

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**TS EN 25817 STANDARDINDA TANIMLANAN
SÜREKSİZLİKLERİN, SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ
İLE İNCELENMESİ VE KAYNAK KALİTESİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Yeşim ERCAN
(503021313)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 Haziran 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 2 Haziran 2005

Tez Danışmanı :

Doç. Dr. Murat VURAL

Diğer Jüri Üyeleri :

Prof. Dr. Adnan DİKİCİOĞLU (İ.T.Ü.)

Doç. Dr. Erdem İMRAK (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Sanayii ve teknoloji hızla gelişmektedir. Ülkemizde, kaynak alanında; tasarımdan, imalata, imalat sırasında kontrolden işletme süreçlerine kadar her sektörde özellikle de makine imalat sektöründe faaliyet göstermektedir.

Bu tez çalışmasında TS EN 25817’de tanımlanan süreksizliklerin, bilgisayar ortamında statik zorlama etkisindeki davranışlarına göre kaynaklı bağlantı kalitesinin nasıl olacağı amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın oluşturulmasında bana yol gösteren ve her zaman desteğini gördüğüm tez danışmanım Doç. Dr. Murat VURAL’a teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Haziran 2005

Yeşim ERCAN



İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kaynağın Endüstrideki Yeri, Önemi	1
1.2 Kaynak Hataları ve Kalite	2
2. KAYNAKLI İMALATTA KALİTE	3
3. KAYNAK HATALARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	4
3.1 Kaynak Hataları	3
3.2 Kaynak Süreksizlikleri	5
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR	9
4.1 Malzeme	9
4.2 Kullanılan Yöntem ve Analizin Yapılışı	10
4.3 Analiz Sonuçları	11
5. ÇALIŞMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	65
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	78
EKLER	79
ÖZGEÇMİŞ	102

KISALTMALAR

A-9-D : A Şekli, 9 No'lu Süreksizlik, D sınır Değerlendirmesi (soldan 1. hane şekli, 2. hane süreksizlik no ' sunu, 3. hane sınır değerlendirme grubunu göstermektedir.)

FEM : Sonlu Elemanlar Yöntemi



TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 : Malzeme özellikleri

Sayfa No

10



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 4.1	: Parça boyutları	9
Şekil 4.2	: Nüfuziyet azlığı	12
Şekil 4.3	: A-9-B Sınır gerilme değerleri	13
Şekil 4.4	: A-9-C Sınır gerilme değerleri	13
Şekil 4.5	: A-9-D Sınır gerilme değerleri	14
Şekil 4.6	: Nüfuziyet azlığı	15
Şekil 4.7	: B-9-B Sınır gerilme değerleri	16
Şekil 4.8	: B-9-C Sınır gerilme değerleri	16
Şekil 4.9	: B-9-D Sınır gerilme değerleri	17
Şekil 4.10	: Nüfuziyet azlığı	18
Şekil 4.11	: C-9-B Sınır gerilme değerleri	19
Şekil 4.12	: C-9-C Sınır gerilme değerleri	19
Şekil 4.13	: C-9-D Sınır gerilme değerleri	20
Şekil 4.14	: İç Köşe Kaynak	20
Şekil 4.15	: 10-B Sınır gerilme değerleri	21
Şekil 4.16	: 10-C Sınır gerilme değerleri	22
Şekil 4.17	: 10-D Sınır gerilme değerleri	22
Şekil 4.18	: Yanma oluşu	23
Şekil 4.19	: 11-B Sınır gerilme değerleri	24
Şekil 4.20	: 11-C Sınır gerilme değerleri	24
Şekil 4.21	: 11-D Sınır gerilme değerleri	25
Şekil 4.22	: Yanma oluşu	25
Şekil 4.23	: B-11-B Sınır gerilme değerleri	26
Şekil 4.24	: B-11-C Sınır gerilme değerleri	27
Şekil 4.25	: B-11-D Sınır gerilme değerleri	27
Şekil 4.26	: Aşırı dikiş taşkınlığı	28
Şekil 4.27	: 12-B Sınır gerilme değerleri	29
Şekil 4.28	: 12-C Sınır gerilme değerleri	29
Şekil 4.29	: 12-D Sınır gerilme değerleri	30
Şekil 4.30	: Aşırı konvekslik	31
Şekil 4.31	: 13-B Sınır gerilme değerleri	32
Şekil 4.32	: 13-C Sınır gerilme değerleri	32
Şekil 4.33	: 13-D Sınır gerilme değerleri	33
Şekil 4.34	: İç köşe kaynağı, nominal değerden gittikçe artan boğaz kalınlığı	34
Şekil 4.35	: 14-B Sınır gerilme değerleri	35
Şekil 4.36	: 14-C Sınır gerilme değerleri	35

Şekil 4.37	: 14-D Sınır gerilme değerleri	36
Şekil 4.38	: İç köşe kaynağı, nominal değerden gittikçe artan boğaz kalınlığı	36
Şekil 4.39	: 15-B Sınır gerilme değerleri	37
Şekil 4.40	: 15-C Sınır gerilme değerleri	38
Şekil 4.41	: 15-D Sınır gerilme değerleri	38
Şekil 4.42	: Aşırı kök sarkıklığı	39
Şekil 4.43	: 16-B Sınır gerilme değerleri	40
Şekil 4.44	: 16-C Sınır gerilme değerleri	40
Şekil 4.45	: 16-D Sınır gerilme değerleri	41
Şekil 4.46	: Eksen kayması	42
Şekil 4.47	: A-18-B Sınır gerilme değerleri	43
Şekil 4.48	: A-18-C Sınır gerilme değerleri	43
Şekil 4.49	: A-18-D Sınır gerilme değerleri	44
Şekil 4.50	: Eksen kayması	45
Şekil 4.51	: B-18-B Sınır gerilme değerleri	46
Şekil 4.52	: B-18-C Sınır gerilme değerleri	46
Şekil 4.53	: B-18-D Sınır gerilme değerleri	47
Şekil 4.54	: Kapak pasosunun çöküklüğü	48
Şekil 4.55	: 19-B Sınır gerilme değerleri	49
Şekil 4.56	: 19-C Sınır gerilme değerleri	49
Şekil 4.57	: 19-D Sınır gerilme değerleri	50
Şekil 4.58	: Asimetrik iç köşe dikişi	51
Şekil 4.59	: 20-B Sınır gerilme değerleri	52
Şekil 4.60	: 20-C Sınır gerilme değerleri	52
Şekil 4.61	: 20-D Sınır gerilme değerleri	53
Şekil 4.62	: Kök pasosunun çöküklüğü	54
Şekil 4.63	: 21-B Sınır gerilme değerleri	55
Şekil 4.64	: 21-C Sınır gerilme değerleri	55
Şekil 4.65	: 21-D Sınır gerilme değerleri	56
Şekil 4.66	: Kök pasosunun çöküklüğü	56
Şekil 4.67	: B-21-B Sınır gerilme değerleri	57
Şekil 4.68	: B-21-C Sınır gerilme değerleri	58
Şekil 4.69	: B-21-D Sınır gerilme değerleri	58
Şekil 4.70	: Çeşitli süreksizlikler	59
Şekil 4.71	: 26-B Sınır gerilme değerleri	60
Şekil 4.72	: 26-C Sınır gerilme değerleri	60
Şekil 4.73	: 26-D Sınır gerilme değerleri	61
Şekil 4.74	: Çeşitli süreksizlikler	62
Şekil 4.75	: B-26-B Sınır gerilme değerleri	63
Şekil 4.76	: B-26-C Sınır gerilme değerleri	63
Şekil 4.77	: B-26-D Sınır gerilme değerleri	64

Şekil 5.1	: A-9	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	65
Şekil 5.2	: B-9	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	66
Şekil 5.3	: C-9	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	66
Şekil 5.4	: A-10	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	67
Şekil 5.5	: A-11	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	67
Şekil 5.6	: A-11	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	68
Şekil 5.7	: A-12	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	69
Şekil 5.8	: A-13	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	69
Şekil 5.9	: A-14	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	70
Şekil 5.10	: A-15	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	70
Şekil 5.11	: A-16	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	71
Şekil 5.12	: A1-18	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	71
Şekil 5.13	: A2-18	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	72
Şekil 5.14	: A-19	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	72
Şekil 5.15	: A-20	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	73
Şekil 5.16	: A-21	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	73
Şekil 5.17	: B-21	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	74
Şekil 5.18	: A-26	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	74
Şekil 5.19	: B-26	Gerilme sınır değerlerinin karşılaştırılması	75

SEMBOL LİSTESİ

a, s	: Kaynak dikiş kalınlığı
b	: Kaynak genişliği
h	: Yükseklik
t	: Parça kalınlığı



TS EN 25817 STANDARDINDA TANIMLANAN SÜREKSİZLİKLERİN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ VE KAYNAK KALİTESİNE ETKİSİ

ÖZET

Bu tez çalışmasında, TS EN 25817 standardında tanımlanan süreksizliklerin, kaynaklı bağlantının kalitesine etkisinin nasıl olacağı amaçlanmıştır. “Kaynağın önemi, Kaynak hataları ve kaynaklı imalat kalite” konuları incelenmiştir. Bunun için, standartta tanımlanan süreksizliklerin, farklı her durumu ele alınıp, katı modeli SolidWorks çizim programında oluşturuldu. Oluşturulan parçaların, CosmosWorks analiz programında statik zorlama altındaki maksimum gerilme değerleri elde edildi.

Malzeme olarak, çelik AISI 1020 kullanıldı. Parça boyutları 50x50x10 (mm x mm x mm) dir. Parçaya uygulanan kuvvet 10.000 N'dur. Kaynak edilen iki parçadan biri sabit tutulup, diğer parça statik zorlama altında çekmeye zorlanmıştır.

CosmosWorks bilgisayar programında, önce çalışma parametreleri belirlendi, sınır şartlar uygulanarak modelleme yapıldı. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizde, parça mesh edildi. Uygulanan kuvvet sonucunda, parçanın hangi bölgesinde hangi gerilme değerlerinin etkili olduğu görüldü. Analiz programında, maksimum gerilme değerleri Von Misses Kriterine göre hesaplanmıştır. Her bir süreksizlik, standartta yer alan B (yüksek), C (orta) ve D (düşük) değerlendirme gruplarına göre incelendi.

CosmosWorks bilgisayar paket programında analiz sonucu elde edilen maksimum gerilmeler, ilgili standartta tanımlanan sınır değerlere göre EXCEL programında grafik haline dönüştürüldü. Bulunan sonuçlar karşılaştırıldı.

Sonuç olarak, süreksizliklerin çentik veya enkesit azalması oluşturarak, gerilmenin aşırı arttığı ve parçanın aşırı zorlandığı görüldü. B sınır değerlendirme grubundan D sınır değerlendirme grubuna doğru, gerilme değerlerinin arttığı açıkça gözlemlendi.

Her bir kaynaklı bağlantının kalitesi, o bağlantının statik dayanımına, yorulma davranışına ve gevrek kırılma davranışına önemli oranda etki eder. Bu neden ile, kaynaklı bağlantılarda belirli kalite değerlerine ulaşabilmek için danışmanlıklara ve eğitilmiş, kaliteli ve bilgili personelin çalışmasına gerek duyulur.

