

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYNAK DİKİŞLERİNDE OLUŞAN YANMA
OLUKLARINDAKİ GERİLMENİN SONLU ELEMANLAR
YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

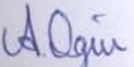
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Onur KÖKÜMER


Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT


Bu tez 12/06/ 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Ahmet OĞUR

Jüri Başkanı


Doç. Dr.
Kenan GENEL

Üye


Yrd. Doç. Dr.
Ergün NART

Üye

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAYNAK DİKİŞLERİNDE OLUŞAN YANMA
OLUKLARINDAKİ GERİLMENİN SONLU
ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Onur KÖKÜMER

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet OĞUR

Mayıs 2009

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAYNAK DİKİŞLERİNDE OLUŞAN YANMA
OLUKLARINDAKİ GERİLMENİN SONLU
ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Onur KÖKÜMER

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜH.

Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE İMALAT

Bu tez 12/06/ 2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Ahmet OĞUR

Jüri Başkanı

Doç. Dr.
Kenan GENEL

Üye

Yrd. Doç. Dr.
Ergün NART

Üye

TEŐEKKÖR

Bu konuyu öneren ve çalıőmamın her aőamasında bana yardımcı olan danıőman hocam Prof. Dr. Ahmet OĞUR' a, Doç. Dr. Kenan GENEL' e ve Yrd. Doç. Dr. Muhammet CERİT' e teőekkÖrlerimi sunarım.

Her konuda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teőekkÖr ederim.

Çalıőmalarımnda bana yardımcı olan sevgili arkadaşlarım Arő. Gör. Alper KIRAZ' a, Serhat CİNAL' a ve sevgili ağabeyim Hakan BEŐİR' e teőekkÖr ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK HATALARI.....	2
2.1. Kaynak Bölgeleri ve Hataları	2
2.1.1. Çatlaklar.....	2
2.1.2. Boşluklar	4
2.1.3. Kalıntılar	4
2.1.4. Yetersiz Erime.....	5
2.1.5. Nüfuziyetin Azlığı.....	5
2.2. Yanma Oluğu.....	6
BÖLÜM 3.	
GERİLME YIĞILMASI.....	8
3.1. Gerilme Yıgılma Faktörü	8

BÖLÜM 4.

SONLU ELEMENLAR METODU VE ANSYS WORKBENCH.....	12
4.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi	12
4.2. Sonlu Elemanlar Yönteminin Aşamaları.....	12
4.3. İş Parçasının Modellenmesi ve Elemanlara Ayrılması	13
4.3.1. Modelleme Kabulleri.....	13
4.3.2. İş Parçasının Modellenmesi	14
4.3.3. Malzemenin Mekanik Özellikleri.....	16
4.3.4. İş parçasının Elemanlara Ayrılması	16
4.3.5. Sınır Şartlarının Girilmesi.....	17
4.3.6. Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Kt Hesaplanması	18
4.3.7. Kesikli Yanma Oluklarının Tasarımı Ve Analizi.....	21

BÖLÜM 5.

SONLU ELEMEN HESAPLAMALARININ SONUÇLARI	24
5.1. Genel Sonuçlar.....	24
5.1.1. Kaynak Dikişinin İş Parçasıyla Olan Açısının Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi	25
5.1.2. Kaynak Dikişinin Köşesindeki Yuvarlatma Yarıçapının ve Kalınlığın Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi	26
5.1.3. Yanma Oluşunu Derinliğinin Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi	27
5.1.4. Yanma Oluşunun Genişliğinin Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi	28
5.1.5. Yanma Oluşunun Dibindeki Dairesellik Yarıçapının Gerilmeye Olan Etkisi	29
5.1.6. Yanma Oluşunun V Ağız Açısının Gerilmeye Olan Etkisi.....	29

5.1.7. Yanma Oluğunun Kesikli Şekilde Olmasının Gerilmeye Olan Etkisi.....	30
BÖLÜM 6.	
REGRESYON ANALİZİ	31
6.1. Lineer Regresyon	31
6.1.1. Lineer Regresyonun SPSS’te yapılması	34
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
KAYNAKLAR.....	38
EKLER	40
ÖZGEÇMİŞ	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Boylamasına çatlaklar.	3
Şekil 2.2. Enlemesine ve yıldız çatlaklar.	3
Şekil 2.3. Krater çatlaklar.	3
Şekil 2.4. Dağınık ve dalgalı çatlaklar.	3
Şekil 2.5. Boşluklar	4
Şekil 2.6. Kaynak dikişinde kalıntılar.....	5
Şekil 2.7. Yetersiz erime hatası.	5
Şekil 2.8. Nüfuziyet azlığı.....	5
Şekil 2.9: Köşe ve Alın Kaynağında Oluşan Yanma Oluğu Hatası	6
Şekil 2.10: Kaynak Dikişlerinin Farklı Bölgelerinde Oluşan Yanma Olukları	6
Şekil 3.1. Basit çekme durumunda çentikli kısımlarda oluşan gerilme yığılmaları	8
Şekil 3.2. Çekilmeye çalışılan bir elips ve dairede x eksenini boyunca oluşan gerilme yığılması.....	9
Şekil 4.1. Mesh Yapılması ve Denklemlerin Elde Edilmesi.....	13
Şekil 4.2. Elektrik Ark Kaynağı için kaynak ağzının ve yanma oluşunun hazırlanması.	14
Şekil 4.3. Hazırlanan yanma oluşunun detay resmi.	14
Şekil 4.4. İş parçasının CATIA'da hazırlanan üç boyutlu hali	15
Şekil 4.5. Yanma oluşunun sonlu elemanlar modelinin ağ görünümüleri	16
Şekil 4.6. Yanma oluşunun sonlu elemanlar modelinin ağ görünümüleri	17
Şekil 4.7. İş parçasına sınır şartlarının uygulanması	18

Şekil 4.8. İş parçasının analiz sonuçlarından σ_{max} 'ın Ansys workbench'ten okunması.....	19
Şekil 4.9. Kesikli yanma oluşunun üç boyutlu gösterimi.....	22
Şekil 4.10. Kesikli yanma oluşunun mesh (ağ) görünümü.....	22
Şekil 4.11. Kesikli yanma oluşunda gerilmenin okunması	23
Şekil 5.1. Yanma oluksuz iş parçasında maksimum gerilme yeri.....	24
Şekil 5.2. Kt'in kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısına göre değişimi.....	25
Şekil 5.3. Kt'in Kaynak dikişinin köşe açısının parçanın kalınlığına oranına göre değişimi.....	26
Şekil 5.4. Kt'in yanma oluşu derinliğine göre değişimi.....	27
Şekil 5.5. Gerilmenin yanma oluşunda maksimum olduğu nokta	28
Şekil 5.6. Kt'in yanma oluşu genişliğine göre değişimi.....	28
Şekil 5.7. Kt'in yanma oluşu dip yarıçapına göre değişimi.....	29
Şekil 5.8. Kt'in kesikli ve devamlı yanma oluklarına göre değişimi	30
Şekil 6.1. Regresyon analizinin SPSS'te yapılması	34
Şekil 6.2. SPSS'te bağımlı ve bağımsız değişkenlerin seçilmesi.....	35
Şekil 6.3 SPSS'ten sonuçların alınması.....	35

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Yanma oluğunun değişen parametreleri.....	15
Tablo 4.2.: Kullanılan çeliğın mekanik özellikleri.....	16
Tablo 4.3 İş Parçasının hesaplanan Kt değerleri.....	20
Tablo 4.4 Kesikli yanma oluklarının hesaplanan Kt değerleri.....	21

ÖZET

Kaynaklı imalatta alın kaynağı ile yapılan iş parçalarında oluşabilecek en önemli kaynak hatalarından biri yanma oluşudur. Bu çalışmada, yanma oluşunun gerilme dağılımını ve parça mukavemetini nasıl etkilediği nümerik olarak incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla, yanma oluşu için kabul edilip kabul edilemeyeceği geliştirilebilecektir. Başka bir deyişle, bu hatanın hangi durumlarda kabul edilip hangi durumlarda kabul edilemeyeceği belirlenebilecektir. Bu çalışmada önce farklı kaynak dikişlerinde farklı boyut ve profillerde yanma olukları oluşturulmuştur. Bu iş parçalarına sabit yükler uygulanarak oluşan gerilme dağılımları sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenmiş ve sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur. Yanma oluşunun, gerilme dağılımına etkisini belirleyebilmek için, Sonlu Elemanlar Yöntemi ile çalışan ANSYS WORKBENCH paket programı kullanılmıştır.

ANALYSIS OF THE TENSILE ON UNDERCUT IN WELDING SEAM WITH FINITE ELEMENTS METHOD

SUMMARY

Key Words: Welding Faults, Undercut, Stress Concentration, Finite Element Method, ANSYS WORKBENCH

The one of the most important welding faults occurring in the work pieces produced by forehead welding is undercut. In the present study, effect of undercut on the stress distributions in the work piece and strength of work piece is investigated numerically. Some criterions will be improved to accept or not accept the welded work pieces by using obtained results in this study. In the other word, it will be observed whether undercut can be accepted in which case. In this study, firstly undercut were formed on welding seam which have different dimensions and profiles. Applying same forces to these work pieces, stress distributions were calculated by using finite element method and results were presented with graphics. ANSYS WORKBENCH software program was used that runs by using The Finite Element Method for determination of the effects of undercut to stress distribution.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde imalat yöntemleri içerisinde, kaynaklı imalattan giderek daha fazla yararlanıldığı somut bir gerçek olarak gözlenmektedir. Bir imalatın ortaya çıkarılmasına dönük işlemler içerisinde, tasarımdan uygulama aşamasına kadar, kaynak yöntemi büyük önem taşımaktadır. Kaynak işlemi gerektirdiği yüksek sıcaklıktan dolayı metalin içyapısına ve bazı hallerde de kimyasal bileşimine etki etmekte ve sonuçta malzemenin mekanik özelliklerini değiştirmektedir. Buna karşın kaynaklı birleştirme artık büyük makine konstrüksiyonlarında, gemilerde, köprülerde, basınçlı kaplarda ve buna benzer işlerde sık kullanılan bir teknik olmuştur. Kaynağın bu kadar geniş kullanım alanına sahip olması, kaynak hata ve kusurlarının önemini arttırmaktadır. Bu nedenle kaynak hatalarına neden olan çeşitli faktörlerin bilinmesi gerekir. Bir kaynaklı imalatta, dikişin tamamen hatasız olması mümkün değildir. Önemli olan yapılacak işe bağlı olarak, kaynak dikişindeki hataların kabul edilebilir seviyede olmasıdır. Kaynaklı konstrüksiyonlarda, kaynak bağlantısının güvenilir olabilmesi için kaynak dikişlerinde oluşan hataların kabul edilebilir olması veya bazı hataların hiç olmaması gerekir. Kaynak sırasında oluşan hatalar hem dikişin sürekliliğini bozar, hem de mukavemetini düşürür. Hangi yöntem olursa olsun kaliteli bir kaynak elde etmek için kararlı bir ısı veya basınç enerjisine, metali temizleyecek, atmosferin olumsuz etkilerinden koruyacak yöntemlere ve metalürjik etkileri azaltacak önlemlere ihtiyaç vardır.[1]

BÖLÜM 2. KAYNAK HATALARI

2.1. Kaynak Bölgeleri ve Hataları

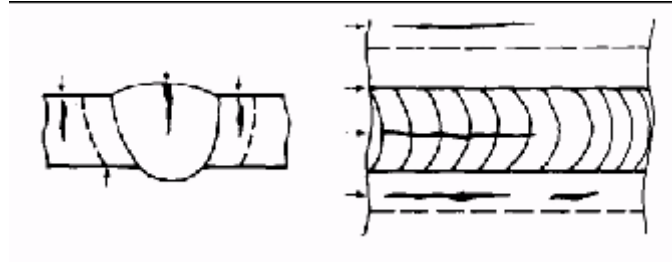
Makine imalatında olduğu kadar bayındırlık işlerinde de kaynağın, başvuru başlıca imalat yöntemleri arasında yer alması, kaynaktan meydana gelen hata ve kusurlarının en aza indirilmesi için yoğun çalışmaların yürütülmesine neden olmuştur. İş parçasının belirli bir bölümünde, gerilme değerlerinin aşırı derecede yüksek olması durumunda, özellikle insan hayatının söz konusu olduğu ortamlarda emniyet azalmaktadır. Bu bakımdan kaynaklı konstrüksiyonlarda kaynak dikişlerinin kontrolü çok önemlidir. [2]

2.1.1. Çatlaklar

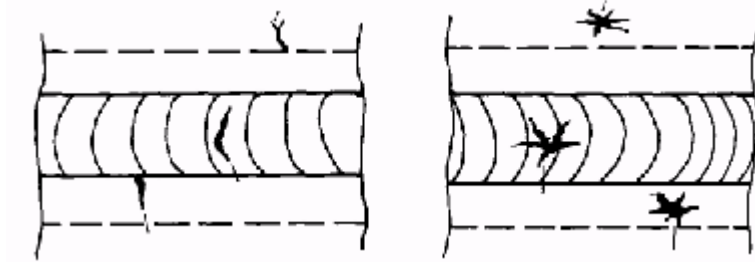
En tehlikeli kaynak hatasıdır. Eritme kaynağında; esas metalde, kaynak metalinde veya ısının tesiri altındaki bölgede ortaya çıkabilir.

Çatlaklar görünüşleri bakımından aşağıdaki biçimde sınıflandırılır:

- a-) Boylamasına çatlaklar
- b-) Enlemesine çatlaklar
- c-) Yıldız çatlaklar
- d-) Krater çatlaklar
- e-) Dağınık çatlaklar
- f-) Mikro (kıl) çatlaklar



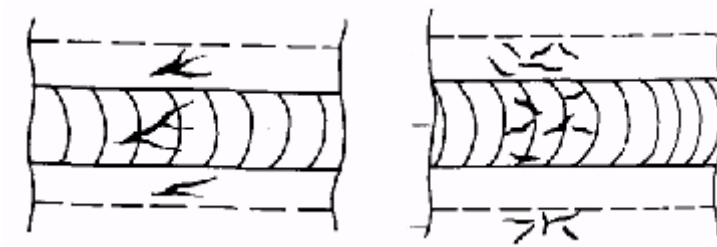
Şekil 2.1. Boylamasına çatlaklar (şematik).



