşluk var ise pozitif, iç içe geçme var ise negatif olarak Marc içerisine tanımlanır. Bu yöntem büyük miktarda girişimlerin veya boşlukların bulunduğu yapılar için yeterince verimli çalışmayabilir. Şekil 1’de örnek bir simülasyon görülmektedir.



Şekil 1. Örnek Bir Simülasyon

“Contact Normal” haricinde kalan diğer yöntemler, genellikle büyük miktarda iç içe geçmenin ya da yapılar arasında büyük miktarda boşlukların bulunduğu zamanlarda tercih edilmektedir. Bu yöntemlerin temel farkı birbirine temas etmesi gereken düğüm noktaları arasında tanımlanan kontak için bir vektör tanımlaması yapılmasıdır. Ayrıca bu vektör “Pseudo Displacement Vector”ünü referanslamaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır. Örneğin, skalar değer tanımlanırken boşluk miktarı ya da iç içe geçme miktarı 0’a gidecek şekilde bir tabloya referanslanmalıdır. Ayrıca analiz başında belirtilen skalar değere göre düğüm noktaları taşındığı için dönme yönünde olan davranışlar istendiği gibi modellenemeyebilir. Şekil 2’de bu metot ile ilgili parametre düzenleme ekranı görülmektedir.



**Contact Table Entry Interference Fit Parameters**

Contact Table: *ctable1*

Body Pair	First	Second	Material	Buttons
	<i>cbody1</i>	<i>cbody2</i>	<i>Meshed (Deformable)</i>	Pick Make Visible
			<i>Meshed (Deformable)</i>	

Interference Fit

Method: **Contact Normal**

Closure: 0 [L] Table

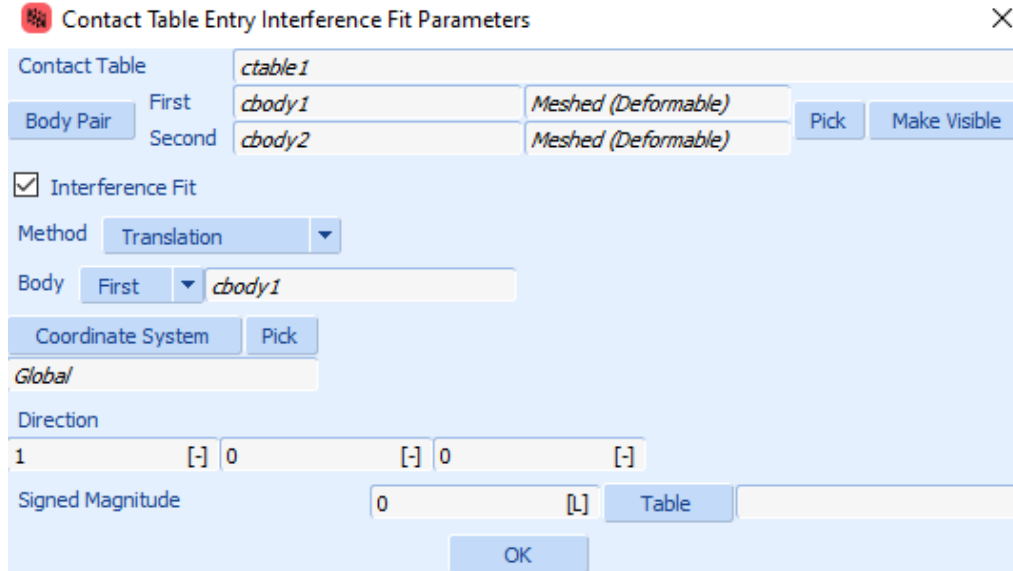
OK

Şekil 2. Contact Normal Metodu

b) **Translation Yöntemi:** Bu yöntemde kullanıcı şu parametleri yazılıma tanımlamalıdır:

- Vektörün büyüklüğü,
- Vektör yönü,
- Yön bilgisi için bir koordinat takımı,
- Şekil değişikliğine uğrayacak parça tanımı,
- Çözüm süresince kullanılmak üzere, vektör büyüklüğüne ait bir tablo tanımlaması.

Böylece kullanıcının tanımladığı büyüklük ve yöne göre simülasyonlar gerçekleştirilir. Bu yöntem genellikle büyük miktarda iç içe geçmelerin ya da büyük miktarda boşlukların olduğu yapılarda ve yön tanımlaması gerektiren simülasyonlarda kullanılmaktadır. Şekil 3’de bu metot ile ilgili parametre düzenleme ekranı görülmektedir.