OBSERVED OF THE TRANSITORINESSES WHICH ARE DEFINED IN TS EN 25817 BY FEM AND ITS EFFECT ON THE QUALITY OF WELDING

SUMMARY

In this thesis study, it is intended that how the transitorinesses which are defined in TS EN 25817 will effect on the quality of welded joints. The importance of welding, welding errors and quality of welded manufacturing were observed. So, it was considered the different situations of the transitorinesses which are defined in TS EN 25817 and it was constituted its solid model in SolidWorks drawing programme. It was obtained that max. Tensile values in static forced with CosmosWorks analysis programme.

It was used AISI 1020 steel as a material. The dimension of sample is 50x50x10 (mm x mm x mm) the forced was carried out piece is 10.000 N. One of the piece of welding was become stable, the other one was compelled pulling in static forced.

Firstly, it was determined parameters of study and made a model by using limits in CosmosWorks analysis programme. In analysis which was made by FEM the piece was mesh, it was determined that which tensile values were formed on which areas of piece after compelling static force. It was calculated the max. tensile values by using Von Misses criterions in analysis programme. It was examined every transitorinesses according to the groups of B(high), C (middle), D (low).

The max. tensiles which were obtained after analysis in CosmosWorks programme was changed into graph in Excel according to limit values which were stated in Standard. It was compared the founded results.

Consequently, it was observed that the tensile was inceased and the piece forced more with the transitorinesses by forming notch or decreasing of width – cross section. It was observed clearly that the tensile would increase if we were gone to D limit from B limit.

The quality of each welding joints effect on static resistance of that joint and fatigue treatment and brittle fracture treatment. For this reason, it is necessary that the studies of counseling and well-educated a good quality people.

1. GİRİŞ

Birbirinin aynı veya erime aralıkları birbirine yakın 2 veya daha fazla metalik veya termoplastik parçayı ısı, basınç veya her ikisini birden kullanarak aynı türden bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmektir. Kaynak 3 amaçla kullanılır;

-İmalat

-Bağlantı

-Tamirat [11] .

1.1 Kaynağın Endüstrideki Yeri, Önemi

Tarihçiler ve arkeologlar geçmişin bilinmesini bugünün anlaşılması ve geleceğin tahmin ve takdiri için gerekli görmektedir. İnsanoğlu günümüzden yaklaşık 3500 yıl kadar önce, iki metal parçasının sıcak veya soğuk halde çekiçleyerek kaynak edip birleştirmeyi gerçekleştirmiştir. Bugün bütün endüstrileşmiş ülkelerde demircinin çekici ile yaptığı kaynak hemen hemen tarihe karışmıştır.

Kaynak yönteminin günümüz endüstriyel uygulamaları ise 19. yy'ın ikinci yarısında başlamıştır. Özellikle otomotiv sektöründe geniş uygulama alanları vardır. Kaynak teknolojisinde, son yıllarda kaynak yöntemleri hızla gelişmektedir. Bugün Türkiye'mizde hemen bütün kaynak yöntemleri kullanılmaktadır. Kaynak tekniği, değişik kullanma alanları nedeniyle, amaca uygun birbirinden farklı kaynak yöntemlerine ve bunun sonucu olarak da farklı otomasyon türlerine gerek duymaktadır. Kaynakta ekonomikliği sağlamanın yanında, bir kalite yükselmesini de gerçekleştiren bu otomatlar, gelişmelerini henüz tamamlayamamışlardır. Elektroniğin hızlı gelişmesi ile desteklenerek, gelecek için hedeflenen amaç, gerçek anlamda tam otomatik kaynak işlemini gerçekleştirebilecek robotları geliştirmektir [1,3,4,5,12] .

1.2 Kaynak Hataları ve Kalite

Kaynaklı imalatta kaynaklı bağlantıların her türünde süreksizlikler görülebilir. Bu durumda araştırılması gereken nedenler, yanlış parametre seçimi, uygun olmayan veya yetersiz ön hazırlık ve taşıma hatalarıdır. Süreksizlikler çoğunlukla kötü işçilikten dolayı oluşmaktadır. Kaynak dikişindeki süreksizlikler veya bağlantının hedeflenen formundan görülen sapmalar, EN 26520’de aşağıdaki gruplara ayrılmıştır.

- 1.Süreksizlik grubu: Çatlaklar
- 2.Süreksizlik grubu: Boşluklar
- 3.Süreksizlik grubu: Katı kalıntılar
- 4.Süreksizlik grubu: Birleşme hataları ve yetersiz nüfuziyet
- 5.Süreksizlik grubu: Şekil hataları, ve
- 6.Süreksizlik grubu: Diğer hatalar

Kaynaklı bağlantıların mukavemeti, kaynağın kalitesi ve kusursuz yapılmasına bağlıdır [13] .

2. KAYNAKLI İMALATTA KALİTE

Kaynaklı bağlantıların üretim ve servis aşamalarında ciddi problemlerin oluşmaması ve verimli bir şekilde çalışabilmesi için, tasarım aşamasından malzeme seçimine, malzeme teminine ve sonraki muayenelere kadar tüm aşamalarında kontrollerin yapılmasını gerektirir. Kaynaklı imalatla kalite güvencesine etki eden temel faktörler; İşletmenin donanımı, kaynakçı, kaynak denetim personelidir.

Kaynak tekniğinde kaliteyi etkileyen faktörler; Tasarım, malzeme, kaynak yöntemi, kaynak tekniği personeli, geometrik faktörler (cidar kalınlığı, farklı kalınlıklar, yüzey durumu, dikiş fazlalığı, toleranslar.... gibi), kaynaktan sonraki işlemler (ısıtıl işlem, dikişlerin islenmesi, soğuk sertleştirme ve şekil verme... gibi), dikişlerin tahribatsız muayenesi (radyografik, ultrasonik, manyetik toz, floresans sıvı emdirme... gibi) , bakım ve tamir (kaynaktan sonra yapılacak bakım ve onarımlar... gibi) dir [2,7,13].

3. KAYNAK HATALARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Belirli bir uygulama için bir malzemenin bir kaynak yöntemiyle oluşturulan kaynaklı bağlantısı TS EN 25817'ye göre değerlendirilirken, bu standartta yer alan B (yüksek), C (orta) ve D (düşük) değerlendirme gruplarından birinin seçiminde, göz önüne alınması gereken faktörler; konstrüksiyonun gerekleri, sonraki imalat işlemleri, işletme şartları, zorlama türüdür. Her bir kaynaklı bağlantının kalitesi, o bağlantının statik dayanımına, yorulma davranışına ve gevrek kırılma davranışına önemli oranda etki eder [13,15,16] .

3.1 Kaynak Hataları

Bir kaynağın fiziki yapısındaki kesinliklere süreksizlik denir. Süreksizlik, kaynakla birleştirilen iş parçasının malzemesinde veya birleştirme bölgesinde mekanik, metalurjik veya fiziksel özelliklerin homojenliğini bozan sebepler olarak tanımlanmaktadır. Kaynaktaki bir süreksizlik kaynaklı birleştirmenin kullanım amacı uygunluğuna engel teşkil ederse kaynak hatası olarak tanımlanır.

DIN 8563 Normuna ve TSE ye göre süreksizlikler 2 gruba ayrılır;

-Dış kusurlar

-İç kusurlar

Dış kusurlar; Aşırı yığılmış kaynak metali, yetersiz metal doldurma, hatalı konumlu kaynak, iç köse kaynaklarında aşırı asimetri, yanma oluğu, açık uç kraterleri, yüzey gözenekleri, yüzey cüruf kalıntıları, sıçrama, ark boşluğu, aşırı nüfuziyet, kökte ergime noksanlığı, kökte çatlaktır.

İç kusurlar; Gaz boşlukları , katı kalıntılar, yetersiz ergime, yetersiz nüfuziyet, çatlaklar, krater boşluklarıdır

Kaynak yöntemi ve uygulanmasına bağlı süreksizlikler;

Ergime ile birleştirme yapılan kaynak işlemlerinde meydana gelen süreksizlikler;

Geometrik olanlar; Konum hatalı birleştirme, yanma oluğu, yetersiz kaynak doldurması, aşırı içbükey ve dışbükey kaynak yüzeyi, aşırı metal yığılması, dikiş sarkması, ark erimesi, arkalık kalıntısı, yetersiz ergime, yetersiz nüfuziyet, büzülme, yüzey düzensizliğidir.

Diğerleri; Ark çarpmaları, curuf inklüzyonları, tungsten inklüzyonları, oksit filmler, sıçramalar, ark kraterleridir.

Metalurjik Sebepli Olan Süreksizlikler;

Çatlaklar; Sıcak çatlaklar, soğuk çatlaklar, tekrar ısıtma, gerilme giderme veya deformasyon yaslanması çatlakları, lameler yırtılma

Gözenek; Küresel, uzamış, kurt boşlukları

Ana metalde tabakaların ayrılmasıdır.

Tasarıma Bağlı Süreksizlikler;

A- Gerilme konsantrasyonuna yol açan sebepler (kesit değişimi v.b.)

B- Kaynak birleştirme türü

Kaynak hatası kaynak yapımı sırasında oluştuğu gibi iş parçasının kullanımı sırasında da oluşabilir. Mesela çeşitli sebeplere bağlı olarak kaynak bölgesinde yorulma çatlakları oluşabilir. Kaynak hatalarını tespit edebilmek için tahribatsız muayene yöntemlerinden faydalanırız. Süreksizlikler kaynak bölgesinde gerilme yığılmalarına yol açarlar. Yani, kaynak bölgesinde gerilme dağılımını etkilemektedir. Süreksizliğin keskinliği arttıkça gerilme yığılma değeri artar. Kaynak bölgesine gelen gerilmeler veya kaynak bölgesinde oluşan kalıntı gerilmeler süreksizlikleri ilerletmeye veya yüzeylerin açıklığını arttırmaya teşvik edici konumda ise tehlike, risk artar.

Kaynak süreksizliğinin oluşumunda etkin olan faktörler; Kaynak yöntemi, kaynak parametreleri, kaynak geometrisi, sarf malzeme cinsi, konstrüksiyonun rijiditesidir [6,7,12,14].

3.2 Kaynak Süreksizlikleri

Konum hatalı kaynaklar; Kaynak parçalarının kaynak öncesi hatalı yerleştirilmesi veya punto atılmasına bağlı olarak ortaya çıkan hata türüdür.

Yanma oluğu; Kaynak metalinin son noktasını tam doldurmaması yüzünden yanma oluğu meydana gelir. Yanma oluğu yüzeyde bir çentik oluşturarak gerilme konsantrasyonu yapar. Gerilme konsantrasyon şiddeti, yanma oluğunun geometrisine bağlı olarak değişir. Dinamik yüklere maruz kalan parçalarda yanma olukları minimum olmalıdır.

Yetersiz kaynak doldurması; Bu süreksizlik kaynağın kesit alanını azaltarak yük taşıma kapasitesini azaltır ve ayrıca gerilme yığılması yaparak parçanın servisi sırasında hasara yol acar.

Aşırı içbükey (Konkav) veya dışbükey (Konveks) dikişler; Kaynak kalınlığı mukavemet için önemlidir. Kalınlık; teorik, gerçek ve efektif olarak 3'e ayrılır. Yük taşıyan gerçek kalınlıktır; ancak biz teorik hesaplamalarda teorik kalınlığı kullanırız. Kaynakta içbükeylik arttıkça kalınlık küçülür ve bunun sonucu olarak yük taşıma kapasitesi düşer.