Şekil 2.2. Enlemesine ve yıldız çatlaklar (şematik).



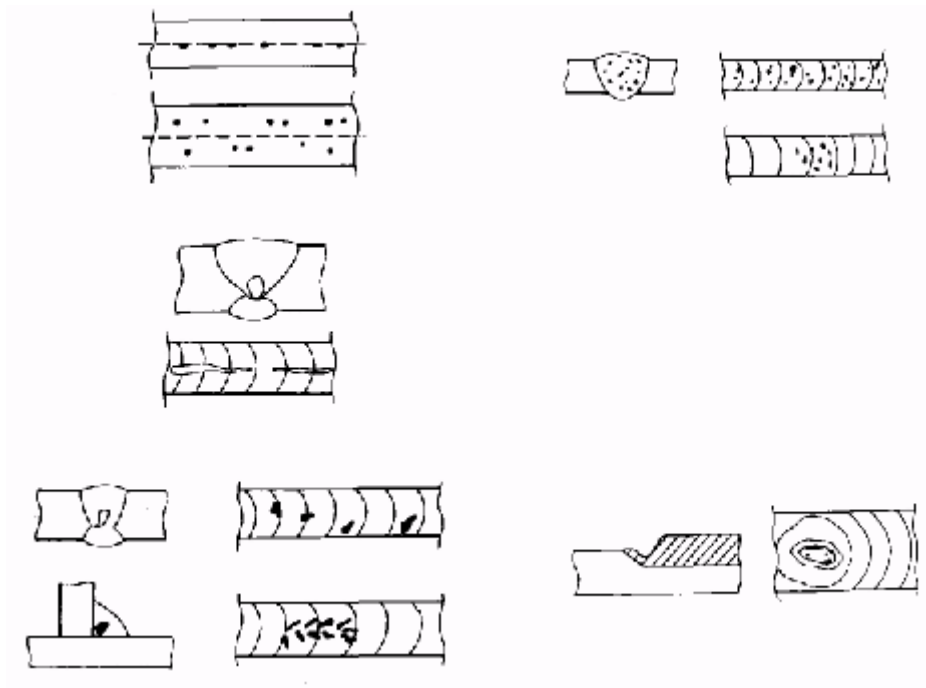
Şekil 2.3. Krater çatlaklar (şematik).



Şekil 2.4. Dağınık ve dalgalı çatlaklar (şematik).

2.1.2. Boşluklar

Gözenek olarak da adlandırılan bu hatalar; kaynak esnasında meydana gelen gazların dikişi terk edemeyip, içeride hapsolması veya tam yüzeyde iken katılaşmanın tamamlanması neticesinde ve bazen de metalin kendini çekmesi dolayısıyla meydana gelirler. Boşluklar düzenli veya gelişigüzel dağılmış yuvarlak şekilli, kanallar şeklinde metal içerisinde veya dikiş yüzeyinde bulunabilirler.

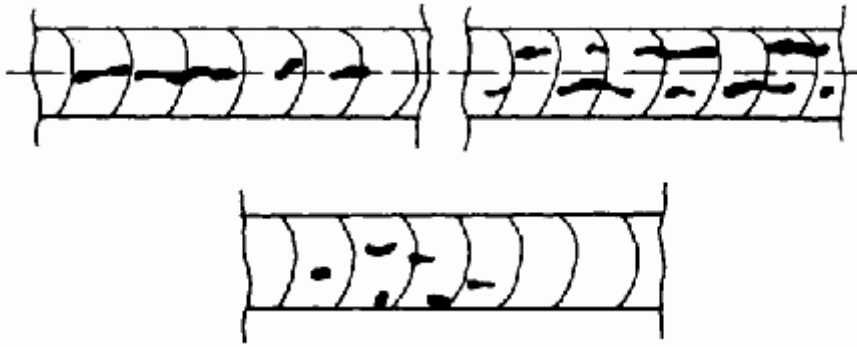


Şekil 2.5. Boşluklar (şematik)

2.1.3. Kalıntılar

Kaynak metalinde bulunabilecek dekapan ve kaynak tozu kalıntıları, oksit kalıntıları ve ağır metal kalıntılarıdır. Örnek olarak; alüminyumun kaynağında teşekkül eden AL_2O_3 'in kaynak metali içerisinde kalması, tungsten kalıntıları verilebilir.

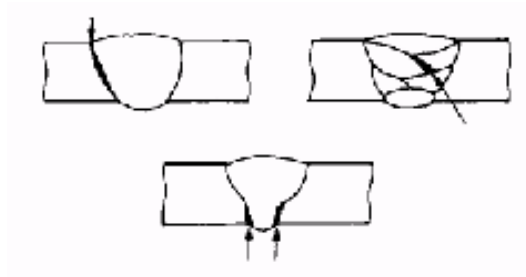
Elektrik ark kaynağında; elektrot örtüsü veya kaynak tozundan teşekkül eden cüruf parçacıkları, devamlı veya kesikli hatlar şeklinde kaynak metali içerisinde kalabilir.



Şekil 2.6. Kaynak dikişinde kalıntılar (şematik)

2.1.4. Yetersiz Erime

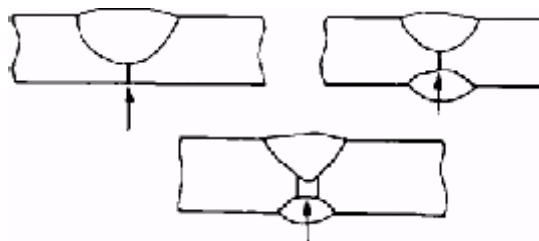
Kaynak metali ile esas metal veya çok pasolu birleştirmede pasolar arasında ortaya çıkan birleşme azlıklarıdır.



Şekil 2.7. Yetersiz erime hatası (şematik).

2.1.5. Nüfuziyetin Azlığı

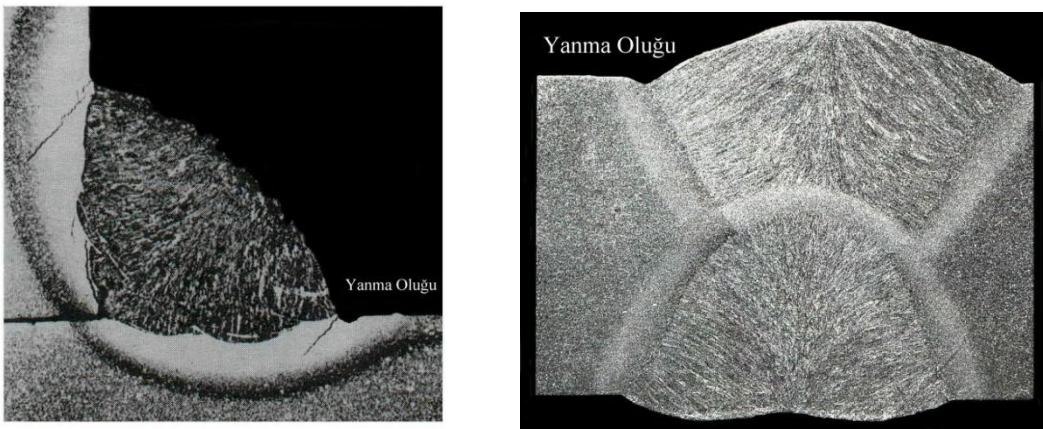
Erimenin bütün malzeme kalınlığı boyunca olmaması şeklinde ortaya çıkan, kaynaklanmamış kısımların bulunmasıdır.



Şekil 2.8. Nüfuziyet azlığı (şematik)

2.2. Yanma Oluğu

İş parçasının, fazla ısınmadan dolayı yanma nedeniyle delinmesi ile oluşan bu hata, kaynağı takip eden esas malzemede, kaynak metalinde, dikiş kenarlarında oluk veya çentik şeklinde, dikiş boyunca devamlı veya kesikli şekilde görülebilmektedir (Şekil 2.9-2.10). Özellikle, dinamik zorlamaya maruz iş parçalarında bu hata oldukça önemlidir. Bu tip yükleme durumlarında, en ufak bir çentik veya oluğa müsaade edilmemelidir. Statik zorlanmalarda ise küçük ve kesikli oluklar dikkate alınmayabilir. [3]



Şekil 2.9: Köşe ve Alın Kaynağında Oluşan Yanma Oluğu Hatası



a) Devamlı Yanma Olukları



b) Kesikli Yanma Olukları

c) Kökteki Yanma Olukları

Şekil 2.10: Kaynak Dikişlerinin Farklı Bölgelerinde Oluşan Yanma Olukları

Yanma oluğu bulunan küçük bir bölgede gerilme değerlerinin yüksek olması durumunda parçada çentik etkisi oluşmakta ve yapılan mukavemet hesaplarının çok altındaki gerilme

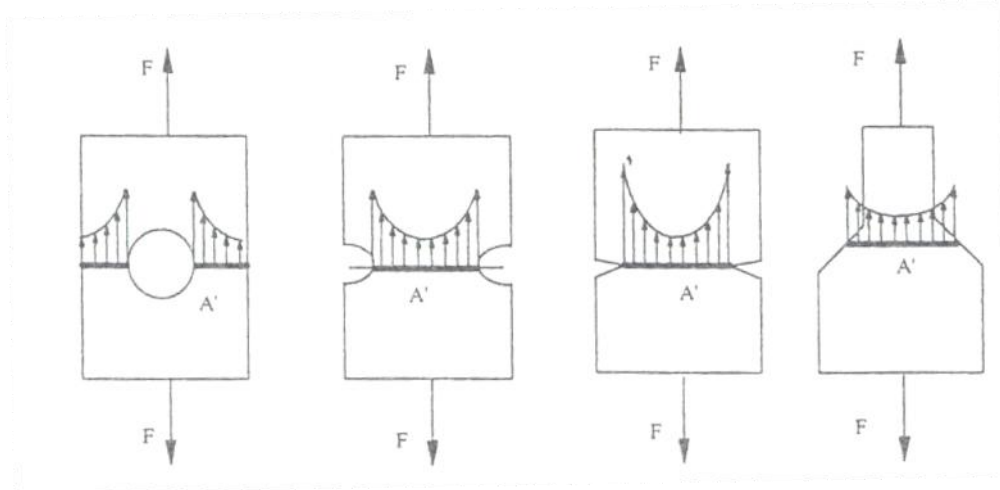
değerlerinde parçalar kırılabilmektedir. Dinamik zorlamaya maruz, çentikli kaynak dikişlerinin mukavemeti oldukça zayıftır. Bu bakımdan en ufak bir çentik veya oluğun oluşmasına izin verilmemelidir. Buna rağmen statik zorlamalarda küçük ve kesikli oluklar dikkate alınmayabilir. Yanma olukları başka bir şekilde de oluşabilir. Malzemenin bir kısmı buhar haline geçip ani bir hacim genişlemesine yani patlamaya neden olur. Bu patlama sonucunda oluklar oluşur. Yanma nedeniyle oluşan oluk veya çatlakların nedenleri şunlardır ;

- Akım şiddetinin yüksek seçilmesi,
- Kaynakçının fazla hızla çalışması,
- Elektrot veya kaynak çubuğunun fazla zigzag hareketler yapması,
- Uygun kaynak yönteminin seçilmemesi,
- Büyük güçlü üfleç ile kaynak yapmak,
- Elektrotun kaynak sırasında yanlış açıyla tutulması,
- Esas metalin aşırı derecede paslı veya elektrotun rutubetli olması gibi.

BÖLÜM 3. GERİLME YIĞILMASI

3.1. Gerilme Yığılma Faktörü

Kuvvet etkisi altında kalan elemanlarda gerek iç kısımlarda gerekse kenarında bir süreksizlik bulunabilir. Bazı durumlarda bu elemanların kesitlerinde yavaş veya ani bir kesit değişimi olabilir. Bu gibi elemanlarda oluşacak gerilmelerin üniform olmadığı görülür. Parçaların imalatı sırasında oluşabilecek boşluk, çatlak ve diğer birikintiler ile meydana gelmiş çok küçük boşluklarda gerilme üniform olarak dağılmayabilir. Bazı hallerde oluşacak gerilmeler, ortalama gerilmeler (F/A)'dan çok farklı olacaktır. Bazı bölgelerde gerilmeler maksimum değerine ulaşırlar. İşte gerilmelerin ortalama değerinden ayrılarak bazı bölgelerde maksimum değerine ulaşmasına gerilme yığılması denir ve bu çentik etkisi diye adlandırılır, Şekil 3.1.[4]



Şekil 3.1. Basit çekme durumunda çentikli kısımlarda oluşan gerilme yığılmaları

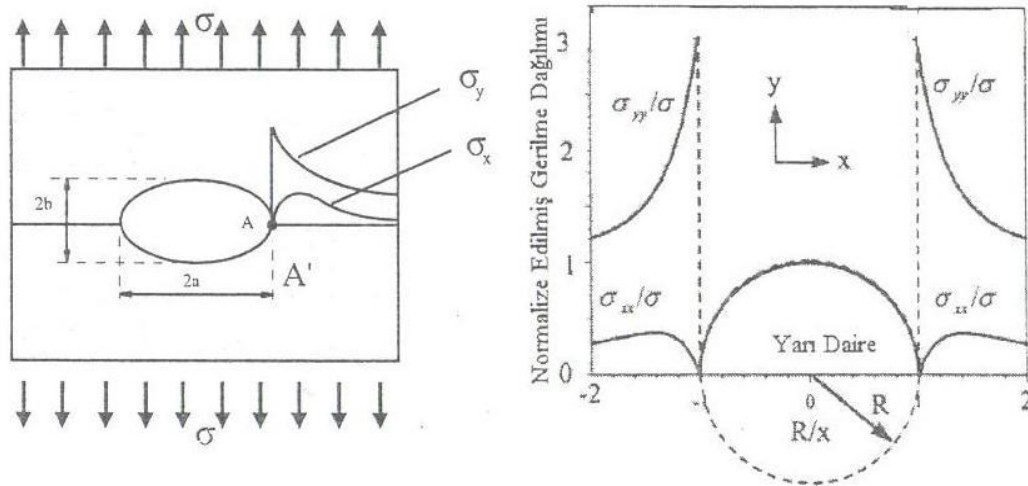
Genel olarak bu hallerde $\sigma_{\max} = K \frac{F}{A'}$ formülü ile ifade edilir. Burada A' kesit alanını, K gerilme birikmesi veya gerilme yığılma katsayısını göstermektedir. K değeri her zaman $K \geq 1$

'dir. Böylece bu gerilme birikim değeri maksimum yerel gerilmenin ortalama gerilmeye oranı şeklinde de ifade edilebilir. Böylece gerilme yığılma katsayısı

$$K = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{ort}}$$

(Burada kullanılan K değeri ileriki denklemlerde Kt olarak adlandırılacaktır.)