**Contact Table Entry Interference Fit Parameters**

Contact Table: *ctable1*

Body Pair	First	Second	Material	Buttons
	<i>cbody1</i>	<i>cbody2</i>	<i>Meshed (Deformable)</i>	Pick Make Visible
			<i>Meshed (Deformable)</i>	

Interference Fit

Method: **Translation**

Body: First *cbody1*

Coordinate System: **Global**

Direction: 1 [-] 0 [-] 0 [-]

Signed Magnitude: 0 [L] Table

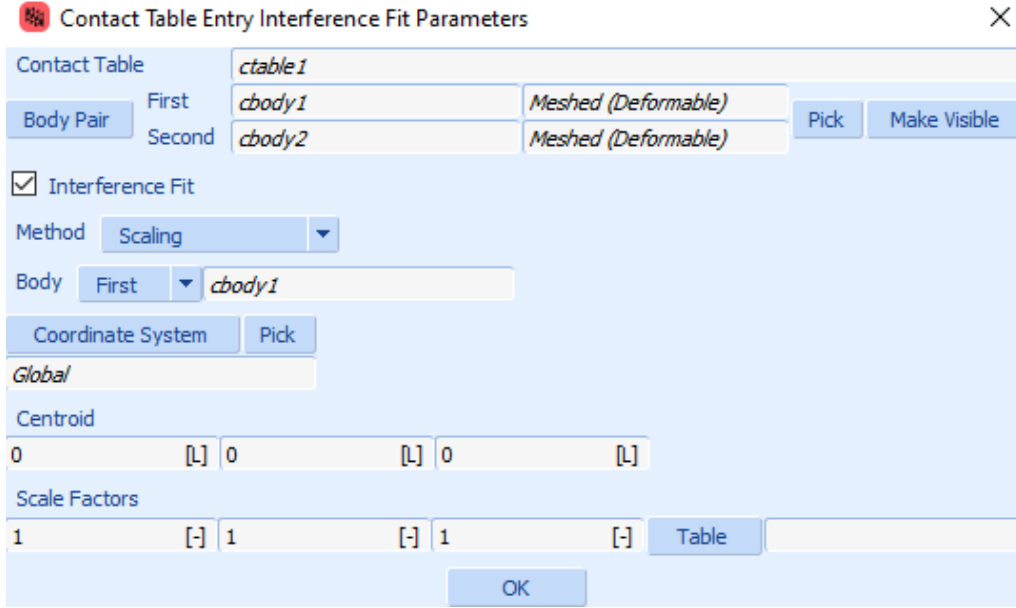
OK

Şekil 3. Translation Metodu

c) **Scaling Yöntemi:** Burada düğüm noktaları üzerinden orantısal bir yer değiştirme gerçekleştirilir. Bu yöntemde kullanıcı şu parametleri yazılıma tanımlanmalıdır:

- Orantısal yer değiştirmenin gerçekleştirileceği merkez nokta,
- X,Y ve Z yönleri için bir oran (scale factor),
- Koordinat sistemi,
- Şekil değişikliğine uğrayacak parçanın tanımı,
- Çözüm süresince kullanılmak üzere, vektör büyüklüğüne ait bir tablo tanımlaması.

Şekil 4'de bu metod ile ilgili parametre düzenleme ekranı görülmektedir.



Contact Table		cbody1			
Body Pair	First	cbody1	Meshed (Deformable)	Pick	Make Visible
	Second	cbody2	Meshed (Deformable)		
<input checked="" type="checkbox"/> Interference Fit					
Method	Scaling				
Body	First	cbody1			
Coordinate System	Pick				
Global					
Centroid	0	[L]	0	[L]	0 [L]
Scale Factors	1	[-]	1	[-]	1 [-]
Table					
OK					