Büzülme; Isıtılan bütün katı metaller genleşir. Kaynaklı birleştirmelerde sıvılaştıran kaynak metali ve çevresindeki ısınan bölgeler oda sıcaklığına soğurken büzülme gösterir. Bu büzülme engellenirse iç gerilmeler doğar. Bu gerilmelerin tesiri ile kalıntı gerilmeler, distorsiyon hatta çatlama oluşur. Kaynak genişliğinin kaynak derinliğine oranı 1.0 - 1.4 arasında çatlama olmaz. İçbükey yüzeyde çekme gerilmeleri oluşur. Dışbükey yüzeyde basma gerilmeleri oluşur. Çok pasolu iç köşe kaynaklarında ilk dikiş dışbükey çekilir. Sonraki dikişler aşırıya kaçmadan içbükey olabilir.

Aşırı metal yığılması; Yetersiz kaynak doldurma hatası oluşmaması için, kaynak metali gereğinden biraz fazla kullanılır. Aşırı metal yığılması yorulma mukavemetini etkiler.

Dikiş taşması; Kaynak metalinin kaynak dikişinin ucunda veya kökünden dışarı taşmasına dikiş taşması denir.

Ark erimesi; Kaynak sırasında arkın altındaki metalin tamamen erimesi sonucunda kaynak metalinde bir delik oluşursa buna ark erimesi denir.

Yetersiz ergime; İş parçasının yüzeyinde veya köşelerindeki erime kaynak sırasında yetersiz kalınca birleşme eksik olmaktadır. Eğer küçükse ve aralıklıysa çok ciddi olmayabilir. (Tokluk ve yorulmaya etkisi düşüktür). Büyük ve sürekliyse, nüfuziyet azlığı kadar ciddidir.

Yetersiz nüfuziyet; Bağlantı geometrisinin veya kaynak parametrelerinin hatalı olmasından doğar. Yorulmaya veya gevrek kırılmaya neden olabilir. Alın birleştirmelerde nüfuziyet derinliği olarak en fazla parça kalınlığı alınır.

Yüzey gözenekleri; Kaynak şartları bazen kaynak dikişi yüzeyinde gözenek oluşumuna yol acar. Taşlama ile veya tesviye yöntemleri ile bu yüzeylerden gözenekler giderilmelidir, yoksa hatalı kaynak birleştirmelerine neden olurlar.

Ark yanıkları; Ark ile kaynak dikişinde veya ana metalde çok küçük miktarda aşırı ısınan bölge oluşur. Aşırı ısınan kısım hızla soğuyunca su verme çatlağı oluşturabilir. Bu durum iş parçasının çalışması sırasında kırılmaya yol açar.

Sıçramalar; Kaynak dikişlerinin veya esas metalin yüzeyinde, küresel küçük metal parçacıklarının dağılmasıdır. Sıçramalar, kaynak metal kaybına, yüzey pürüzlülüğüne sebep olur.

Curuf inklüzyonları; Kimyasal reaksiyonlar ile oluşan, metalik olmayan malzemelerin (curuf) bir kısmı kaynak metali katılaşırken yüzeye çıkamadan kaynak metali içerisinde kalır. Curuf inklüzyon oluşumuna etki eden başlıca faktörler; Pasolar arası curuf temizlenmemesi, birleştirme hattı veya kök curuf, yüksek oksijen, azot, mangan, silisyum, alüminyum oranı gibi.

Ark kraterleri; Elektrik ark kaynağında, arkın söndürüldüğü noktalarda (kriterler) sıvı metalin katılaşması ile çökme olur. Çökmenin önlenmesi için kratere sıvı metal beslemesi yapılır.

Krater çatlağı; Genelde bütün alaşımsız ve hafif alaşımlı çeliklerin kaynağında elektrotun çabuk çekilmesiyle meydana gelen çatlaklardır. Bulunması çoğunlukla zordur. Ciddi gerilme yükselticilerdir.

Gözenek (Porozite); Kaynak metalinde meydana gelir. Kaynak sırasında çözünen gazların, katılan kaynak metali içerisinde hapis olarak gaz boşlukları oluşturmasıyla meydana gelir. Gözenek oluşumuna kaynak yöntemi, kaynak şartları, iş parçasının ve kaynak metalinin kimyasal bileşimi tesir eder. Hacimsel olarak %3'ün üzerine çıkmadıkça dayanıma etki yapmaz. Sünekliğe etkisi yoktur. Eğer yüzeye çıkarsa, sadece alın bağlantılarının yorulma dayanımını etkiler. Radyografi ile kolayca bulunabilir.

Katmerler; Katmer kaynak edilen iş parçasında kaynak öncesi mevcut olan bir yapısal düzensizliktir.

Katlamalar, dikişler; Katlamalar, sıcak haddelenmiş metallerin yüzeyindeki boylamasına yarıklardır. Yarık, kalıntı gerilmelere veya uygulanan gerilmelere dik ise katlama çatlak gibi davranarak ilerler. Katlamalar üzerine kaynak yapılması halinde kaynak kırılır.

Çatlaklar; Metalurjik olaylara dayanır. Varlıkları sünekliği azaltabilir. Çatlaklar, kaynaklı birleştirmenin mukavemetini önemli miktarda düşürmektedir. 2 şekilde sınıflandırılır;

Kaynak metali çatlakları; (Boyuna, enine, krater ve şapka)

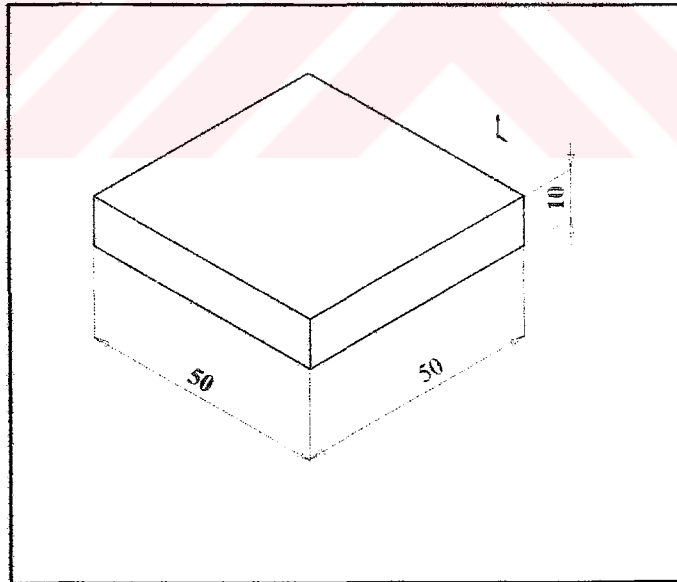
İş parçası çatlakları; (enine, dikişaltı, ayakucu, kök, tabakalaşma, lameler yırtılma ve ergime hattı çatlakları) [7,13,14] .

4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada bir çelik malzemesinin kaynak bağlantısındaki, TS EN 25817 standardında şekil ile tanımlanan süreksizliklerin, Solidworks çizim programında modellenip, Cosmosworks programında sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak statik zorlanma altındaki ilgili malzemenin dayanabileceği maksimum gerilme değerleri tespit edilmiştir. Excel programında da her bir süreksizliğin standardın izin verdiği sınır değerler için tespit edilen maksimum gerilmelerin karşılaştırılması yapılmıştır.

4.1 Malzeme

AISI 1020 çelik malzemesi kullanılmıştır. Uygulama yapılan parçanın ebatları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Parça Boyutları

Malzemeye ait teknik özellikler aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. [5] Akma mukavemeti göz önüne alınarak parçaya yükleme yapılmıştır.

Tablo 4.1: Malzeme Özellikleri

Özellik Adı	Değeri
Elastik modülü	$2e+011 \text{ N/m}^2$
Poison oranı	0.29
Kopma modülü	$7.7e+010 \text{ N/m}^2$
Kütle yoğunluğu	7900 kg/m^3
Çekme gerilmesi	$4.2051e+008 \text{ N/m}^2$
Akma gerilmesi	$3.5157e+008 \text{ N/m}^2$
Termal genleşme katsayısı	$1.5e-005 /\text{Kelvin}$
Termal iletkenlik	47 W/(m.K)
Özgül ısı	420 J/(kg.K)

4.2 Kullanılan Yöntem ve Analizin Yapılışı

Fizik ve mühendislik problemlerinin matematiksel çözümünde kullanılan sayısal çözüm metotlarından biri de sonlu elemanlar yöntemidir. Bu metot mühendislerin karşılaştığı birçok karmaşık ve zor problemlerde kullanılmaktadır. Kullanılan yerler, gerilme analizi, akışkanlar mekaniği, ısı transferi, mekanik titreşimler, v.b.

Parçanın geometrisinin oluşturulması SolidWorks çizim programında yapılmıştır. SolidWorks ile çalışan CosmosWorks programında da FEM analizi yapılmıştır.

Modellemenin Hazırlanışı ve Analizin Yapılışı; ISO 5817 Standardında yer alan süreksizliklerin B (yüksek), C (orta), D (düşük) değerlendirme gruplarındaki sınır değerleri uygulanarak kaynaklı bağlantı parçaların SolidWorks programında çizimi yapılmıştır.

1) Parçanın SolidWorks programında çizildiği part sayfasındaki CosmosWorks ikonundan 'study' komutu ile analiz çalışma sayfası oluşturulur. Açılan study penceresinden çalışma sayfasına isim verilir, zorlanma türü 'statik zorlanma' olarak, mesh tipi 'solid mesh' olarak seçilir.

2) CosmosWorks ikonundan 'Apply Material to All' tıklanarak malzeme cinsi AISI 1020 olarak seçilir.

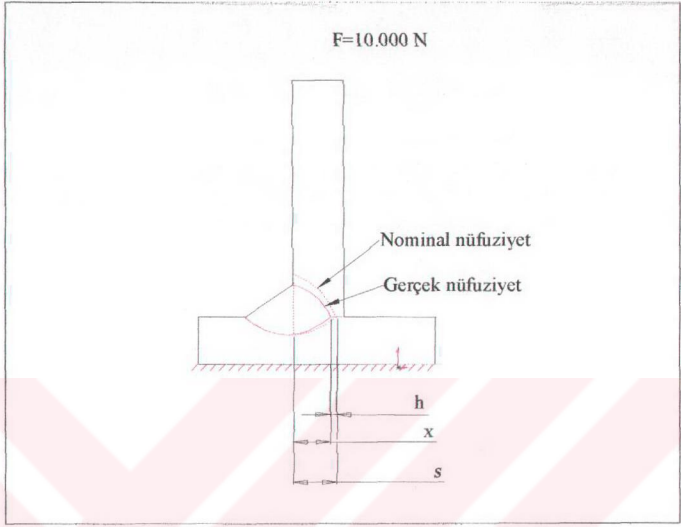
- 3) CosmosWorks ikonundan 'insert' tıklanarak 'restrains' seçilerek sabitlenecek yüzey belirlenir. Yine 'insert' den 'force' tıklanarak kuvvet uygulanacak yüzey belirlenir ve kuvvet değeri yazılır. Kuvvet, kaynağı çekmeye zorlayacak yüzeylere 10.000 N olarak uygulanmıştır. Malzeme statik zorlanma etkisinde olduğundan akma değeri bizim için yeterlidir. Sadece kritik yerlerdeki zorlamaları görmemek için akma sınırına kadar yükleme yapılmamıştır.
- 4) CosmosWorks ikonundan 'mesh' tıklanır ve 'create' seçilerek mesh boyutları belirlenerek parça üçgenlere bölünür.
- 5) Son adım olarak CosmosWorks ikonundan 'run' tıklanarak analizin çalıştırılması sağlanır ve tüm analiz sonuçları (gerilme, uzama, deformasyon, dizayn kontrolü) ortaya çıkar. Bu çalışmada sadece gerilme analiz sonuçları gösterilmiştir.