Elemanlara etki eden gerilmeler üniform olsa bile elemanların içinde buldukları süreksizlikler dolayısı ile bu noktalarda gerilmeler üç eksenli bir hal alabilirler, şekil 3.2. İşte bu üç eksenli gerilme hali parçalara neden olabilir.



Şekil 3.2. Çekilmeye çalışılan bir elips ve dairede x eksenli boyunca oluşan gerilme yığılması

Şekil 3.2 'deki gibi ortasında elips şeklinde bir delik bulunan bir levhada oluşan gerilme dağılımı Englis tarafından incelenmiş olup, A noktasında oluşan maksimum gerilme şu şekilde ifade edilmiştir.

$$\sigma_{\max} = \sigma \left[1 + \frac{2a}{b} \right] = \frac{F}{A'} \left[1 + \frac{2a}{b} \right]$$

Özel olarak a/b oranı arttıkça σ_{\max} değeri de artmaktadır. $a/b = 100$ için $K = \sigma_{\max} / \sigma_{ort} = 201$ olmaktadır. Özel olarak elemanlarda uzunlamasına bir çatlak bulunması durumunda $b \approx 0$ olmakta, dolayısıyla $K \rightarrow \infty$ olmaktadır. Bu ise parçada bulunan çatlağın mukavemet düşürücü özelliğini bariz olarak ifade etmektedir.

ρ içteki elipsin a ucundaki yarıçapı, elipsin uzun ve kısa kenar uzunluklarının yarısı a ve b ise geometriden $b = \sqrt{a\rho}$ şeklinde yazılabilir ve böylece yukarıdaki denklem

$$\sigma_{\max} = \sigma \left[1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \right]$$

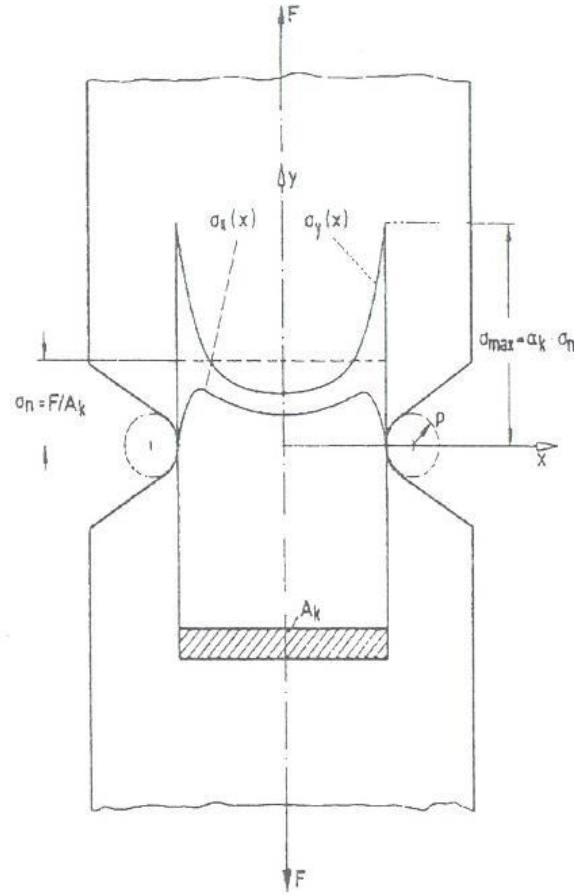
Şeklinde yazılabilir. İşte $\left[1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \right]$ değerine delikler için gerilme yığılması faktörü de denir.

Denklemden anlaşılacağı üzere daire kesitli deliklerde $a=b$ olduğundan $K=3$ olmaktadır.

Gerilme birikmesi özellikle döküm gibi gevşek ve kırılğan malzemeler için çok tehlikelidir. Buna karşılık sünek malzemeler plastik şekil değişimine daha yatkın olduklarından bu gerilme birikimi etkisini önleyici yönde rol oynamaktadır.

Şekil 3.3' de kenarlarında çentik bulunan çekilmeye çalışılan bir levhada orta kısımda meydana gelen x ve y yönündeki gerilmenin dağılımı verilmiştir. Buna göre x yönündeki gerilme çentik ucunda sıfır olup çentikten uzaklaştıkça öne artmakta daha sonrada azalmaktadır. Y yönündeki gerilme ise çentik ucunda maksimum olup çentik ucundan uzaklaştıkça azalmaktadır ve asimptodik olarak çentiksiz kısımdaki gerilme değerine yaklaşmaktadır.

Gerilme yığılmaları sadece mikro çatlaklarda veya mikro boşluklarda oluşmazlar. Keskin köşeler, delikler, kesit değişiklikleri ve çentikler gibi mikroskobik seviyedeki yerlerde de gerilme yığılmaları meydana gelir.



Şekil 3.3. Eksenel yük altında çentikli bir levhada gerilme oluşumu

Gerilme yığılmaları bilhassa gevrek malzemelerde daha da zarar vericidir. Çünkü sünek malzemelerde çatlak ucunda plastik şekil değiştirmiş bölgenin boyutu fazla olduğunda bu bölgelerde çatlağın ucundaki bölgede gerilme üniform olarak dağılacaktır. Ancak gevrek malzemeler plastik olarak deforme olmadıklarından gerilme yığılması sonucu çatlak ucunda ortaya çıkan gerilme teorik gerilme değerine yakındır.

BÖLÜM 4. SONLU ELEMANLAR METODU VE ANSYS WORKBENCH

4.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi

Mühendislik problemlerinin çözümünde deterministik çözümün yetersiz kaldığı karmaşık durumlarda kullanılan sayısal bir yöntemdir. Sonlu Elemanlar Metodu; gerilme analiz, ısı transferi ve akışkanlar problemi gibi pek çok mühendislik alanında karşılaşılan problemlerinin çözümlerini elde etmek için kurulan kısmi diferansiyel denklemlerin yaklaşık çözümlerini bulmak geliştirilmiş sayısal bir yöntemdir .[5,6]

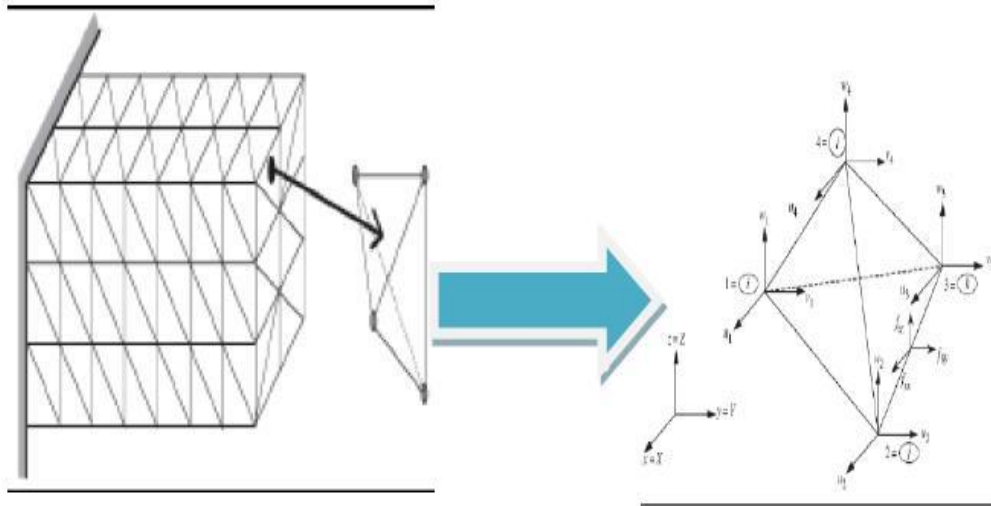
Sonlu Elemanlar Yöntemi:

- Karmaşık sınır koşullarına sahip sistemlere
- Düzgün olmayan geometriye sahip sistemlere
- Kararlı hal, zamana bağlı ve özdeğer problemlerine
- Lineer ve lineer olmayan problemlere uygulanabilir.

4.2. Sonlu Elemanlar Yönteminin Aşamaları

Sonlu elemanlar metodunda farklı bilgisayar programları kullanılarak çözüm yapılmasına karşın metodun aşamaları her zaman aynıdır ve şu şekildedir:

- 1-** Analiz yapılacak eleman küçük parçalara ayrılacak şekilde şekle ağ örülür (meshing) (Şekil 4.1.)
- 2-** Mesh sonunda eleman üzerinde çok sayıda düğüm noktası(node) bulunur ve her elemanın yer değiştirmesine karşılık denklemler kurulur
- 3-** Bunun sonunda istenen sonuçlar elde edilir (gerilme, şekil değiştirme, vb.)



Şekil 4.1. Mesh Yapılması ve Denklemlerin Elde Edilmesi

Sonlu Elemanlarda genel denklem: $F= K \times U$ denklemdir. Burada F uygulanan kuvvet, K rijitlik matrisi ve U deplasmandır. Bu denklem her bir node için oluşturulur ve U'dan ϵ ve buradan da gerilme (σ) hesaplanır. [7]

ANSYS programının yeni ara yüzü olan Workbench, modelleme ve analiz aşamalarında getirdiği kullanım kolaylıkları açısından kullanıcılara büyük avantajlar sunmaktadır. Klasik ANSYS programına göre daha kullanışlı bir kullanıcı ara yüzüne sahiptir. Otomatik mesh yapma kolaylığı sağlar, çizimlerin daha kolay yapılmasını sağlar. Pro Engineer, SolidWorks, Catia gibi programlarda çizilen şeklin adaptasyonu kolaydır.

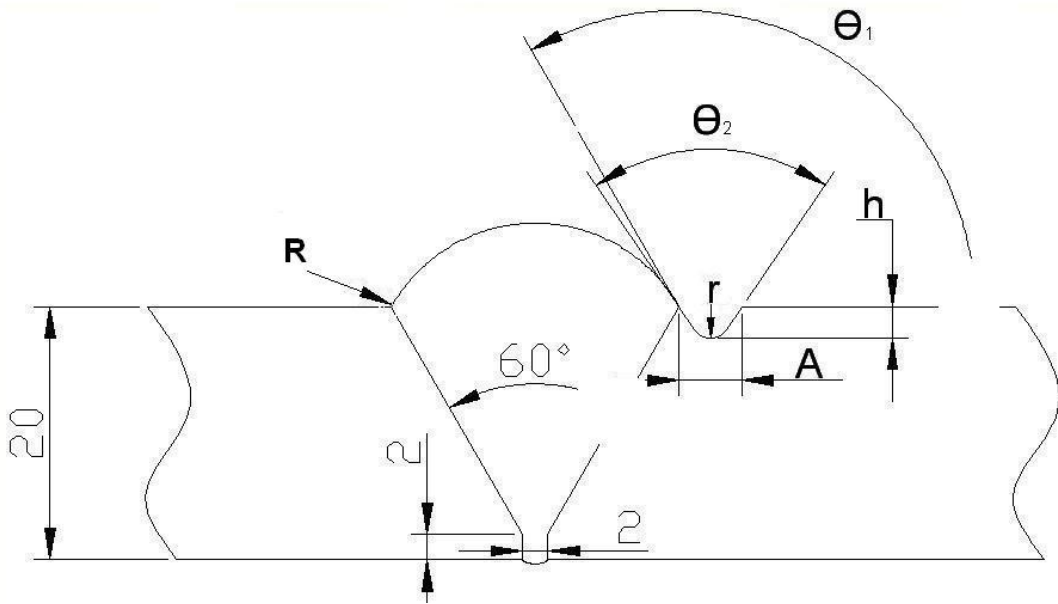
4.3. İş Parçasının Modellenmesi ve Elemanlara Ayrılması

4.3.1. Modelleme Kabulleri

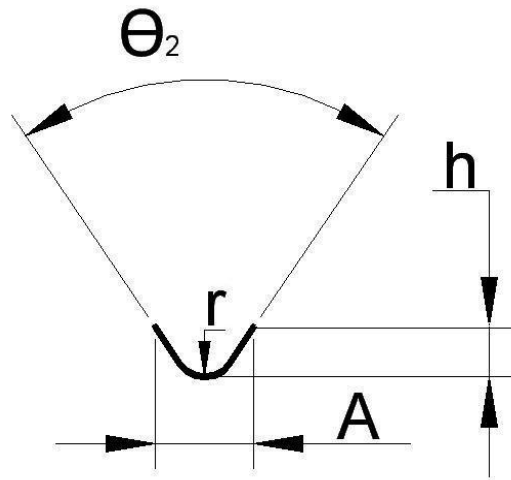
Endüstride yaygın olarak kullanılan CATIA, CAD-CAM ve CAE programıdır. İş parçasının ve yanma oluşunun tasarımında CATIA V5R14 modülü kullanılmıştır. Analizlerde ise ANSYS kullanılmıştır. ANSYS çözümlerimde ise endüstride pratik uygulamalara kolaylık sağlayan ANSYS Workbench versiyonu tercih edilmiştir. CATIA'da oluşturulan modelin, sonlu elemanlar ağı, sınır şartları, yüklemesi, çözümlenmesi ve elde edilen sonuçların görüntülenmesi ANSYS Workbench'te yapılmıştır.[8]

4.3.2. İş Parçasının Modellenmesi

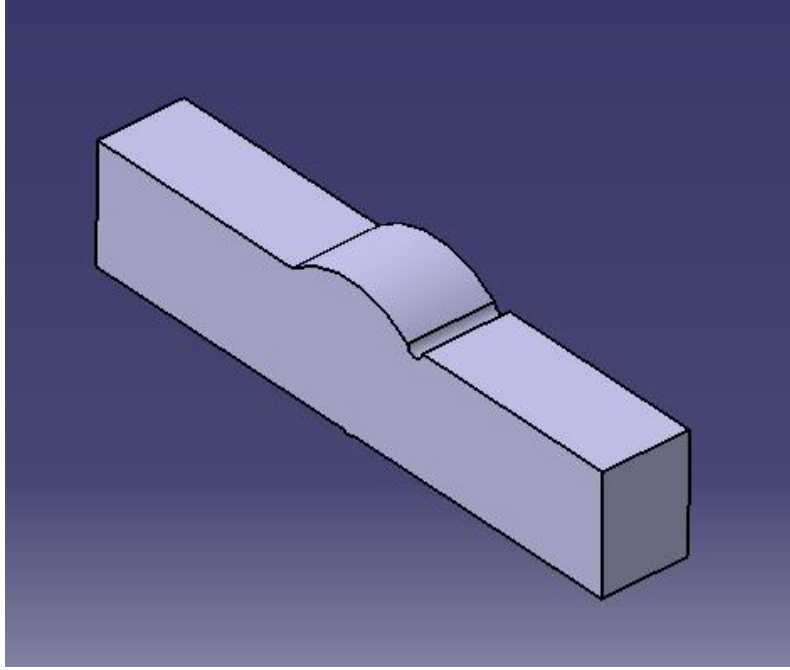
Yanma oluğunu incelemek için yapmış olduğumuz kaynak tasarımında iş parçaları üzerinde çeşitli boyutlarda yanma olukları açılmıştır. Elektrik ark kaynağı ile 20 mm'lik iki iş parçasının birleştirilmesinde V kaynak ağzı, şekil 4.3'de gösterildiği gibi hazırlanmıştır. Kaynak dikişinin yanında, genişliği, derinliği ve dip yarıçapı belli olan yanma olukları oluşturulmuştur. Parçalar birleştirildikten sonra oluşan malzemenin uzunluğu 100 mm, yüksekliği 20mm, genişliği ise 30 mm alınmıştır.