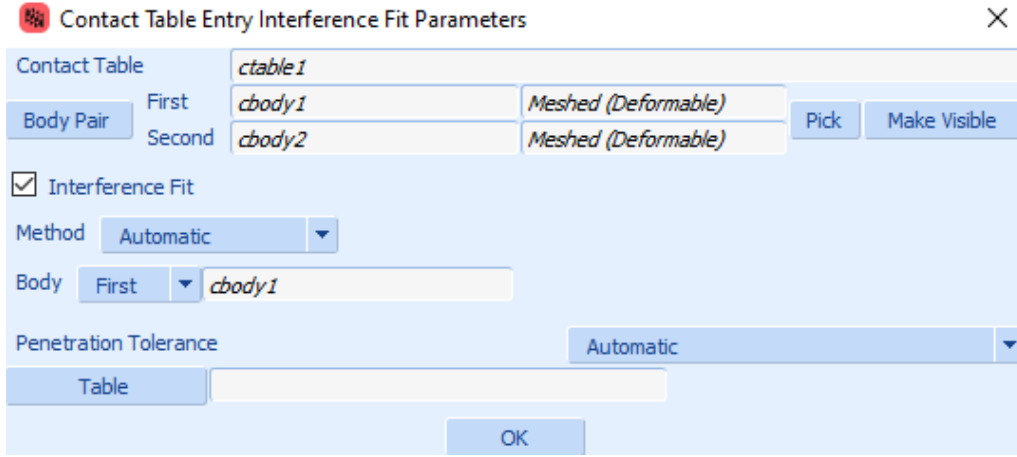
Şekil 4. Scaling Metodu

d) **Otomatik Yöntem:** Bu yöntem genellikle iç içe geçmiş parçaların simülasyonu için kullanılmaktadır. Bu yöntemde kullanıcı şu parametleri yazılıma tanımlanmalıdır:

- Penetrasyon miktarı,
- Şekil değişikliğine uğrayacak parçanın tanımı,
- Penetrasyon miktarını zamanla sıfırlayan bir tablo tanımı.

Burada penetrasyon miktarı tanımlanırken gerçekte bulunan değerden biraz daha fazla olacak şekilde yazılıma girdi sağlanmalıdır. Ayrıca kabuk elemanlar kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde, kabuk elemanların üst ve alt bölge tanımına dikkat edilmelidir.

Şekil 5'de bu metod ile ilgili parametre düzenleme ekranı görülmektedir.

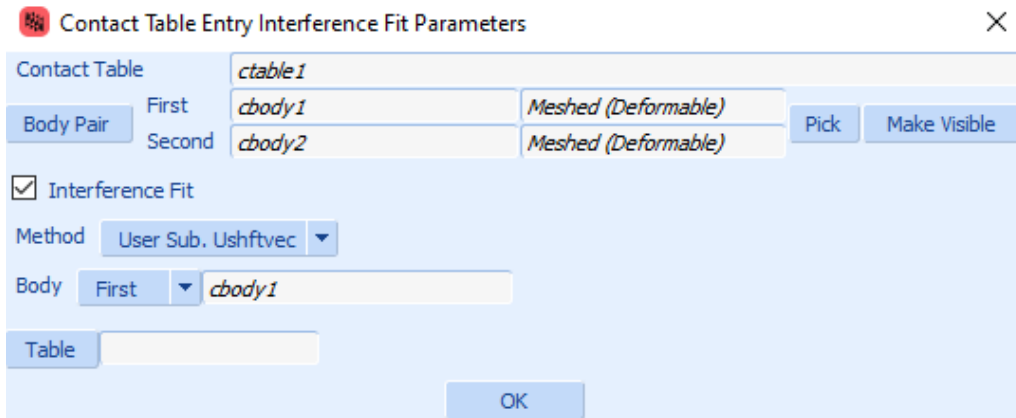


Şekil 5. Automatic Metot

e) **USHFTVEC User Subroutine Yöntemi:** Bu yöntem kullanılırken aşağıdaki unsurlara dikkat edilmelidir:

- Şekil değişikliğine uğrayacak parça tanımı,
- Sıkı geçme (interference fit) miktarı