4.3 Analiz Sonuçları

CosmosWorks de çıkan gerilme analiz sonuçları olduğu gibi (ingilizce olarak) gösterilmiştir. Daha sonra da excel'de grafik halinde incelenerek sonuçlandırılmıştır. Şekillerdeki renkler, bölgelerin zorlanma derecelerini göstermektedir. En büyük gerilme kırmızı ile, en az zorlanan en düşük gerilmeye sahip bölge mavi ile gösterilmiştir. Kıyaslamalar 5. bölümde maksimum gerilmeye göre yapılacaktır.

Şekillerde kullanılan semboller uzunlukları ifade etmektedir. (s: kaynak dikiş kalınlığı, h: yükseklik olarak ifade edilmektedir.)

Standarttaki 9 no'lu süreksizlik, nüfuziyet azlığı süreksizliği ;



Şekil 4.2: Nüfuziyet Azlığı, Şekil A

Bu süreksizlik çeşidinde, kısa süreksizliklere izin verilmektedir. Şekil 4.2'deki bilinmeyenlere verilen değerler, her bir değerlendirme grubu için aşağıda belirtilmiştir.

B değerlendirme grubu;

Nominal nüfuziyet değerine göre değerlendirilmiştir. ($x=h$ olarak hesaplanmıştır.)

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.1 s$$

$$\max. 1.5 \text{ mm}$$

$$h = 0.7 \text{ mm}$$

$$s = 7 \text{ mm}$$

$$x = 6.3 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

D değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.2 s$$

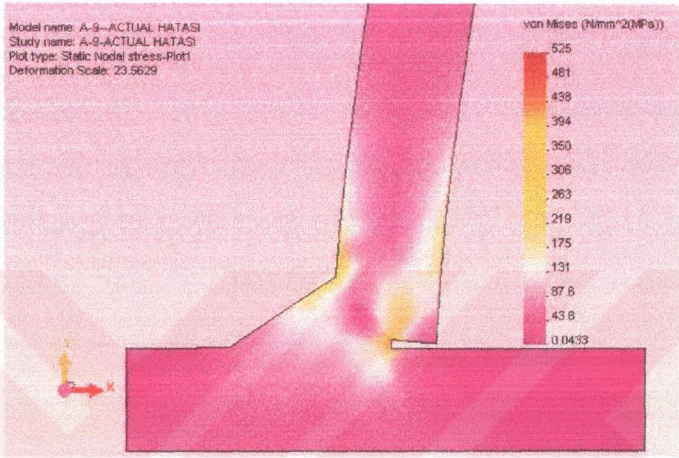
$$\max. 2 \text{ mm}$$

$$h = 1.4 \text{ mm}$$

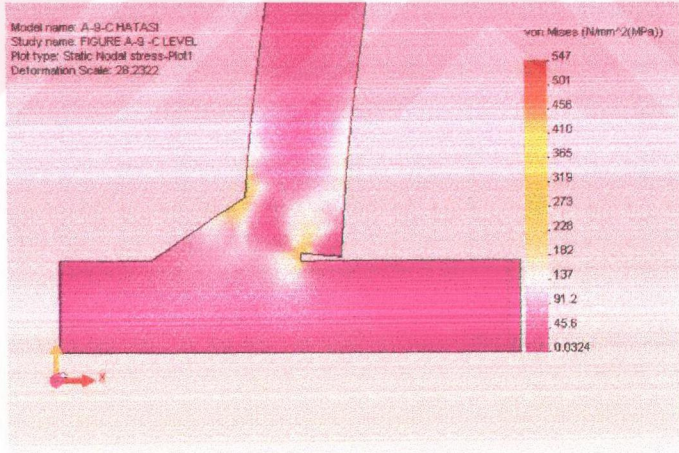
$s=7$ mm

$x=5.6$ mm olarak hesaplanmıştır.

Analiz sonucu elde edilen gerilmelerin, hangi bölgede meydana geldiği aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

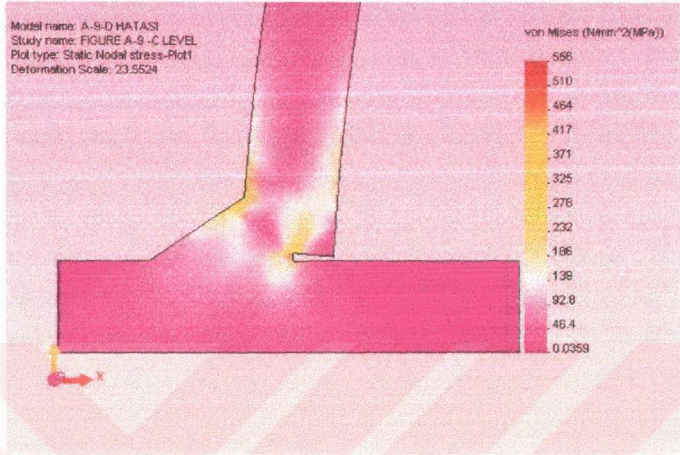


Şekil 4.3: A-9-B Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.4: A-9-C Sınır Gerilme Değerleri

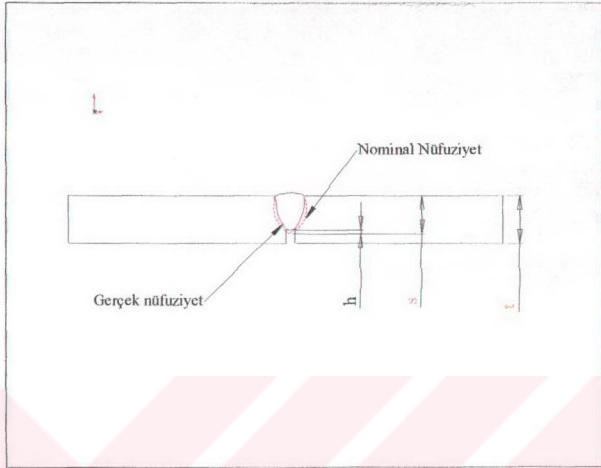
Gerilme akış çizgileri Şekil 4.4’de görüldüğü gibidir. Kritik bölge görülmemektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 547 N/mm^2 ’dir.



Şekil 4.5: A-9-D Sınır Gerilme Değerleri

Gerilme akış çizgileri Şekil 4.5’de görüldüğü gibidir. C sınır değerinde elde edilenden bir farkı yoktur. Kritik bölge görülmemektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 556 N/mm^2 ’dir.

Standarttaki 9 no'lu süreksizlik, nüfuziyet azlığı süreksizliği ;



Şekil 4.6: Nüfuziyet Azlığı, Şekil B

B değerlendirme grubu:

Sınır değerlerine izin verilmiyor. Nominal nüfuziyet değerine göre değerlendirilmiştir. ($x=h$ olarak hesaplanmıştır.)

C değerlendirme grubu:

$$h \leq 0,1 \text{ s}$$

$$\text{max. } 1,5 \text{ mm}$$

$$h = 0,7 \text{ mm}$$

$$s = 7 \text{ mm}$$

$$x = 6,3 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

D değerlendirme grubu:

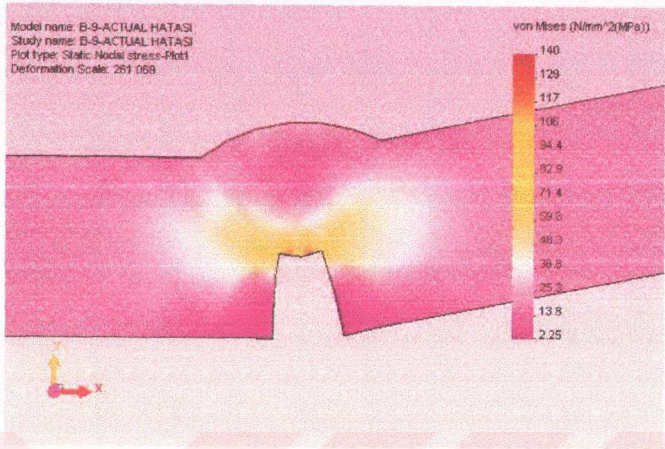
$$h \leq 0,2 \text{ s}$$

$$\text{max. } 2 \text{ mm}$$

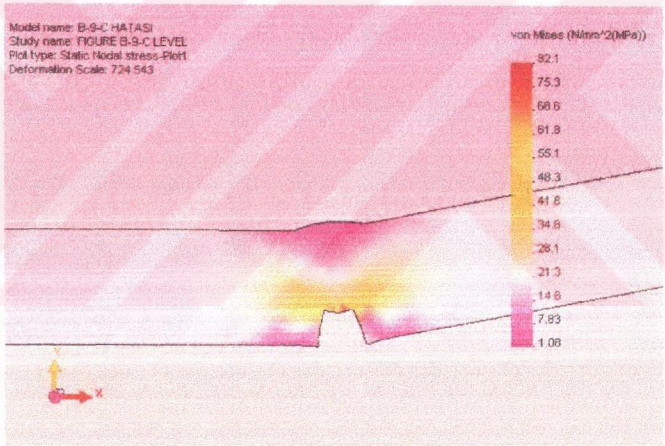
$$h = 1,4 \text{ mm}$$

$$s = 7 \text{ mm}$$

$$x = 5,6 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

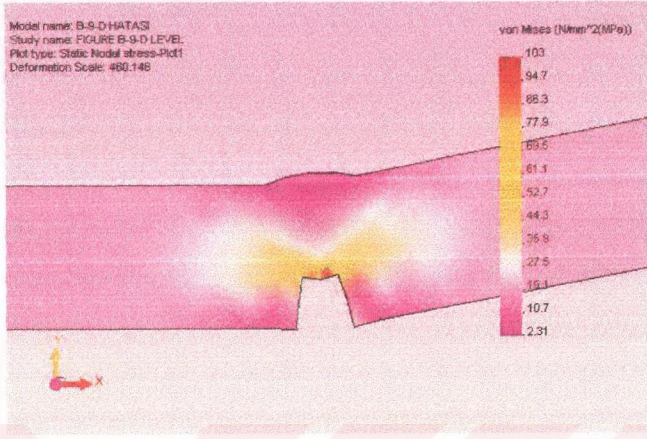


Şekil 4.7: B-9-B Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.8: B-9-C Sınır Gerilme Değerleri

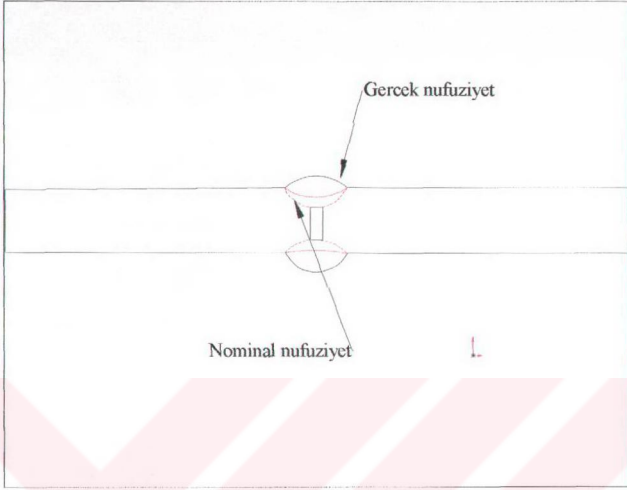
Gerilme akış çizgileri Şekil 4.8'de görüldüğü gibidir. Aralığın olduğu çok küçük bölgede kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Bu bölgede gerilme yığılması olmuştur. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 82.1 N/mm^2 'dir.