Şekil 4.2. Elektrik Ark Kaynağı için kaynak ağzının ve yanma oluğunun hazırlanması.



Şekil 4.3. Hazırlanan yanma oluğunun detay resmi.



Şekil 1.2. İş parçasının CATIA’da hazırlanan üç boyutlu hali

Tablo 4.1.Yanma oluğunun değişen parametreleri

h (mm)	r (mm)	A (mm)	θ_1 (derece)
0,5	0,5	3	120
1	1	4	140
1,5	1,5	5	160
2			180
2,5			

Şekil 4.1 ‘den ve tablo 4.1’den okunan h değeri yanma oluğunun derinliğini, r değeri yanma oluğunun dibindeki daireselliğin yarıçapını, A değeri yanma oluğunun genişliğini, θ_1 değeri kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısını göstermektedir.

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi yanma oluğuna etki eden 4 adet parametre vardır. Toplam değişken sayısı $5*3*3=45$ adet değişik yanma oluğu bulunmaktadır. Bunlara kaynak dikişinin etkisini de kattığımız zaman $45*4=180$ adet değişik model ortaya çıkmaktadır.

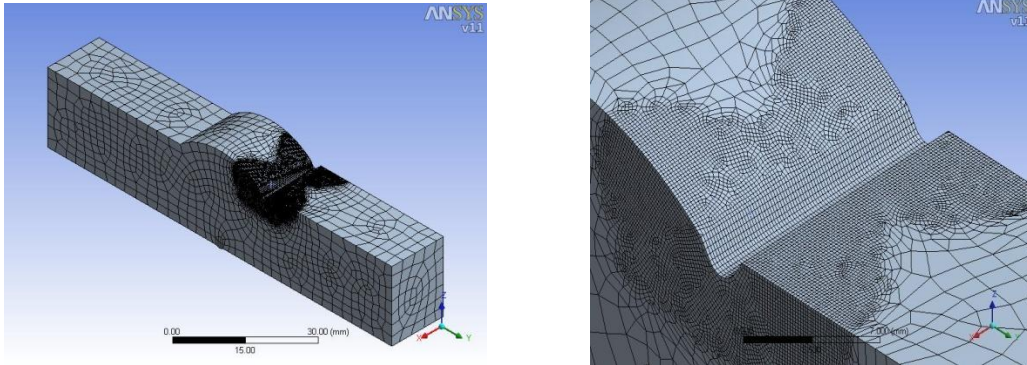
4.3.3. Malzemenin Mekanik Özellikleri

Tablo 4.2.: Kullanılan çeliğin mekanik özellikleri

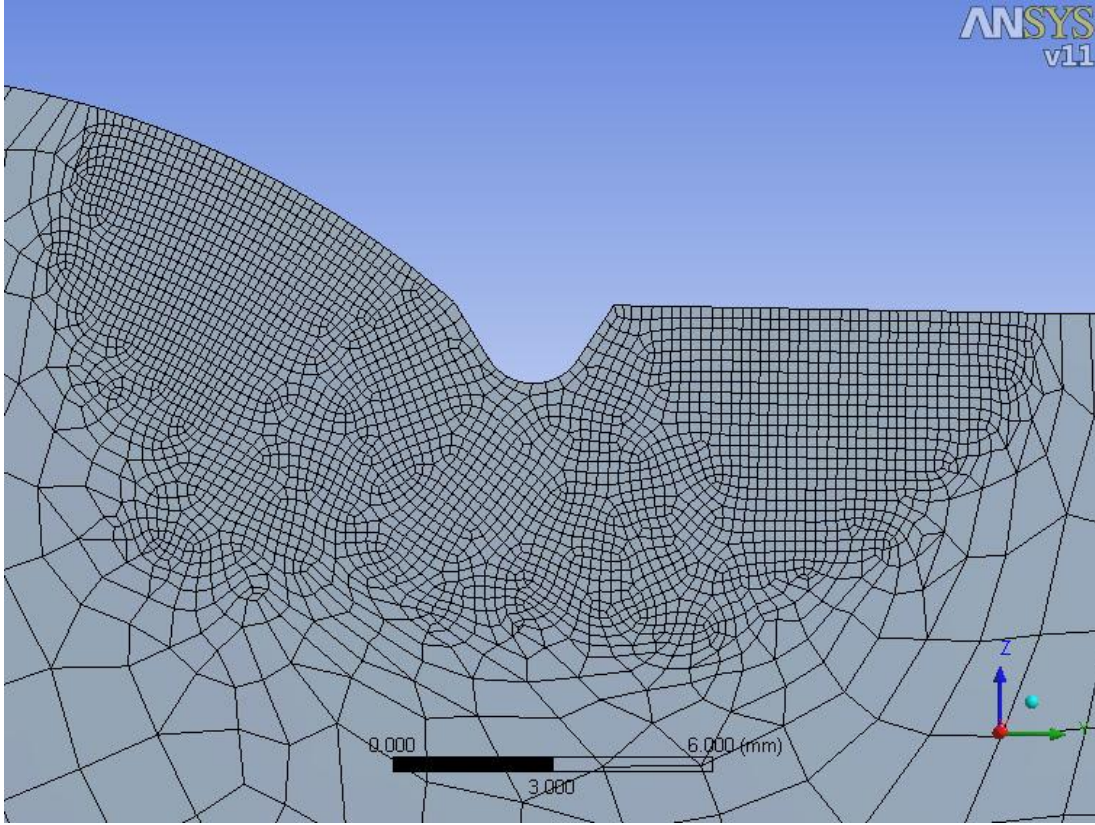
Poisson Oranı	0,3
Elastisite Modülü	200 Gpa
Yoğunluk	7,850 g / cm ³

4.3.4. İş parçasının Elemanlara Ayrılması

Bu bölümde iş parçasının ağ modelini oluşturulurken eleman büyüklükleri belirlenir. İş parçasının daha sık ağlara bölünmesi gereken yeri yanma oluşunun olduğu bölge olmasından dolayı yanma oluşunun olduğu bölgeyi 0,2 mm diğer yerlerini ise 4 mm olarak belirlenmiştir. Eleman şekli olarak dörtken şekilli elemanlar seçilmiştir. Sonuç olarak yanma oluşunun ve kaynak dikişinin boyutlarına göre ortalama 400000 düğüm noktası ve 100000 elemandan oluşan bir ağ modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.5).



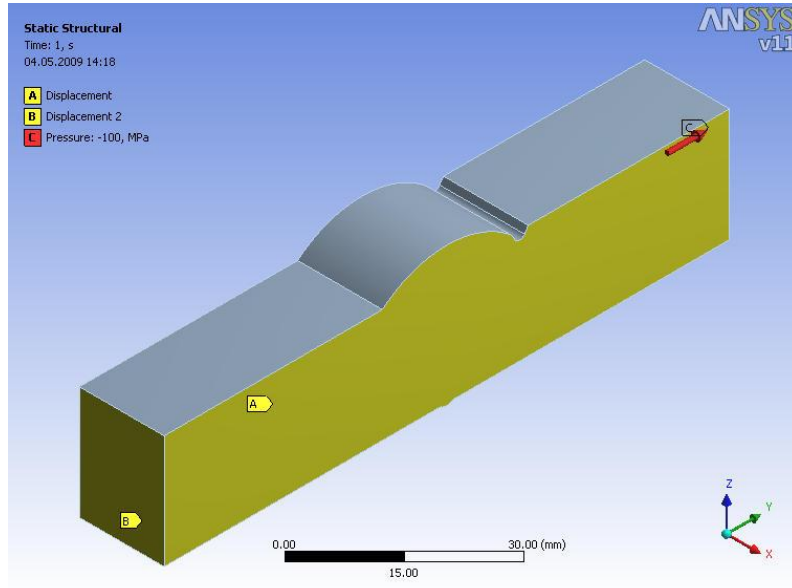
Şekil 4.5. Yanma oluşunun sonlu elemanlar modelinin ağ görüntüleri



Şekil 4.6. Yanma oluğunun sonlu elemanlar modelinin ağ görünümü

4.3.5. Sınır Şartlarının Girilmesi

Sınır şartlarını belirlerken iş parçasının gerçek genişliğini 30 milimetredir. 30 milimetrelük parça, simetrisi göz önünde bulundurularak ortasından bir kesit alınarak genişliği 15 mm ye düşürülmüştür. Bu durum sonuçları değiştirmedeği gibi işlemlerde kolaylık (daha az mesh, daha hızlı çözüm gibi) sağlamıştır.

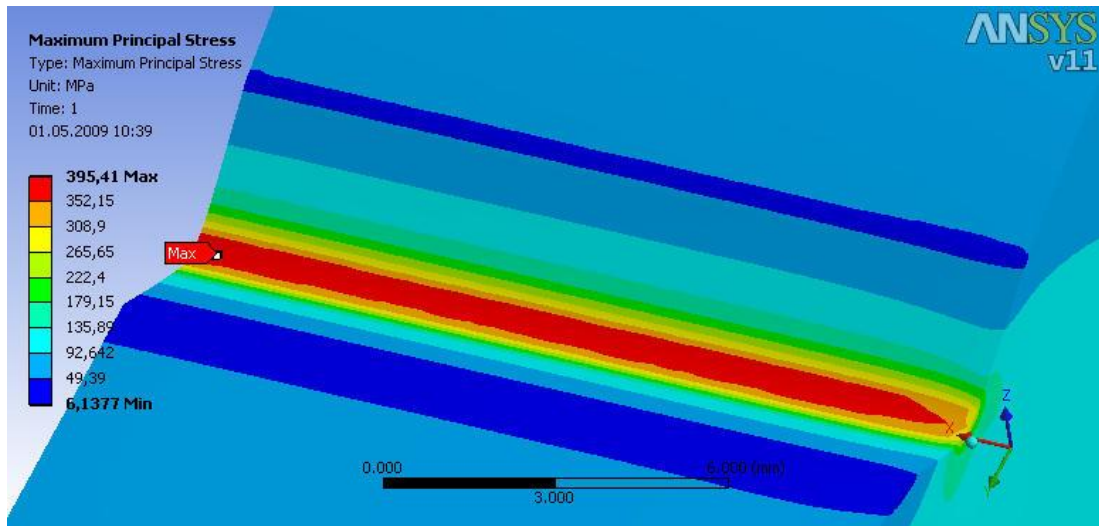
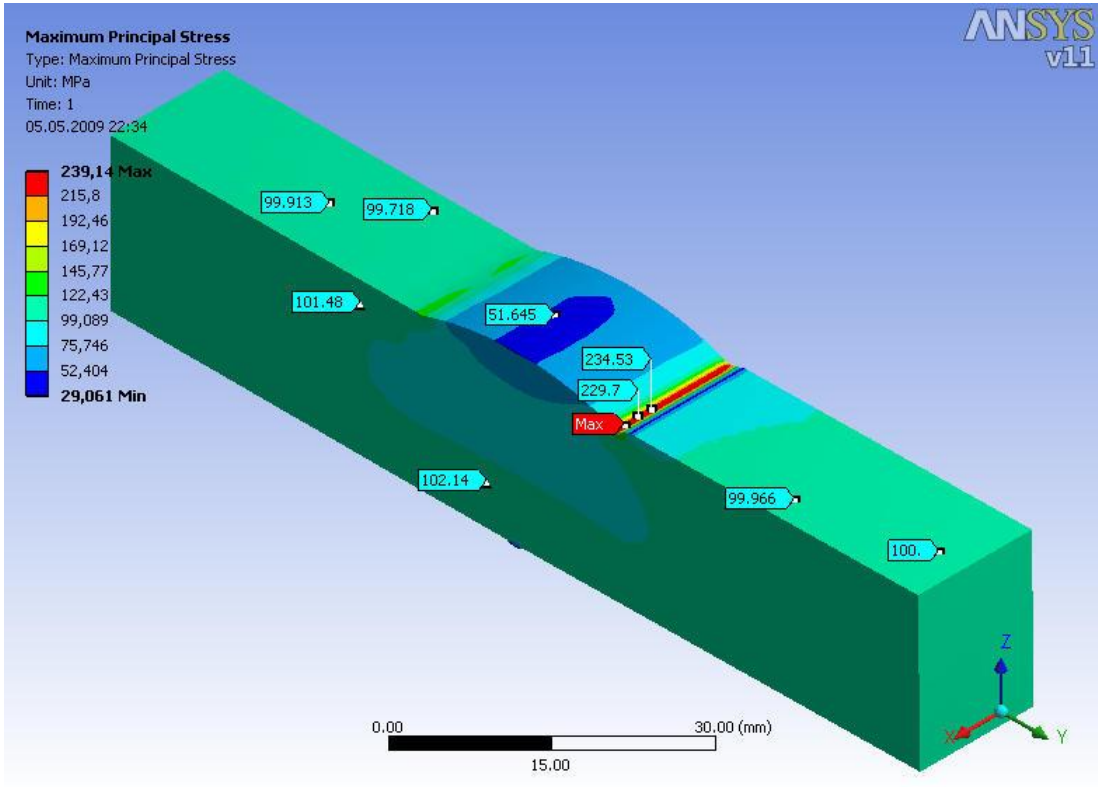


Şekil 4.7. İş parçasına sınır şartlarının uygulanması

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi yan ve arka yüzeyden deplasmanları 0 olarak şekilde sabitlenmiştir. Yanma oluşuna yakın olan ön yüzünden de 100 MPa’lık bir basınç uygulanmaktadır.