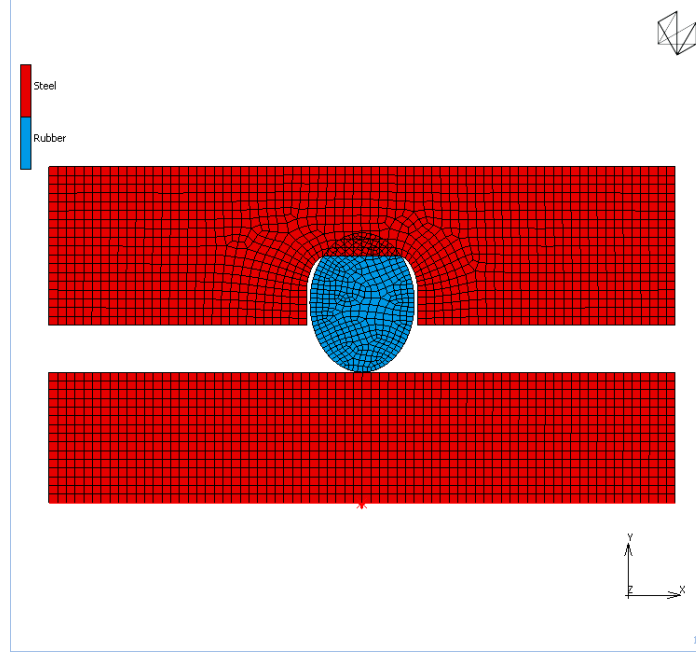
Şekil 6'da bu metot ile ilgili parametre düzenleme ekranı görülmektedir.



Şekil 6. USHFTVEC User Subroutine Metodu

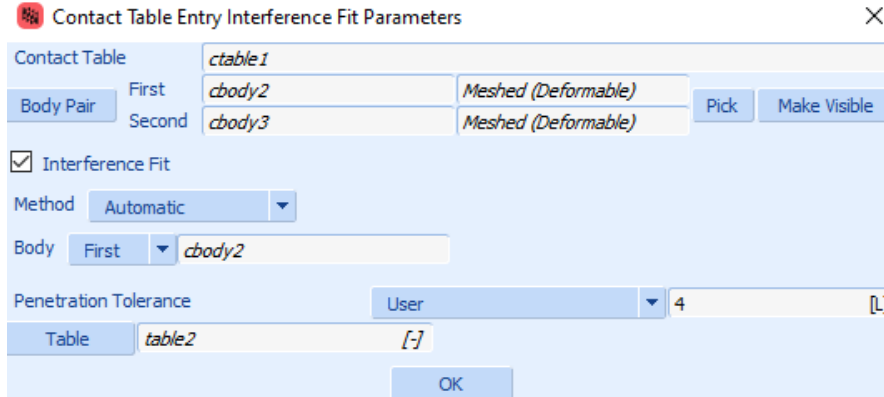
## 2. ÖRNEK ANALİZ ÇALIŞMASI

Bu bölümde Marc/Mentat kullanılarak gerçekleştirilen örnek bir simülasyondan bahsedilmektedir. Yapılan çalışma ile Marc/Mentat'ın "Interference Fit" kabiliyetinin gösterilmesi hedeflenmiştir. Analiz modeli içerisinde iki adet çelik silindirik tüp ve bu iki tüpün ortasında bir adet kauçuk malzeme yer almaktadır. Ayrıca çözüm süresini kısaltmak için aksel simetri (Axisymmetric) modelleme yöntemi tercih edilmiştir. Simülasyonda kullanılan yapı Şekil 7'de görüldüğü gibidir.



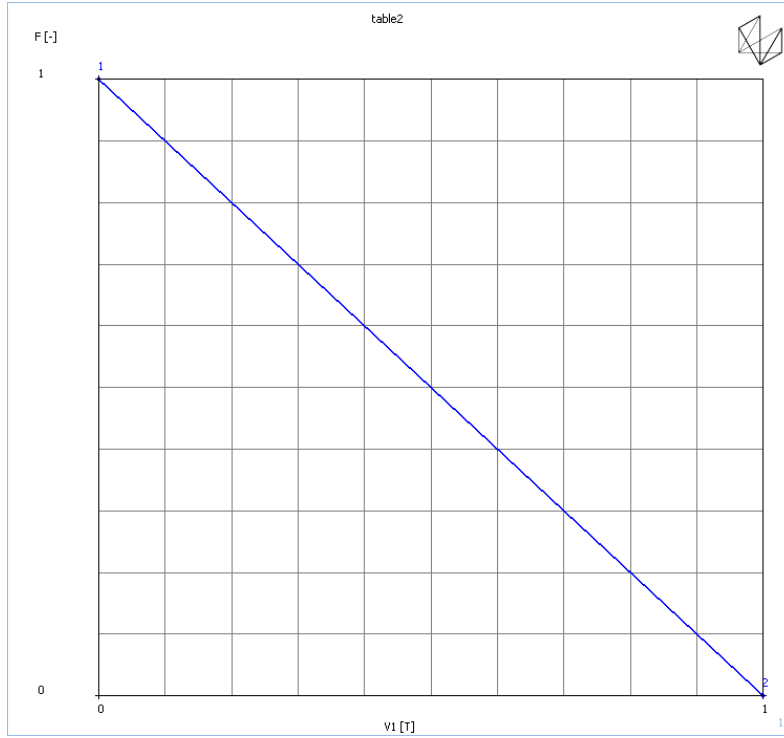
Şekil 7. Simülasyonlarda Kullanılan Model