Şekil 4.9: B-9-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.9'daki aralığın olduğu bölgede, Şekil 4.8'e göre daha fazla kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Bu bölgede gerilme yığılması olmuştur. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 103 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 9 no'lu süreksizlik, nüfuziyet azlığı süreksizliği ;



Şekil 4.10: Nüfuziyet Azlığı, Şekil C

B değerlendirme grubu;

Sınır değerlerine izin verilmiyor. Nominal nüfuziyet değerine göre değerlendirilmiştir. ($x=h$ olarak hesaplanmıştır.)

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 0,1 \text{ s}$$

$$\text{max. } 1,5 \text{ mm}$$

$$h = 0,35 \text{ mm}$$

$$s = 3,5 \text{ mm}$$

$$x = 3,15 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

D değerlendirme grubu;

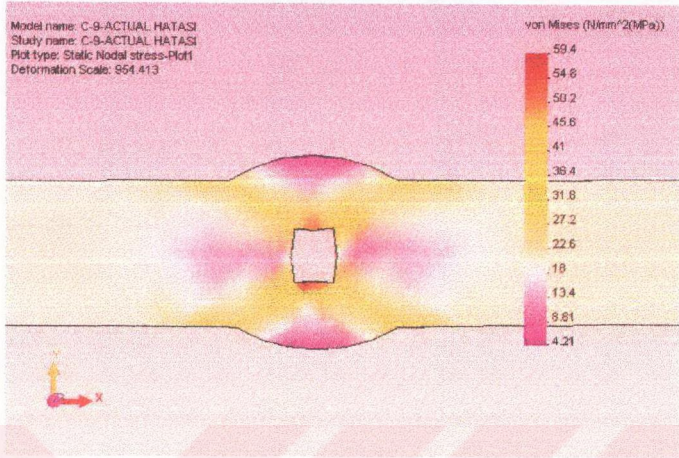
$$h \leq 0,2 \text{ s}$$

$$\text{max. } 2 \text{ mm}$$

$$h = 0,7 \text{ mm}$$

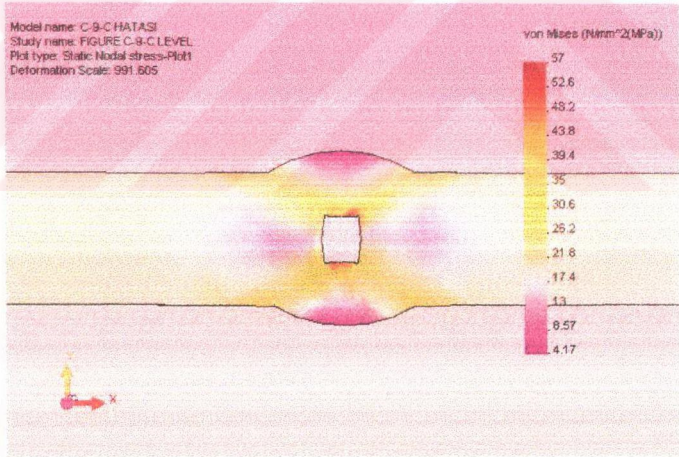
$$s = 3,5 \text{ mm}$$

$$x = 2,8 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



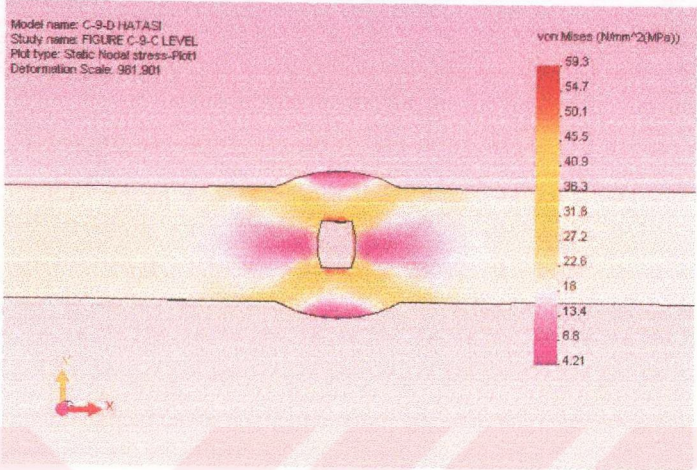
Şekil 4.11: C-9-B Sınır Gerilme Değerleri

Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri, Şekil 4.11’de belirtildiği gibi 59.4 N/mm²’dir.



Şekil 4.12: C-9-C Sınır Gerilme Değerleri

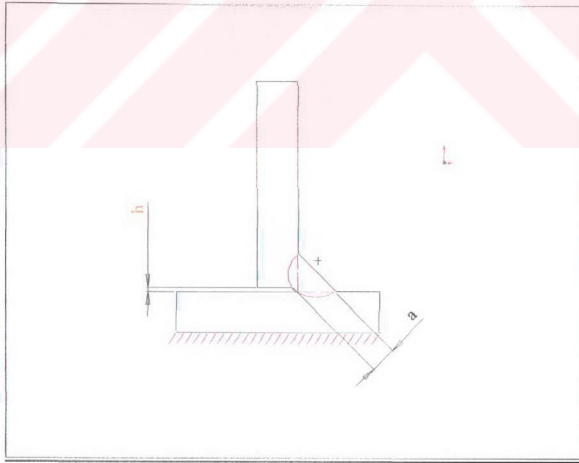
Şekil 4.12’deki aralığın olduğu bölgede kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Bu bölgede gerilme yığılması olmuştur. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 57 N/mm²’dir.



Şekil 4.13: C-9-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.13'deki aralığın olduğu bölgede, Şekil 4.12'ye yakın kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 59.3 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 10 no'lu süreksizlik, iç köşe kaynak süreksizliği



Şekil 4.14: İç Köşe Kaynak

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$$

$$\text{max.} 2 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$$h = 1.2 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.5 \text{ mm} + 0.2 a$$

$$\text{max.} 3 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$$h = 1.9 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

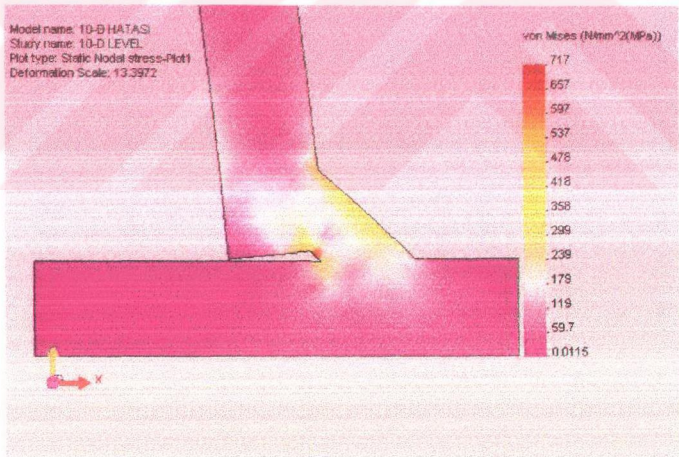
D değerlendirme grubu;

$$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$$

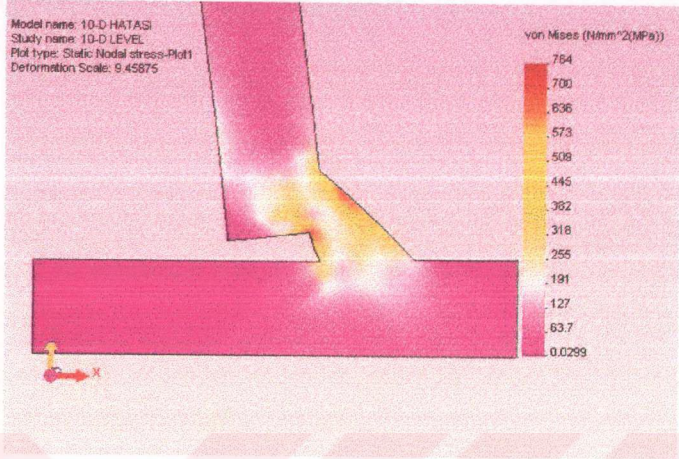
$$\text{max.} 4 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

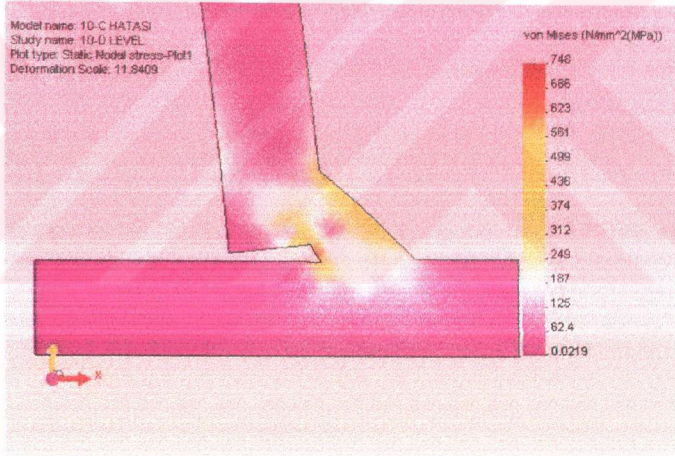
$$h = 3.1 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



şekil 4.15: 10-B Sınır Gerilme Değerleri



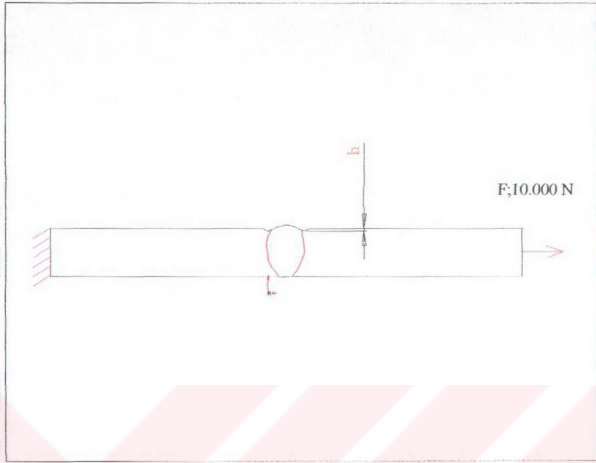
Şekil 4.16: 10-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.17: 10-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.17’de aralığın olduğu bölgede kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Kaynak bölgesinde gerilme yığılmaları oluşmuştur. Parçaya etki eden maksimum gerilme değerleri sırasıyla Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17’de belirtildiği gibi sırasıyla 717 N/mm^2 , 748 N/mm^2 , 764 N/mm^2 ’dir.