4.3.6. Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Kt Hesaplanması

Yapılan analizlerin sonucunda elde edilen gerilme değerleri maksimum asal gerilmelere göre alındıktan sonra Kt’nin hesaplanması için ortalama değere bölünür $K = \sigma_{\max} / \sigma_{ort}$ Burada elde edilen sonuçlar Tablo 4.3 de görülmüştür.



Şekil 4.8. İş parçasının analiz sonuçlarından σ_{max} 'ın Ansys workbench'ten okunması

Tablo 4.3.İş parçasını hesaplanan Kt değeri

		$\sqrt{h/r}$	θ_2	Kt			
				$\theta_1=180$	$\theta_1=160$	$\theta_1=140$	$\theta_1=120$
A 3 R0,5	h=0,5	1	141	2,83	3,14	3,3	3,36
	h=1	1,41	106	4,41	4,72	4,91	4,94
	h=1,5	1,73	80	5,07	5,41	5,5	5,56
	h=2	2	62	6,08	6,27	6,34	6,41
	h=2,5	2,23	50	7	7,27	7,23	7,31
A 3 R1	h=0,5	0,7	138	2,37	2,63	2,76	2,81
	h=1	1	96	3,15	3,37	3,49	3,55
	h=1,5	1,22	64	3,8	3,98	4,07	4,09
	h=2	1,41	45	4,42	4,54	4,64	4,64
	h=2,5	1,58	33	4,91	5,03	5,08	5,09
A 3 R1,5	h=0,5	0,57	134	2,18	2,39	2,52	2,72
	h=1	0,81	73	2,74	2,93	3,04	3,08
	h=1,5	1	90	3,24	3,38	3,45	3,48
	h=2	1,15	90	3,7	3,82	3,86	3,88
	h=2,5	1,28	90	4,17	4,26	4,29	4,31
A 4 R0,5	h=0,5	1	151	2,26	2,46	2,56	3,35
	h=1	1,41	123	4,04	4,31	4,42	4,52
	h=1,5	1,73	101	4,9	5,1	5,31	5,29
	h=2	2	83	5,85	6,1	6,36	6,28
	h=2,5	2,23	70	6,78	7,03	7,17	7,05
A 4 R1	h=0,5	0,7	150	2,31	2,49	2,59	3,27
	h=1	1	120	3,15	3,33	3,44	3,47
	h=1,5	1,22	93	3,74	3,92	3,99	4,03
	h=2	1,41	73	4,36	4,49	4,55	4,56
	h=2,5	1,58	59	4,94	5,07	5,11	5,12
A 4 R1,5	h=0,5	0,57	148	2,08	2,25	2,34	3,26
	h=1	0,81	114	2,73	2,9	2,97	3,02
	h=1,5	1	82	3,27	3,41	3,47	3,49
	h=2	1,15	58	3,7	3,81	3,86	3,88
	h=2,5	1,28	42	4,18	4,26	4,3	4,31

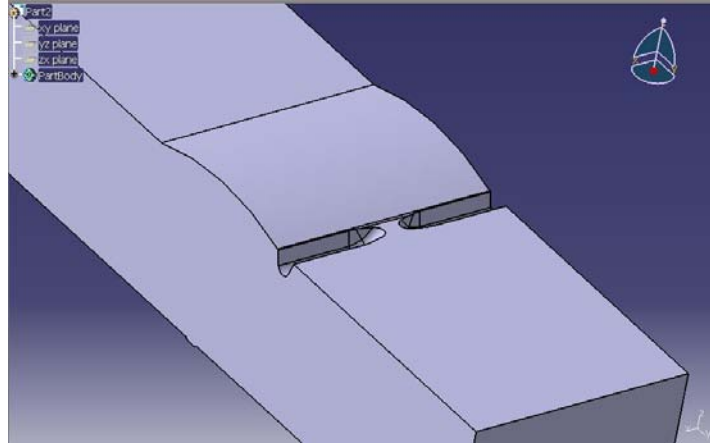
Tablo 4.3 İş parçasını hesaplanan Kt değeri (Devam)

		$\sqrt{h/r}$	θ_2	Kt			
				$\theta_1 = 180$	$\theta_1 = 160$	$\theta_1 = 140$	$\theta_1 = 120$
A 5 R0,5	h=0,5	1	157	2,1	2,27	2,47	3,46
	h=1	1,41	134	3,77	3,95	4,07	4,13
	h=1,5	1,73	114	5,06	5,22	5,39	5,37
	h=2	2	98	5,7	5,88	5,95	6,11
	h=2,5	2,23	84	6,69	6,81	6,89	6,92
A 5 R1	h=0,5	0,7	156	2,17	2,32	2,52	3,47
	h=1	1	132	3,02	3,17	3,26	3,37
	h=1,5	1,22	111	3,79	3,95	4	4,07
	h=2	1,41	92	4,3	4,43	4,48	4,5
	h=2,5	1,58	77	4,91	5,01	5,05	5,08
A 5 R1,5	h=0,5	0,57	155	2,04	2,17	2,37	3,48
	h=1	0,81	130	2,72	2,85	2,93	2,94
	h=1,5	1	106	3,23	3,35	3,41	3,43
	h=2	1,15	85	3,74	3,83	3,88	3,89
	h=2,5	1,28	68	4,17	4,25	4,29	4,3

4.3.7. Kesikli Yanma Oluklarının Tasarımı Ve Analizi

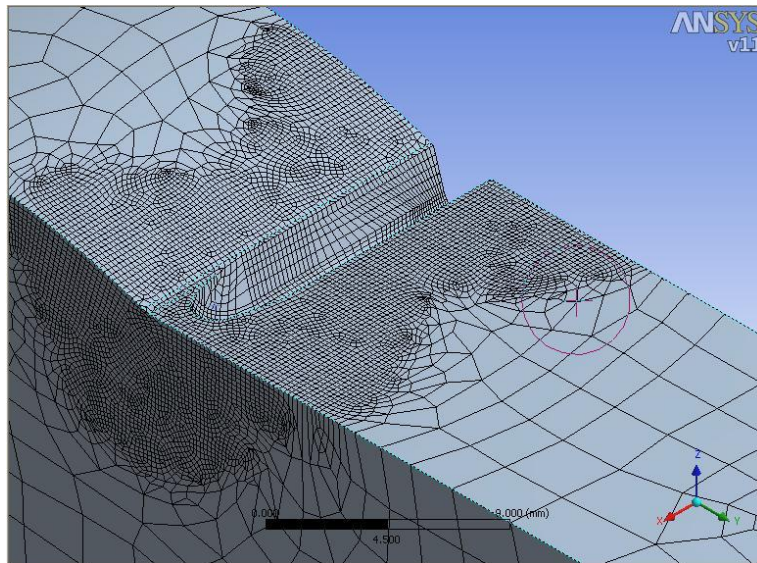
Yanma olukları her zaman devamlı şekilde olmayabilir (Şekil 2.10). Bu bölümde kesikli şekilde oluşan yanma oluklarının daha önceden yapılan tasarım kabulleri ve sonlu elemanlar sınır şartlarına göre analizleri yapılmıştır. Kesikli olmasının gerilmeye olan etkisi incelenmiştir

Kesikli yanma oluğu modellenirken Şekil 4.2'de gösterilen parametreler ve aynı malzeme özellikleri (Tablo 4.2) kullanılmıştır.



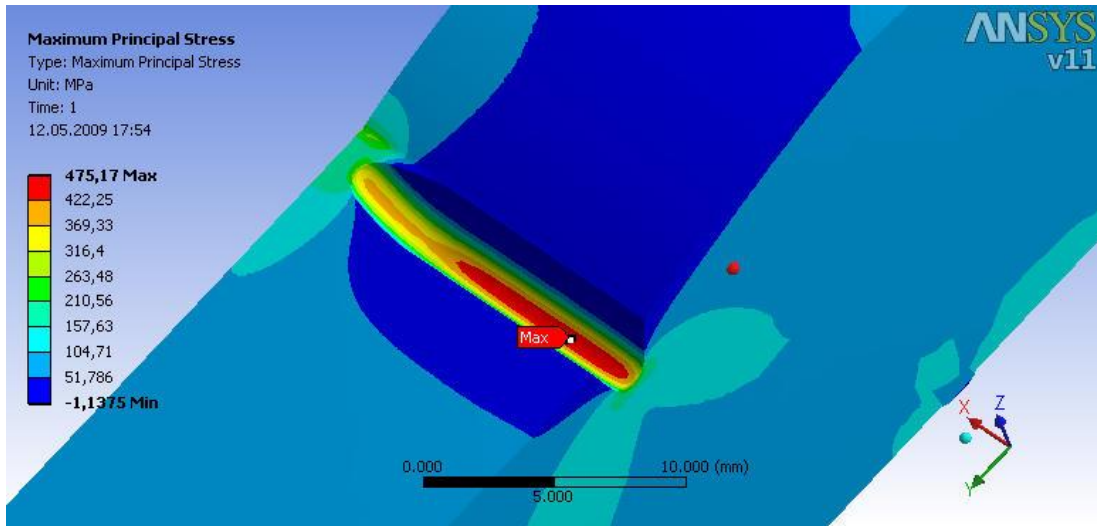
Şekil 4.9. Kesikli yanma oluşunun üç boyutlu gösterimi

Simetri özelliğinden faydalanarak bundan önceki analizlerde olduğu gibi parça ortasından ikiye ayrılarak analizi yapılmıştır.



Şekil 4.10. Kesikli yanma oluşunun mesh (ağ) görünümü

Oluşan maksimum gerilme değeri okunup Kt hesaplanmıştır. Oluşan Kt değeri Tablo 4.4' te görülmektedir.



Şekil 4.11. Kesikli yanma oluğunda gerilmenin okunması

Tablo 4.4. Kesikli yanma oluklarının hesaplanan Kt değerleri

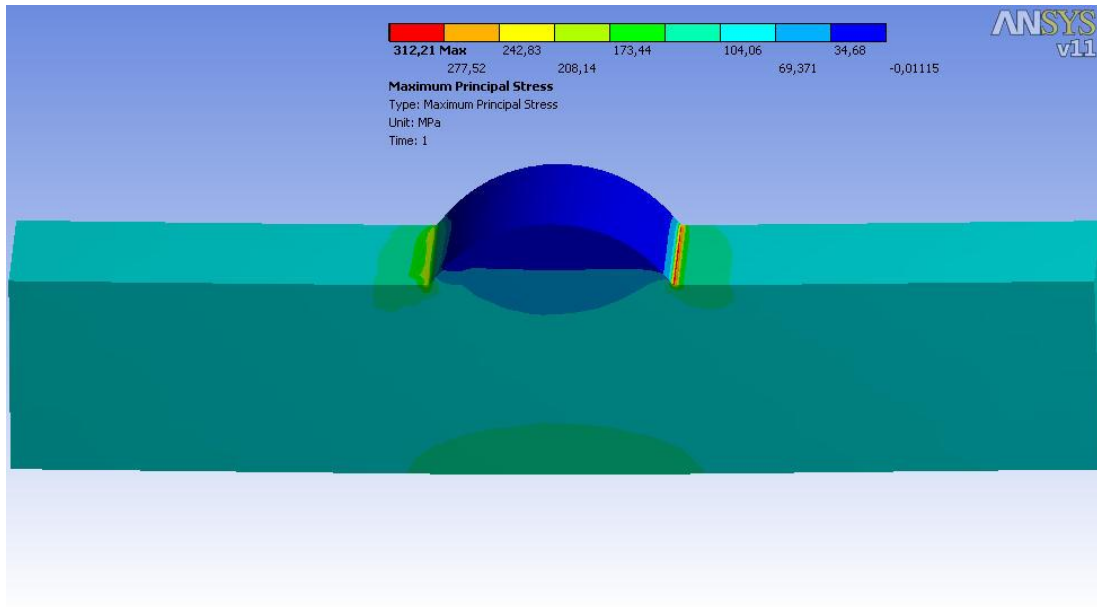
	$\sqrt{h/r}$	θ_2	$\theta_1=180$	$\theta_1=160$	$\theta_1=140$	$\theta_1=120$
A 3 R0,5						
h=0,5	1	141	2,87	3,15	3,3	3,35
h=1	1,41	106	3,93	4,25	4,5	4,64
h=1,5	1,73	80	5,04	5,26	5,3	5,47
h=2	2	62	5,98	6,03	6,13	6,27
h=2,5	2,23	50	6,73	6,74	6,89	6,9

BÖLÜM 5. SONLU ELEMAN HESAPLAMALARININ SONUÇLARI

Bu bölümde sonlu elemanlar hesaplaması sonrasında elde edilen çeşitli sonuçlara yer verildi. Toplamda yüz seksen adet deney yapıldı. Bu deneylerde iş parçasının toplam uzunluk, kalınlık ve genişlik değerleri sabit tutuldu ve yanma oluşunun değişken parametreleri uygulandı. Bu sayede yanma oluşuyla parça üzerinde oluşan gerilmelerin nedenlerini daha ayrıntılı bir şekilde inceleme ve anlama fırsatı bulunmuştur.