Burada mavi renkle görülen kauçuk parça sıkışarak yuvasına oturmaktadır. Yaklaşık 3.5 mm'lik bir iç geçme söz konusudur. Yüksek seviyede bir girişim olduğundan dolayı "Interference Fit" yöntemi olarak "Automatic Method" seçilmiştir. Şekil 8'de metod parametreleri görülmektedir.



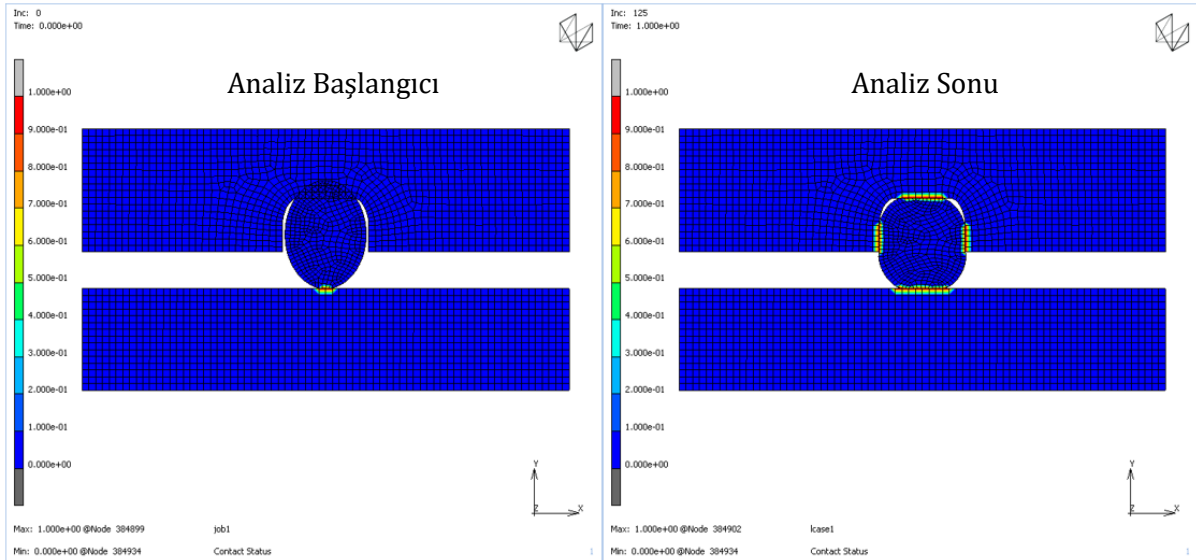
Şekil 8. "Interference Fit" Parametreleri

Şekil 8’de yer alan tablo bölümüne, penetrasyon miktarı analiz sonunda sıfır olacak şekilde bir grafik tanımlanmıştır. Bu grafik Şekil 9’da görülmektedir.



Şekil 9. Penetrasyon Miktarının için Tanımlanan Grafik

Şekil 10’da analizin başlangıcında ve analizin sonunda kontakta giren düğüm noktaları görülmektedir.



Şekil 9. Analiz Kontak Sonuçları

Sonuç olarak Marc/Mentat kullanılarak bu yazıda anlatılan türde simülasyonlar farklı yöntemler kullanılarak modellenilebilir. Ancak modelleme yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar bulunmaktadır:

- Analiz adım sayısı,
- Seçilen yönteme göre kontak algoritmalarında yapılması gereken değişiklikler,
- Mesh elemanlarının boyutları.

### 3. REFERANSLAR

- Marc 2023.3 Volume A: Theory and User Information
- Marc 2023.3 Volume E: Demonstration Problems