Standarttaki 11 no'lu süreksizlik, yanma oluğu süreksizliği



Şekil 4.18: Yanma Oluğu, Şekil A

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.5 \text{ mm}$$

$h = 0.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

C değerlendirme grubu;

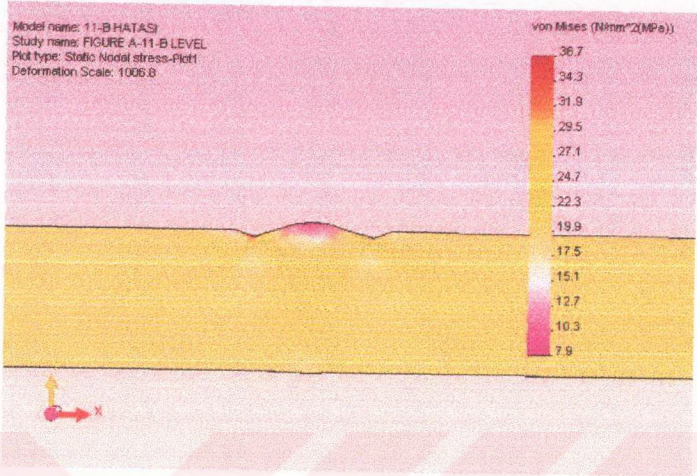
$$h \leq 1,0 \text{ mm}$$

$h = 1,0 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır

D değerlendirme grubu;

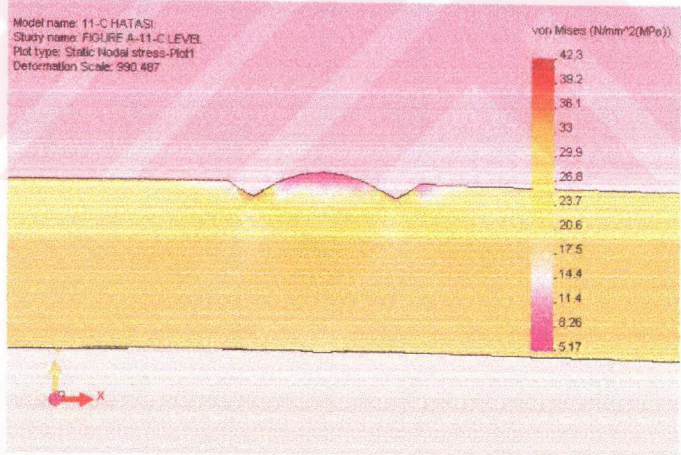
$$h \leq 1.5 \text{ mm}$$

$h = 1.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.



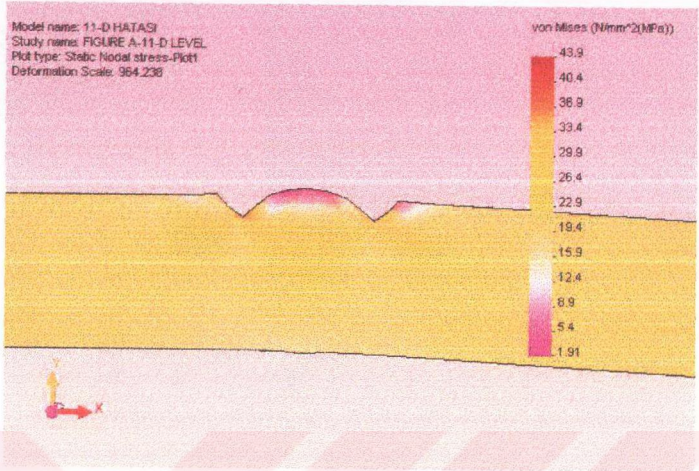
Şekil 4.19: 11-B Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.19'da çentik olan bölgede kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 36.7 N/mm^2 'dir.



Şekil 4.20: 11-C Sınır Gerilme Değerleri

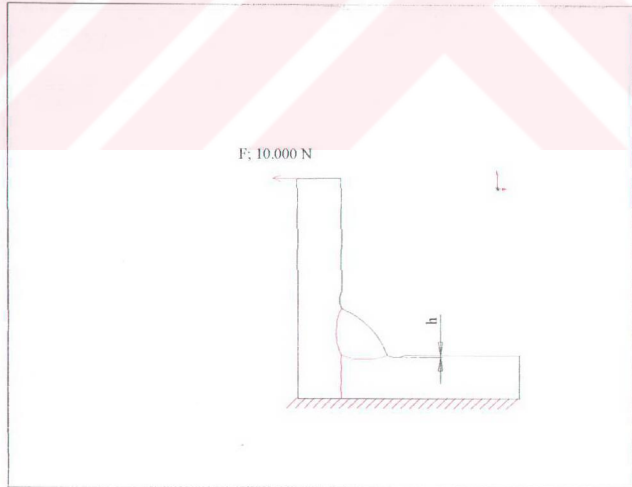
Şekil 4.20'de çentik olan bölgede kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 42.3 N/mm^2 'dir.



Şekil 4.21: 11-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.21'de çentik olan bölgede kritiklik (kırmızı bölge) görülmektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 43.9 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 11 no'lu süreksizlik, yanma oluğu



Şekil 4.22: Yanma Oluğu, Şekil B

B değerlendirme grubu;

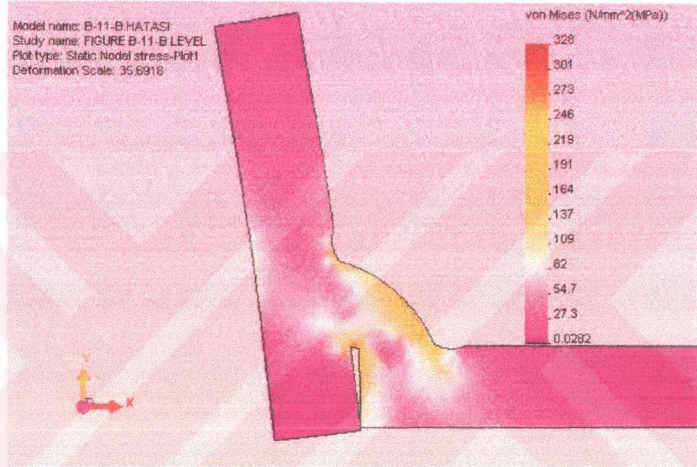
$h \leq 0.5$ mm olarak alınmıştır.

C değerlendirme grubu;

$h \leq 1.0$ mm olarak alınmıştır.

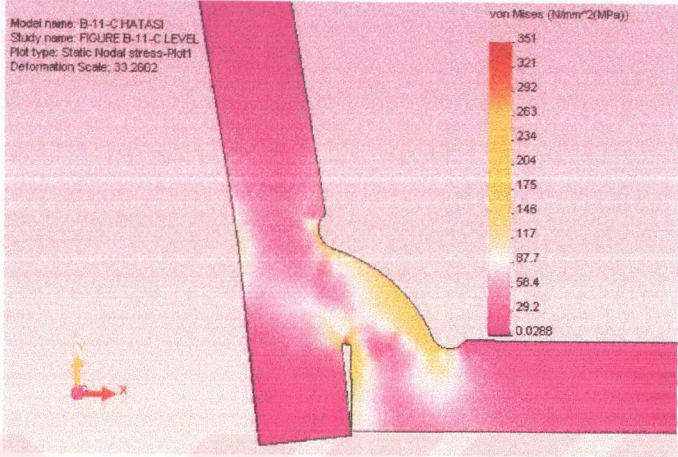
D değerlendirme grubu;

$h \leq 1.5$ mm olarak alınmıştır.



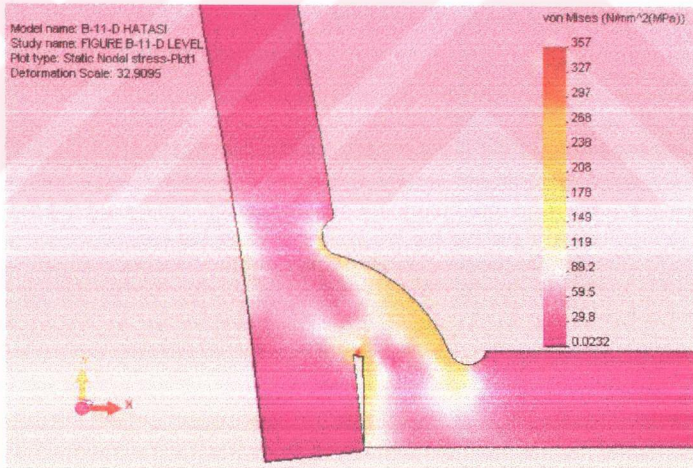
şekil 4.23: B-11-B Sınır Gerilme Değerleri

şekil 4.23’de çentik olan bölgede gerilme yığılması meydana gelmiştir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 328 N/mm^2 ’dir.



Şekil 4.24: B-11-C Sınır Gerilme Değerleri

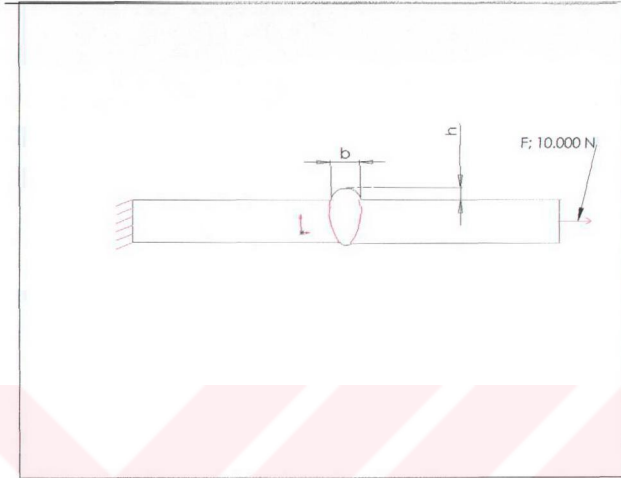
Şekil 4.24'de belirtildiği gibi parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 351 N/mm^2 'dir. Parçada deformasyon meydana gelmiştir.



Şekil 4.25: B-11-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.25'de parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 357 N/mm^2 'dir. Parçada deformasyon meydana gelmiştir.

Standarttaki 12 no'lu süreksizlik, aşırı dikiş taşkınılığı



Şekil 4.26: Aşırı Dikiş Taşkınılığı

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.1 b \quad \text{max. 5 mm}$$

$$b = 7 \text{ mm}$$

$$h = 1.7 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.15 b \quad \text{max. 7 mm}$$

$$b = 7 \text{ mm}$$

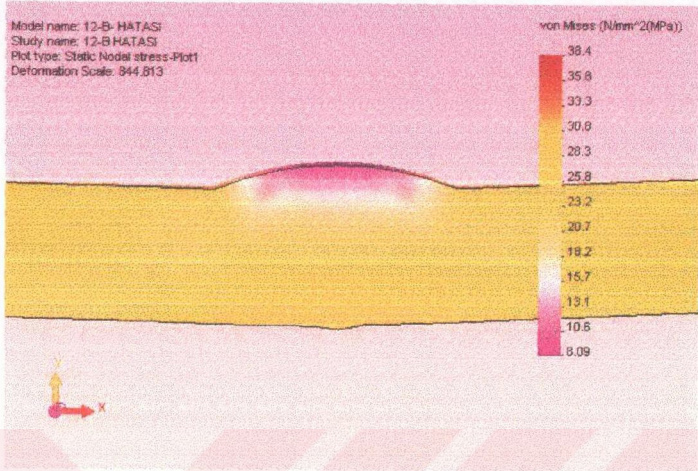
$$h = 2.05 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

D değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.25 b \quad \text{max. 10 mm}$$

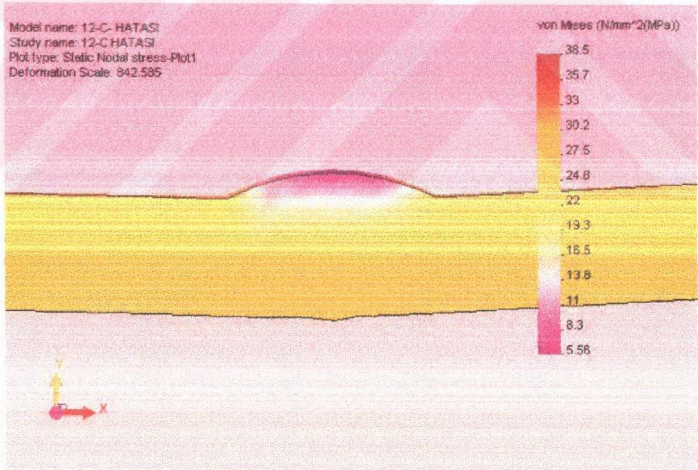
$$b = 7 \text{ mm}$$

$$h = 2.75 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



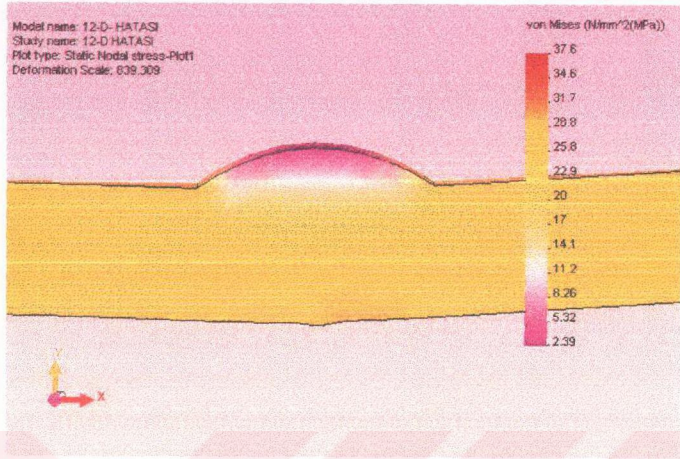
Şekil 4.27: 12-B Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.27’de parçada herhangi bir zorlama görülmemektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 38.4 N/mm^2 ’dir.