5.1. Genel Sonuçlar

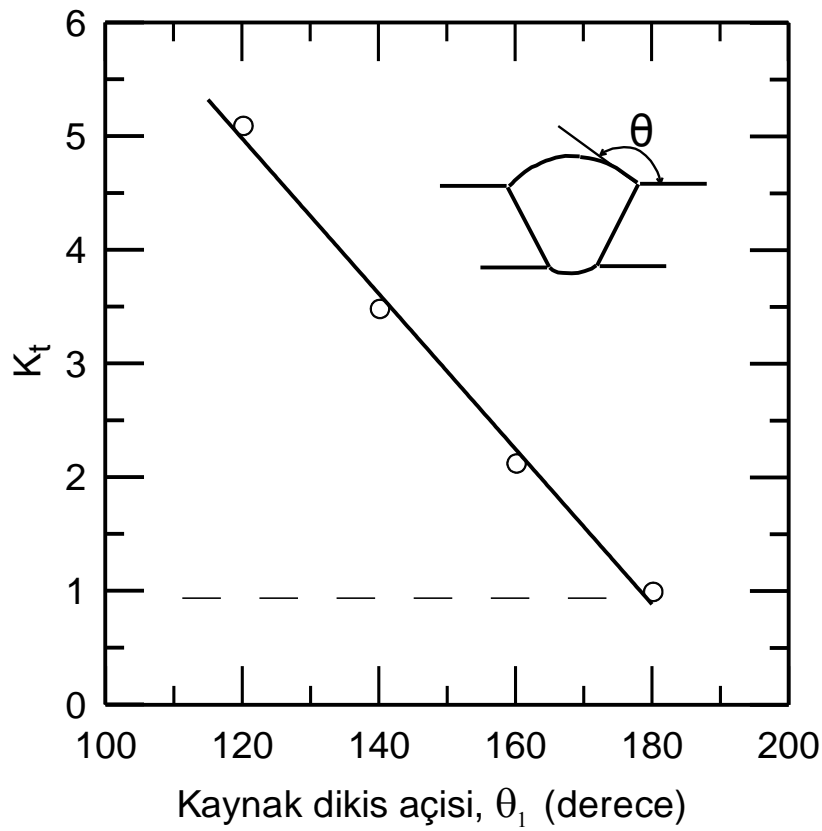
Yapılan sonlu elemanlar analizlerinden yanma oluşu üzerinde oluşan gerilme değerleri K_t 'nin formülüyle karşılaştırılarak çeşitli değerlendirilmeler yapıldı.



Şekil 5.1. Yanma oluksuz iş parçasında maksimum gerilme yeri.

5.1.1. Kaynak Dikişinin İş Parçasıyla Olan Açısının Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi

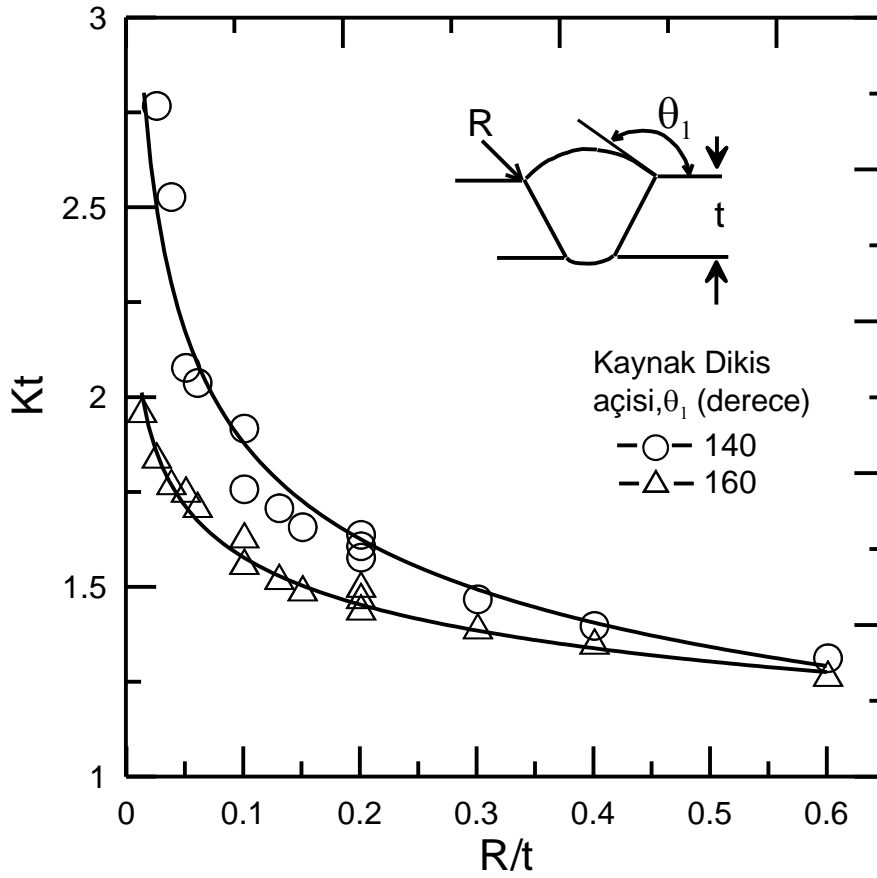
Kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısının gerilmeye olan etkisinin incelemek için yanma oluksuz ve farklı açılarda olan parçalar üzerinde analiz yapılmıştır. Kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısını ile kaynak dikişinin yüksekliği ters orantılıdır. Açı arttıkça yükseklik azalacak ve buna bağlı olarak da oluşan gerilmeler azalmış olacaktır.[12]



Şekil 5.2. K_t 'in kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısına göre değişimi[12]

5.1.2. Kaynak Dikişinin Köşesindeki Yuvarlatma Yarıçapının ve Kalınlığın Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi

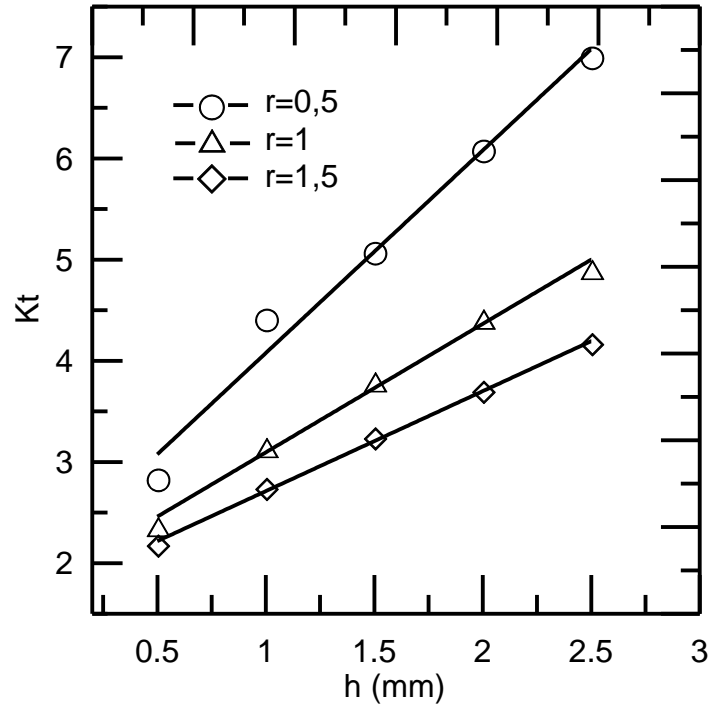
Kaynak dikişinin yuvarlatma yarıçapını ve kalınlığın etkisini incelemek için çeşitli kalınlıklarda ve çeşitli yarıçaplarda hazırlanan parçalar üzerinde analizler yapılmıştır. Kaynak dikişinin yuvarlatma yarıçapının artması gerilmeyi düşürdüğü, kalınlığın artması ise gerilmeyi arttırdığı görülmüştür.



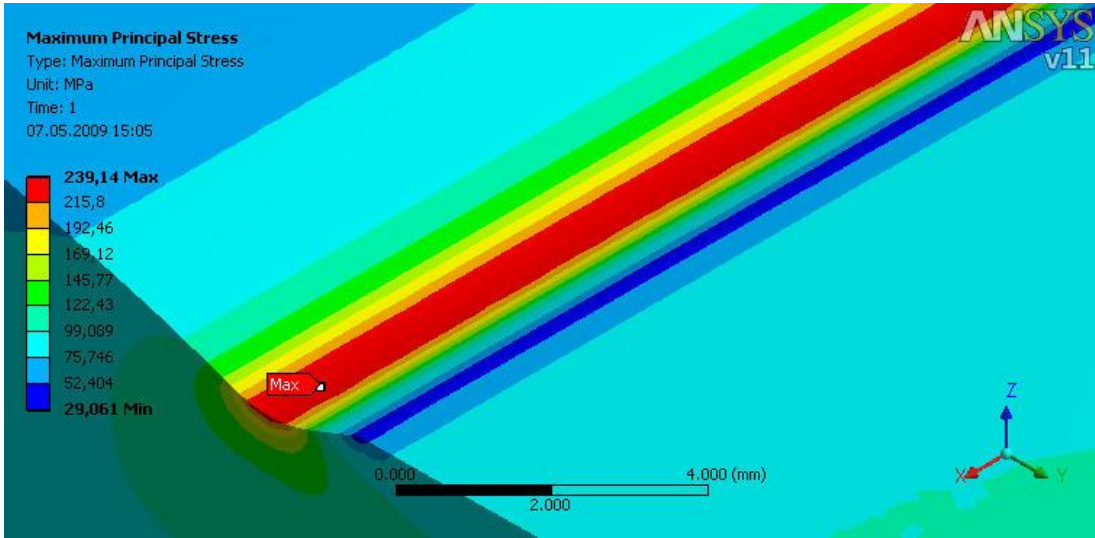
Şekil 5.3. K_t 'in Kaynak dikişinin köşe açısının parçanın kalınlığına oranına göre değişimi.[13]

5.1.3. Yanma Oluğunu Derinliğinin Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi

Yanma oluğunun derinliğinin etkisini incelemek için kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısı, genişliği, dip dairesindeki yarıçapı sabit tutularak sadece derinlik göz önüne alındığı zaman derinliğin artmasının gerilmeyi arttırdığı görülmüştür.[13]



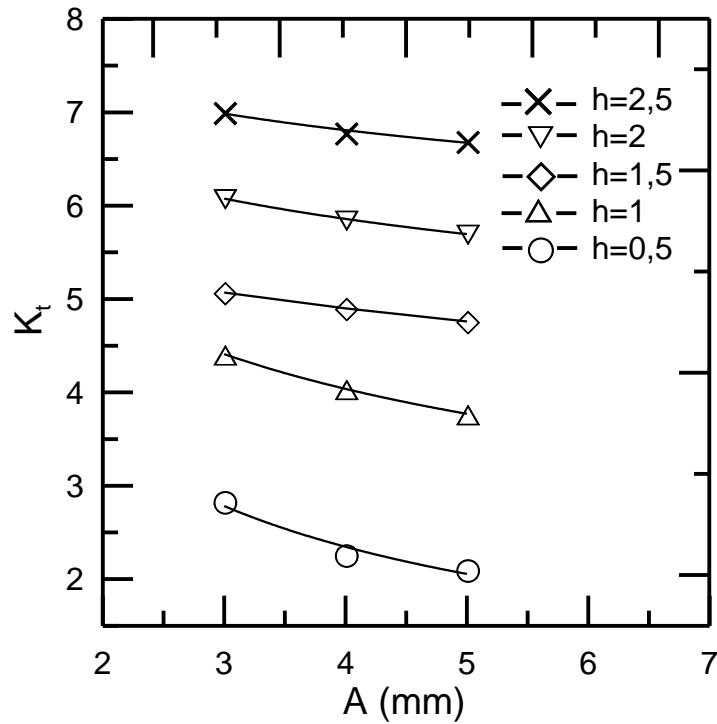
Şekil 5.4. Kt'in yanma oluğu derinliğine göre değişimi[13]



Şekil 5.5. Gerilmenin yanma oluşunda maksimum olduğu nokta

5.1.4. Yanma Oluğunun Genişliğinin Gerilmeye Olan Etkisinin İncelenmesi

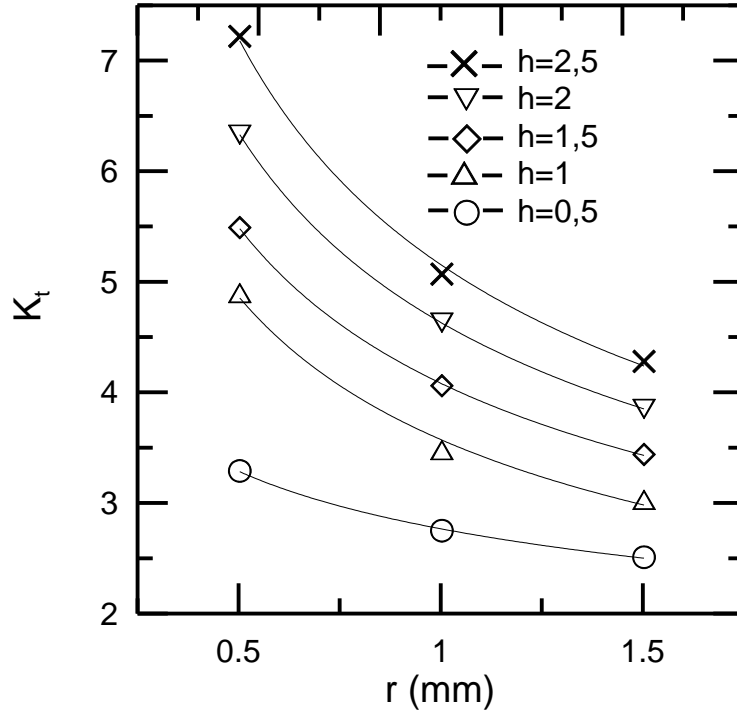
Yanma oluşunun genişliğini incelemek için kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısı, derinliği, dip dairesindeki yarıçapı sabit tutularak sadece genişliği göz önüne alındığı zaman genişliğin artmasının gerilmeyi azalttığı görülmüştür.[15]



Şekil 5.6. K_t 'in yanma oluşu genişliğine göre değişimi [15]

5.1.5. Yanma Oluğunun Dibindeki Dairesellik Yarıçapının Gerilmeye Olan Etkisi

Yanma oluğunun dibindeki dairesellik yarıçapının incelemek için kaynak dikişinin iş parçasıyla olan açısı, derinliği ve genişliği sabit tutularak sadece yarıçapını göz önüne alındığı zaman yarıçapının artmasının gerilmeyi azalttığı görülmüştür.[13]



Şekil 5.7. K_t 'in yanma oluğu dip yarıçapına göre değişimi[13]

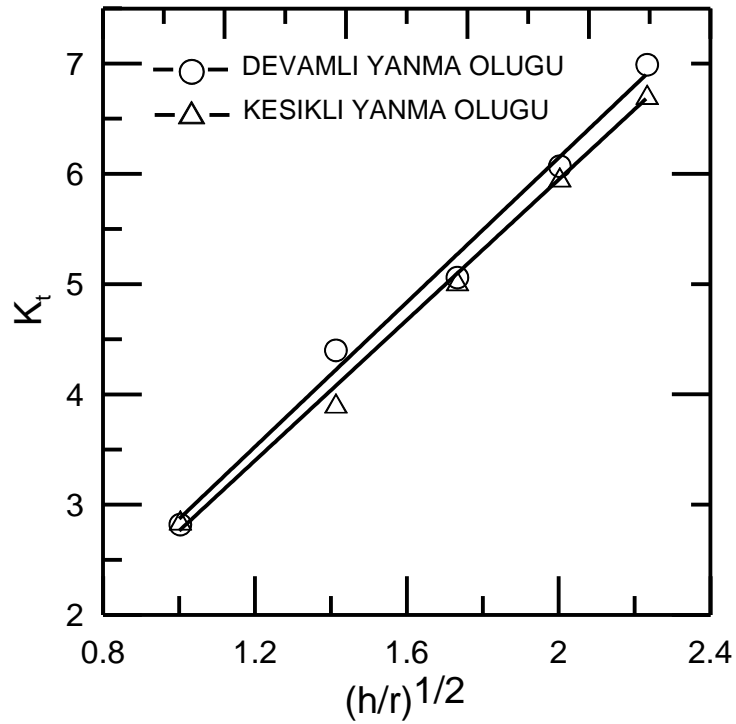
5.1.6. Yanma Oluğunun V Ağız Açısının Gerilmeye Olan Etkisi

Yanma oluğunun V ağız açısı geometrik olarak derinlik, dip yarıçapı ve genişliğe bağlıdır. Derinlikle ve dip yarıçapı ile ters orantılı, genişlikle doğru orantılıdır.

V ağız açısının artması gerilmeyi azalttığı görülmüştür.

5.1.7. Yanma Oluğunun Kesikli Şekilde Olmasının Gerilmeye Olan Etkisi

Yanma oluğunun kesikli şekilde olması durumunda Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'ten okunan değerlere göre gerilmeler derin olmayan yanma oluklarında devamlı oluklara göre fazla değişme görülmemektedir. Derinlik arttıkça yanma oluğunda oluşan gerilmelerde devamlı oluklara göre azalma görülmektedir.



Şekil 5.8. K_t 'in kesikli ve devamlı yanma oluklarına göre değişimi

BÖLÜM 6. REGRESYON ANALİZİ

Genellikle uygulamada ölçülen veriler kesikli değerler olarak karşımıza çıkarlar. Bu verilerin yaklaşık fonksiyonunun belirlenmesi ve böylece ölçülmeyen diğer ara değerlerin elde edilmesi en küçük kareler (EKK) yöntemiyle etkin bir şekilde mümkün olmaktadır. Yapılan işleme “Eğri Uydurma” veya “Regresyon” adı verilir.

Regresyon, iki ya da daha çok değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığının bulunması ve bu doğrusal ilişkinin bir doğrusal denklemlerle nasıl ifade edildiğinin gösterilmesidir.

Regresyonda, değişkenlerden biri bağımlı diğerleri bağımsız değişken olmalıdır. Buradaki mantık eşitliğin solunda yer alan değişkenin sağında yer alan değişkenlerden etkilenmesidir. Sağda yer alan değişkenlerse diğer değişkenlerden etkilenmemektedir. Burada etkilenmemek matematiksel anlamda bu değişkenleri bir doğrusal denkleme koyduğumuzda etki yapması anlamındadır. Çoklu doğrusallık, ardışık bağımlılık sorunları kastedilmemektedir.[11]

6.1. Lineer Regresyon

Gerçek değer $f(x_k)$, tahmini yaklaşık değer $y(x_k)$ ise gerçek ve tahmini değerler arasında mutlaka bir fark oluşacaktır [$e_k = f(x_k) - y(x_k)$]. Buna göre ortalama hata:

$$E_1(f) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |f(x_k) - y_k|$$

veya hata kareler ortalaması;

$$E_2(f) = \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [f(x_k) - y_k]^2 \right]^{1/2}$$

Hataların minimum olması istenir. Bu hataların en minimumu olma şartını ise ‘‘Hata Kareler Ortalaması’’ ifadesi sağlar. Ölçülmüş veya gözlenmiş $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$ değer çiftlerini temsil edecek en yakın fonksiyon bir doğru olabilir. $d_1 : y = a_0 + a_1x$ Bu doğru ise $d_2 : y = a_0 + a_1x_i + e_i$ şeklinde e_i hata ile elde edilebilir.

$$\sum_{i=1}^N e_i = \sum_{i=1}^N (y_i - a_0 - a_1x_i) \Rightarrow$$
 Hataların toplamı minimum yapılmalıdır. Bunun en minimum olmasını sağlayan ifade ise hata kareler ortalaması ‘dır.

$$E(a_0, a_1) = \sum_{i=1}^N (y_i - a_0 - a_1x_i)^2$$

a_0, a_1 parametreleri değişken kabul edilerek, gerek şartlardan:

$d_1 : y = a_0 + a_1x$ için a_0 ve a_1 lerin hesabı;

$$\frac{\partial E}{\partial a_0} = 0 \quad \text{ve} \quad \frac{\partial E}{\partial a_1} = 0 \quad \text{olmalı ve} \quad \begin{aligned} a_0 N + a_1 \sum_{i=1}^N x_i &= \sum_{i=1}^N y_i \\ a_0 \cdot \sum_{i=1}^N x_i + a_1 \cdot \sum_{i=1}^N x_i^2 &= \sum_{i=1}^N x_i y_i \end{aligned} \quad \text{çözümünden}$$

a_0 ve a_1 parametreleri bulunur. Bu ifadelere normal denklemler adı verilir.

Lineer regresyon analizi için SPSS istatistik programı kullanılmıştır.

SPSS bilgisayar programı (İngilizce açılımıyla: Statistical Package for the Social Sciences), ilk sürümü 1968 yılında piyasaya verilmiş istatistiksel analize yönelik bir bilgisayar programıdır. Günümüzde en son versiyon 17 olan sürümü kullanımdadır.

Özellikle Sosyal Bilimlerde, pazar araştırmalarında, sağlık araştırmalarında başta anket şirketleri, hükümetler ve eğitim kurumları olmak üzere pek çok kurum tarafından kullanılan bir istatistik yazılımıdır.

Kullanımı grafiksel bir kullanıcı ara yüzüne bağlı olup, açılır menüler yardımıyla kolaylaştırılmıştır. Ayrıca makro dilleri yardımıyla kullanıcı kendi amaçları doğrultusunda programı yönlendirebilmektedir.

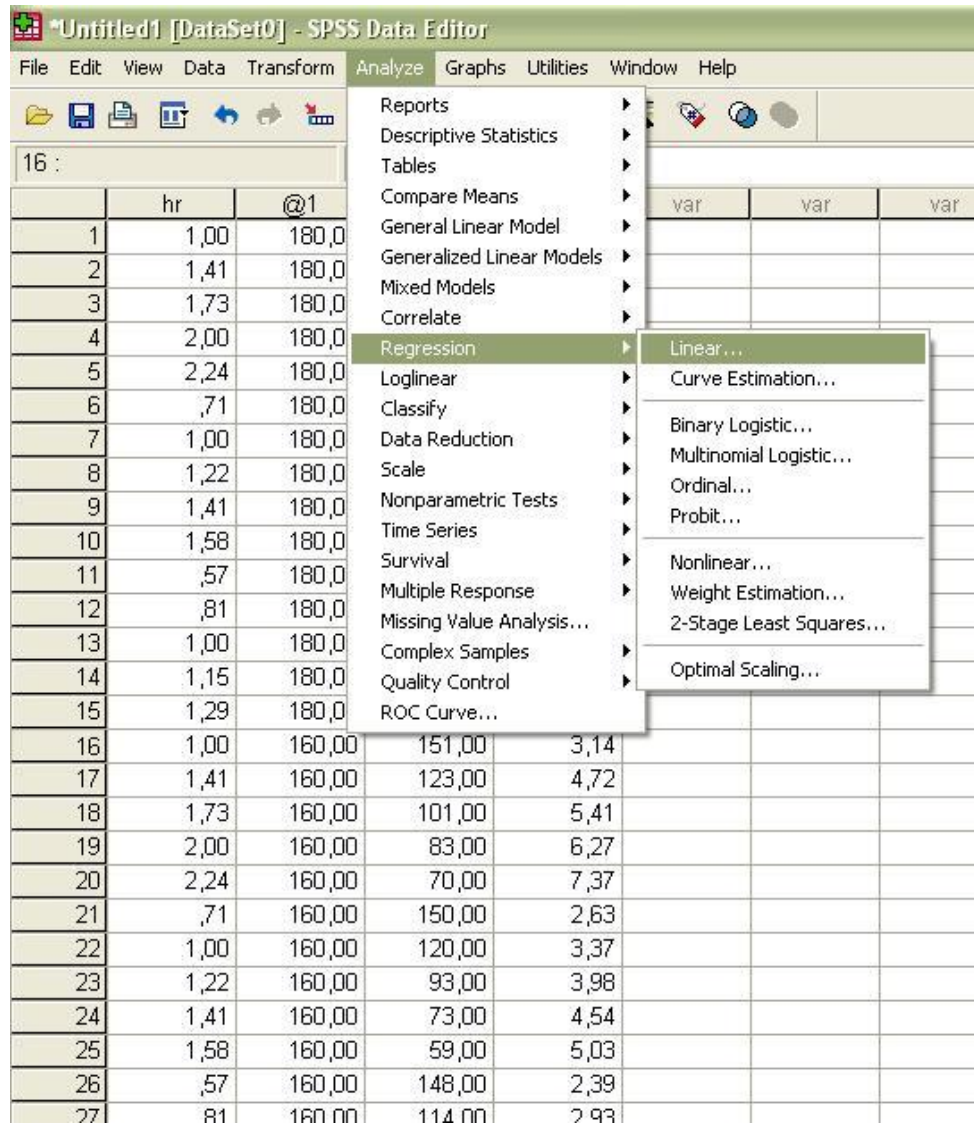
SPSS programının Windows, Mac OS X ve UNIX işletim sistemleri için farklı sürümleri mevcuttur. Windows sürümü daha sık güncellenmekte ve diğer versiyonlara göre daha fazla özellik içermektedir.

Bazı üniversitelerinde istatistik ve psikoloji bölümlerinde ders olarak da okutulmaktadır.

6.1.1. Lineer Regresyonun SPSS'te yapılması

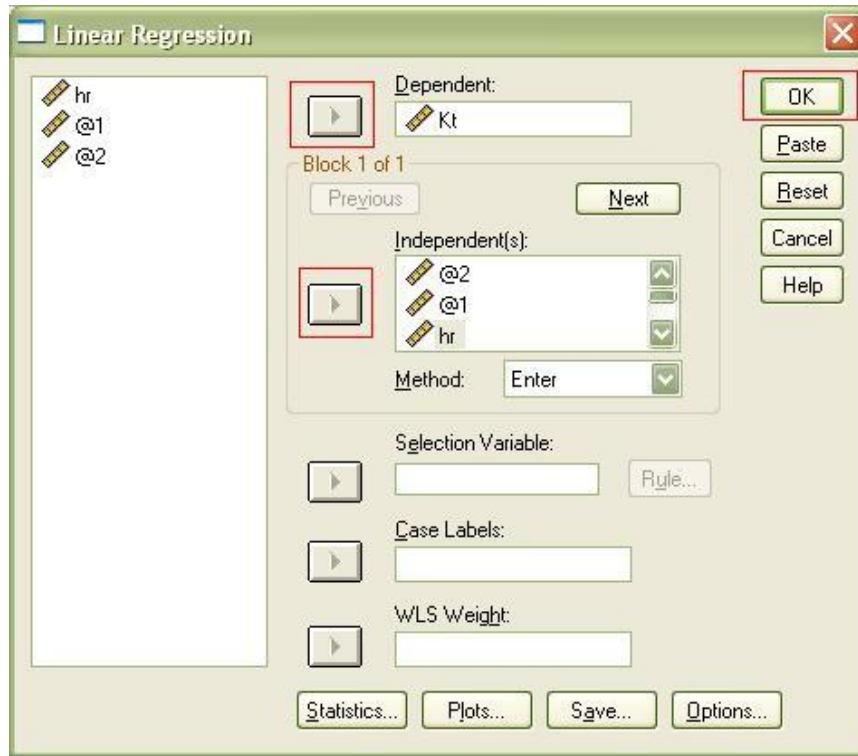
Tablo 4.3 de görülen değerler SPSS istatistik programında lineer regresyon analizi için programa eklenerek başlanılmıştır

Daha sonra şekil 6.1 de görüldüğü gibi regresyon komutu seçilir.



Şekil 6.1. Regresyon analizinin SPSS'te yapılması

Bundan sonra karşımıza çıkan ikinci pencerede bağımlı ve bağımsız değişkenlerin belirtilmesidir. (Şekil6.2.)