Şekil 4.28: 12-C Sınır Gerilme Değerleri

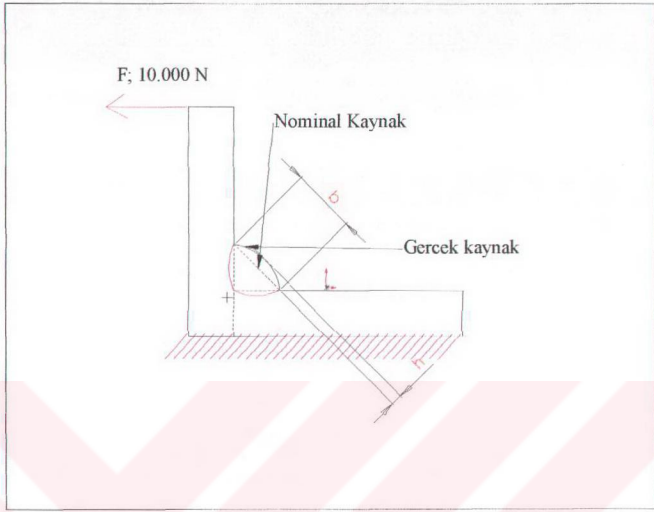
Şekil 4.28’de parçada herhangi bir zorlama görülmemektedir. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 38.5 N/mm^2 ’dir.



Şekil 4.29: 12-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.29’da görüldüğü gibi parçada hafif zorlanmalar başlamıştır. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 37.6 N/mm^2 ’dir. B’den D’ye sınır gerilme değerlerinde artış görülürken, D’de düşüş görülmüştür. Bunun nedeni, min. emniyet katsayısının altına düşüldüğünü gösterir. D sınır değeri parça dizaynında mukavemet düşürücü etki yaratmıştır.

Standarttaki 13 no'lu süreksizlik, aşırı konvekslik



Şekil 4.30: Aşırı Konvekslik

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.1 b \quad \text{max. 3 mm}$$

$$b = 14 \text{ mm}$$

$$h = 2.4 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.15 b \quad \text{max. 4 mm}$$

$$b = 14 \text{ mm}$$

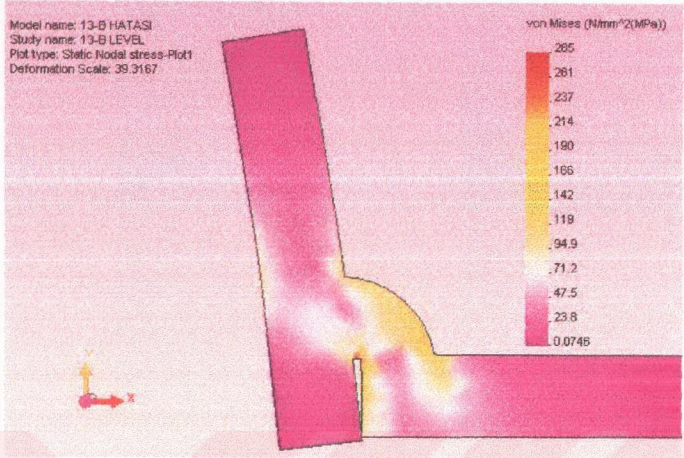
$$h = 3.1 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

D değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.25 b \quad \text{max. 5 mm}$$

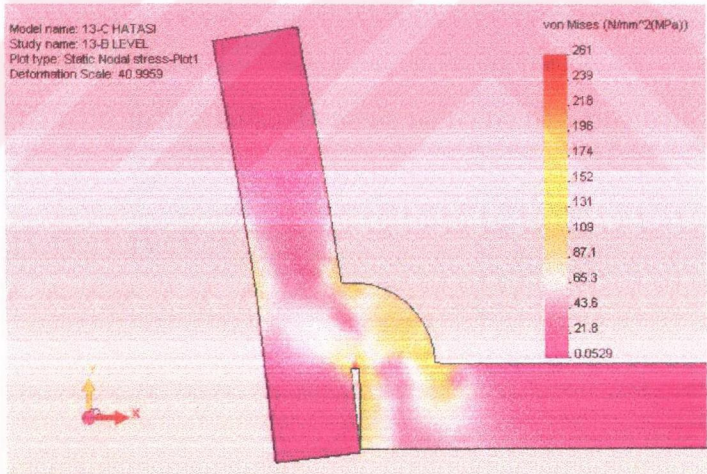
$$b = 14 \text{ mm}$$

$$h = 4.5 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



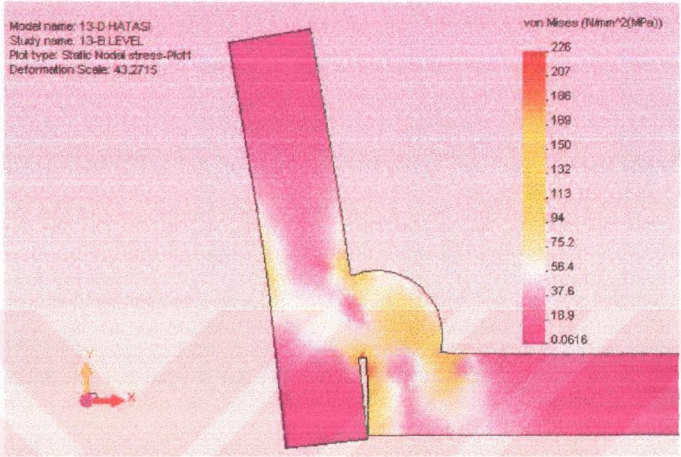
Şekil 4.31: 13-B Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.31’de görüldüğü gibi parça deformasyona uğramıştır. Çok az bir bölgede emniyet sınır değeri aşılmıştır. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 285 N/mm²’dir.



Şekil 4.32: 13-C Sınır Gerilme Değerleri

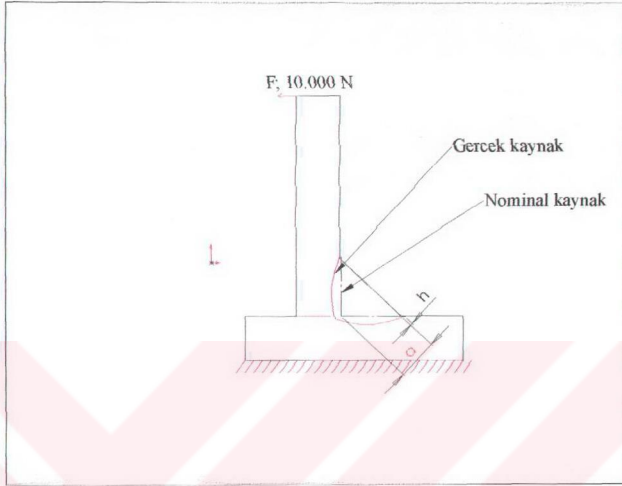
Şekil 4.32’de görüldüğü gibi parça deformasyona uğramıştır. Çok az bir bölgede emniyet sınır değeri aşılmıştır. Parçaya etki eden maksimum gerilme değeri 261 N/mm^2 ’dir.



Şekil 4.33: 13-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.33’de görüldüğü gibi parça deformasyona uğramıştır. Diğerlerine göre biraz daha fazla kritik bölgeler mevcuttur. Etki eden maks. gerilme değeri 226 N/mm^2 ’dir.

Standarttaki 14 no'lu süreksizlik, iç köşe kaynağı



Şekil 4.34: İç Köşe Kaynağı, Nominal Değerden Gittikçe Artan Boğaz Kalınlığı

B değerlendirme grubu:

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.15a \quad \text{max.} 3 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$h = 2.05 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

C değerlendirme grubu:

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.2 a \quad \text{max.} 4 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

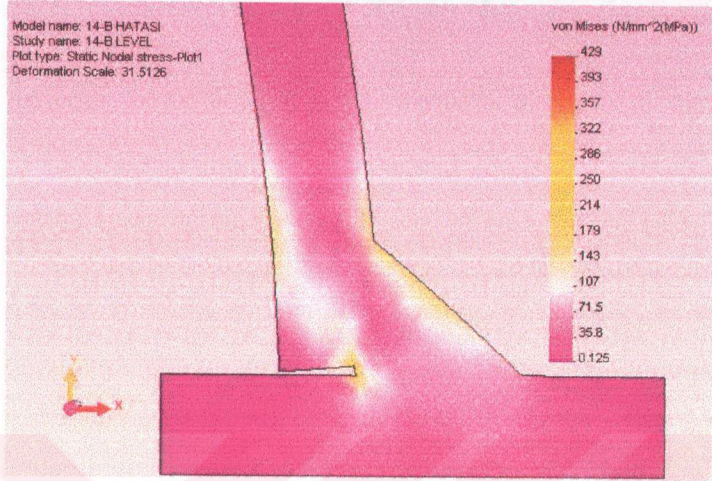
$h = 2.4 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

D değerlendirme grubu:

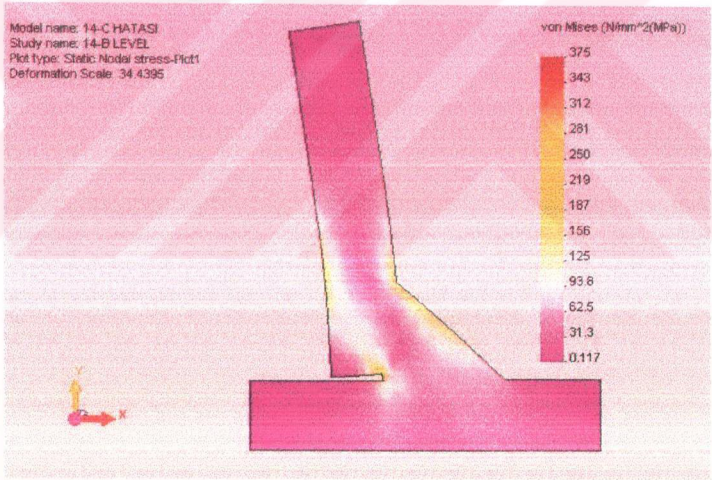
$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.3 a \quad \text{max.} 5 \text{ mm}$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