Şekil 6.2. SPSS'te bağımlı ve bağımsız değişkenlerin seçilmesi

Buradan çıkan sonuçlar bu şekilde görülecektir.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,984 ^a	,968	,968	,23465

a. Predictors: (Constant), hr, @1, @2

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	287,990	3	95,997	1743,474	,000 ^a
	Residual	9,415	171	,055		
	Total	297,405	174			

a. Predictors: (Constant), hr, @1, @2
b. Dependent Variable: Kt

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,575	,156		10,070	,000
	@2	-,002	,001	-,052	-3,217	,002
	@1	-,005	,001	-,091	-6,637	,000
	hr	2,757	,047	,946	58,542	,000

a. Dependent Variable: Kt

Şekil 6.3 SPSS'ten sonuçların alınması

Şekil 6.3'ten okunan değerlere göre regresyonun korelasyon katsayısı %96,8 dir. Analiz sonucunda oluşan denklem şu şekildedir:

$$Kt = 1,575 + 2,757 * \sqrt{\frac{h}{r}} - 0,005 * \theta_1 - 0,002 * \theta_2$$

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezin amacı sonlu elemanlar hesaplamaları yardımı ile kaynak sırasında oluşan yanma oluşu hatasının incelenmesi ve kabul-ret kriterlerinin geliştirilmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için yüz seksen adet değişik iş parçası tasarlanmış ve hepsi içinde sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplamaları yapıldı.

Alın kaynağı ile birleştirilmiş iş parçasında maksimum gerilmeler yanma oluşunun olmadığı durumlarda kaynak dikişinin köşesinde oluştuğu gözlemlenmiştir. Yanma oluşunun olduğu iş parçalarında ise gerilmenin oluşun dip bölgelerinde olduğu görülmektedir..

Kesikli şekilde olan yanma oluklarında yapılan analizlere göre yanma oluşunun devamlı şekilde ilerlememesi gerilmeyi ve gerilme yığılma faktörünü düşürmektedir.

Sonlu elemanlar yöntemine göre alınan sonuçlara dayanılarak yapılan regresyon analizinden çıkan formüle göre kaynak sırasında oluşan yanma oluşu hatasına etki eden faktörlerin çentik etkisi formülden farklı olarak yanma oluşunun ağız açısının ve kaynak dikişinin iş parçasıyla yapmış olduğu açısının da önemli olduğu gösterilmiştir.

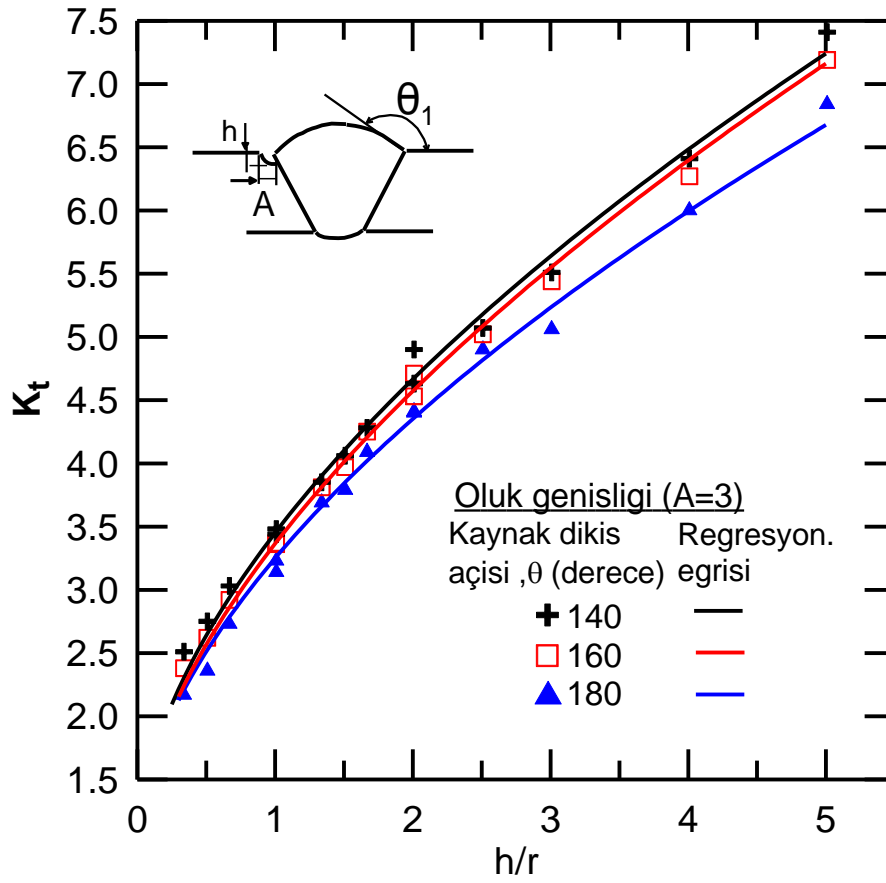
Bundan sonra yapılacak çalışmalarda değişik şekillerde oluşturulabilecek yanma oluklarının gerilmeye etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

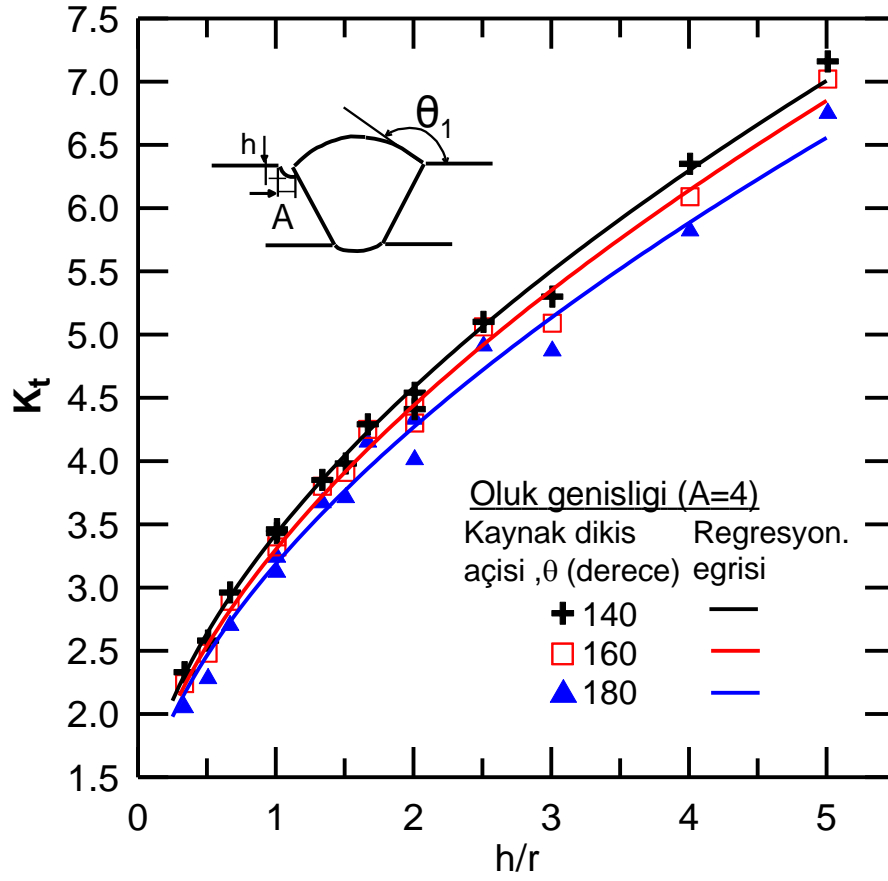
- [1] ÇİMEN, M. Ş., CÜLCÜOĞLU, S. Alın kaynağında oluşan yanma oluşu hatasının gerilme dağılımına etkisi, 9. Denizli malzeme sempozyumu, 1, 9, 32-30, 2002
- [2] ANIK, S., 1991, Örtülü Elektrod İle Elektrik Ark Kaynağı, Gedik Holding Yayını, İstanbul
- [3] ANIK, S., VURAL, M., 1993, 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı Cilt I-II, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [4] YAYLA, P; 2007. Kırılma mekaniği. Çağlayan kitabevi, 24-28, İstanbul
- [5] http://tr.wikipedia.org/wiki/Sonlu_Elemanlar_Y%C3%B6ntemi
- [6] ZOR, M. 2007. Örneklerle ansys workbench'e giriş, D.E.Ü. Yayınlanmış ders notları.
- [7] KOVACI, H, ALBAYRAK, O., 2008 Ansys workbench/design explorer kullanılarak altı sigma için tasarım yönteminin uygulanması. Lisans . Atatürk Üniversitesi Mühendislik fakültesi, Erzurum
- [8] GENÇ, İ., 2007. 4 kademeli paserellanın tasarımı ve analizi. Yüksek lisans, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum
- [9] KARAOĞLU, S. KARAOĞLU, Ç. T-bağlantılarda kaynak eşiğindeki gerilme yığılma faktörünün sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi, DEU Mühendislik fakültesi fen ve mühendislik dergisi, 4, 2, 107-112, mayıs 2002
- [10] GÜLDÜ, İ. DAĞHAN, B. KAYA, S. Faturlı ctp levhalarda gerilme konsantrasyonunun araştırılması. DEU Mühendislik fakültesi fen ve mühendislik dergisi, 5, 2, 27-35, mayıs 2003
- [11] http://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon_Analizi
- [12] T. W. Crooker, Brian N. Leis, 1983 Corrosion Fatigue: Mechanics, Metallurgy, Electrochemistry, and Engineering
- [13] W. D. Pilkey. 1997. Peterson's Stres Concentration Factors
- [14] <http://www.fatiguecalculator.com/pdfs/FatigueMadeEasy.pdf>

[15] <http://www.fatiguecalculator.com/finders/findkt.htm>

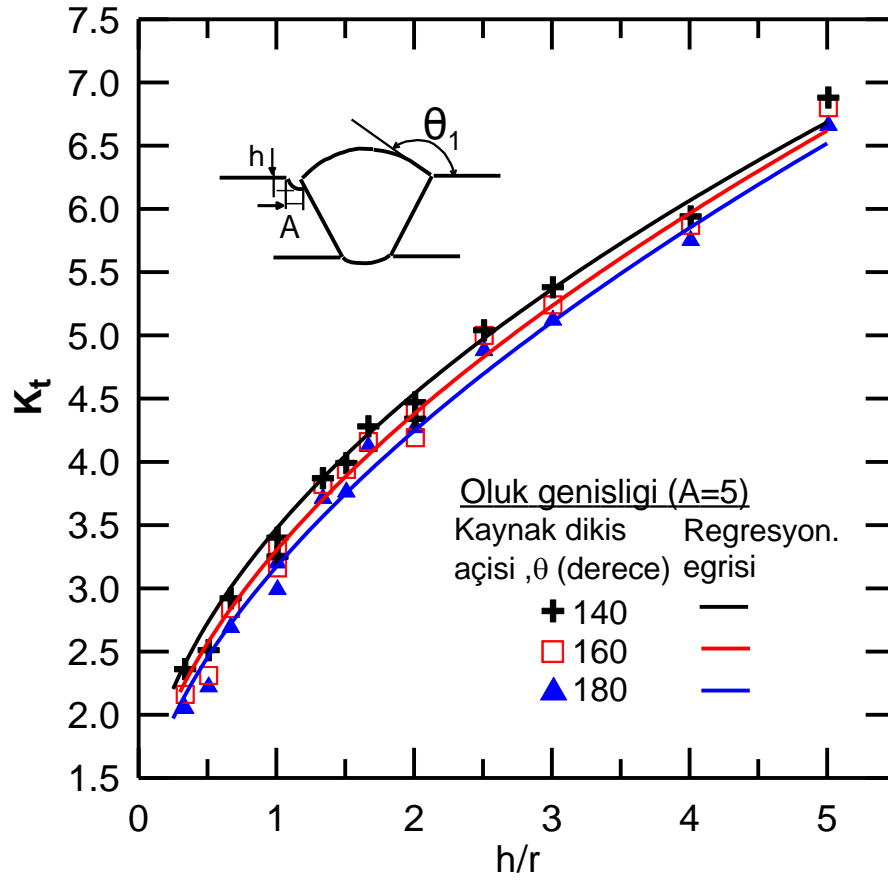
EKLER



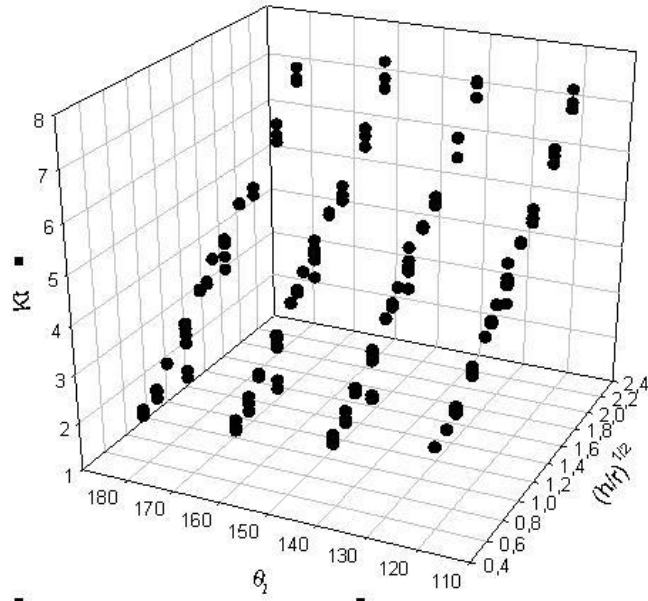
Sabit Yanma Oluğu Genişliği ($A=3$) İçin K_t değerlerinin h/r 'ye deđerini



Sabit Yanma Oluğu Genişliği ($A=4$) İçin K_t değerlerinin h/r 'ye göre değişimi



Sabit Yanma Oluğu Genişliği ($A=5$) İçin K_t değerlerinin h/r 'ye göre değişimi



Kt değerlerinin Kaynak dikiş açısına, (θ_1) ve $\sqrt{h/r}$ 'ye göre dağılımı

ÖZGEÇMİŞ

Onur KÖKÜMER 1984 yılında Sakarya’ da doğdu. 2002 yılında Sakarya Figen Sakalhođlu Anadolu Lisesi’nden mezun oldu, 2003 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne girdi. 2007 yılı Haziran ayında mezun oldu. 2007 yılı Eylül ayında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesinde Makine Mühendisliği bölümüne kaydoldu.