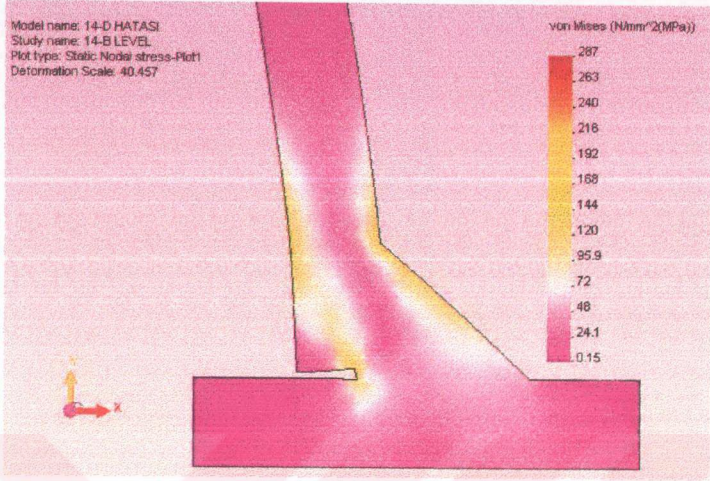
$h = 3.1 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.35: 14-B Sınır Gerilme Değerleri



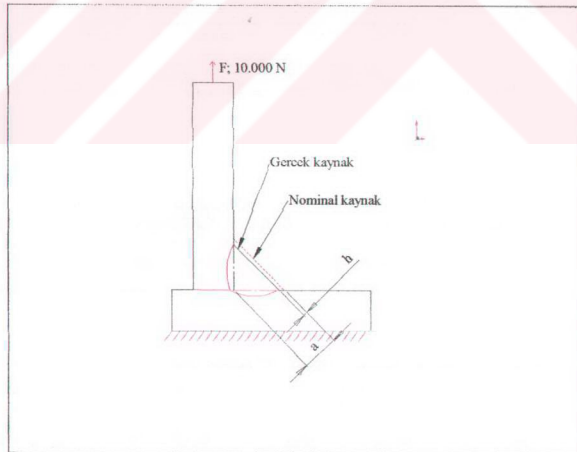
Şekil 4.36: 14-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.37: 14-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.35, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37’de de parçada fazla bir zorlanma olmadığı görülmektedir.

Standarttaki 15 no’lu süreksizlik, iç köşe kaynağı



Şekil 4.38: İç Köşe Kaynağı, Nominal Değerden Gittikçe Azalan Boğaz Kalınlığı

Bu süreksizlik çeşidinde, uzun süreksizliğe izin verilmemektedir.

B değerlendirme grubu;

Sınır değerlerine izin verilmiyor. Nominal nüfuziyet değerine göre değerlendirilmiştir. ($a=h$ olarak hesaplanmıştır.)

C değerlendirme grubu;

$h \leq 0.3 \text{ mm} + 0.1 a$ max. 1 mm

$a=7 \text{ mm}$

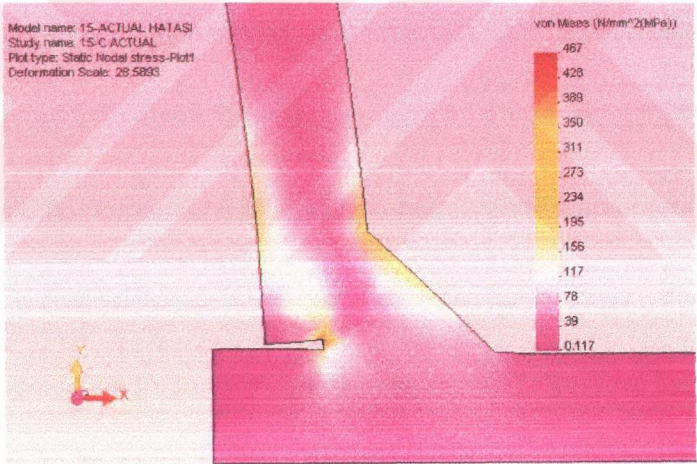
$h=0.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

D değerlendirme grubu;

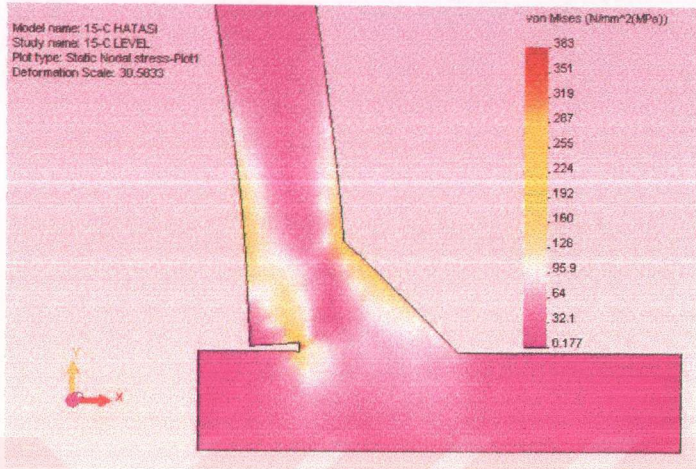
$h \leq 0.3 \text{ mm} + 0.1 a$ max. 2 mm

$a=7 \text{ mm}$

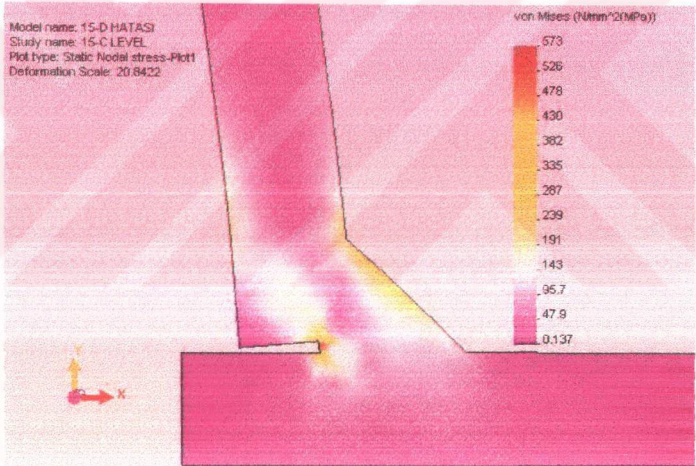
$h=1 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.39: 15-B Sınır Gerilme Değerleri



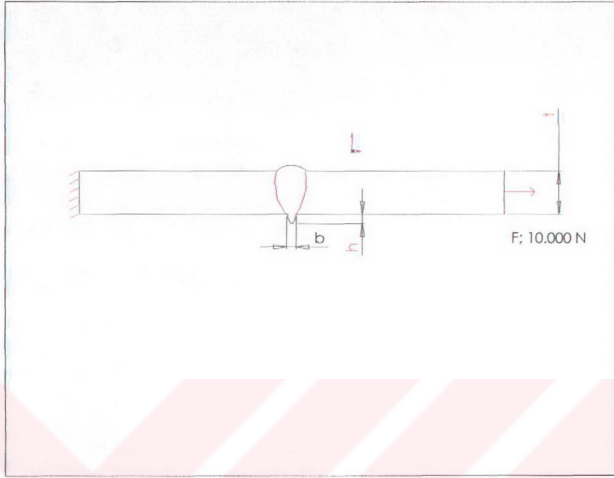
Şekil 4.40: 15-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.41: 15-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.39, Şekil 4.40 ve Şekil 4.41'de de parçada fazla bir zorlanma olmadığı görülmektedir. B'den D'ye doğru elde edilen gerilme değerleri sırasıyla 467 N/mm^2 , 383 N/mm^2 , 573 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 16 no'lu süreksizlik, aşırı kök sarkıklığı



Şekil 4.42: Aşırı Kök Sarkıklığı

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.3 b$$

max.3 mm

$$b = 4 \text{ mm}$$

$$h = 1.6 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 0.6 b$$

max.4 mm

$$b = 4 \text{ mm}$$

$$h = 2.2 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

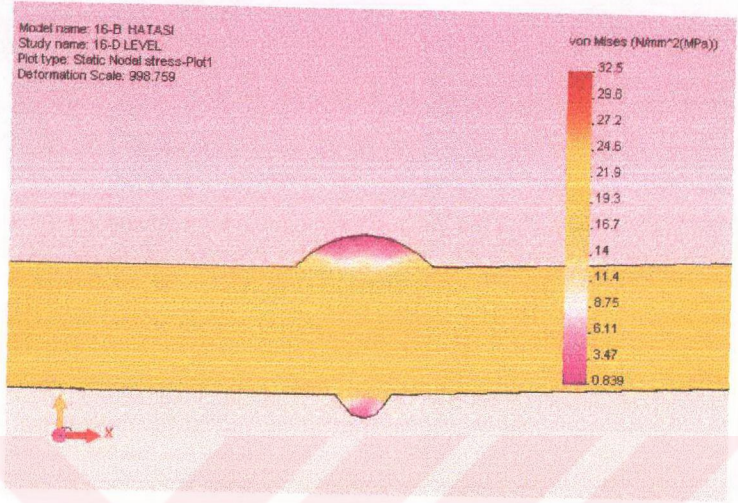
D değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.0 \text{ mm} + 1.2 b$$

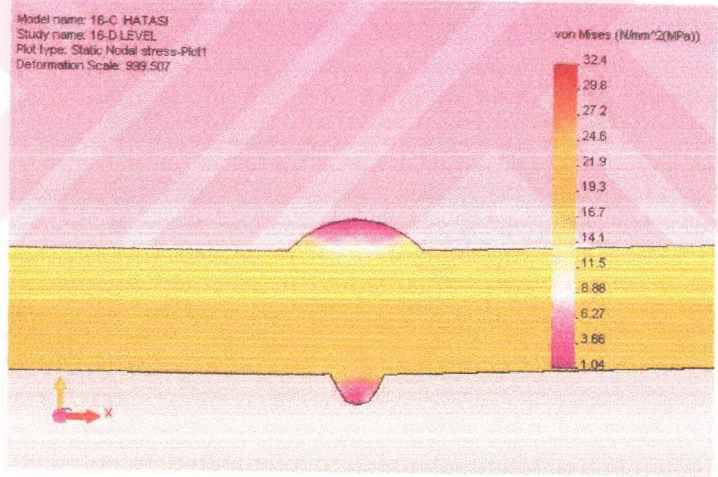
max.5 mm

$$b = 4 \text{ mm}$$

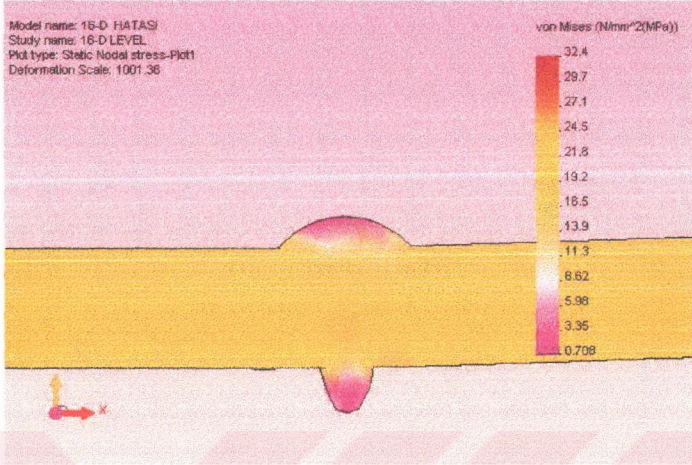
$$h = 3.4 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



Şekil 4.43: 16-B Sınır Gerilme Değerleri



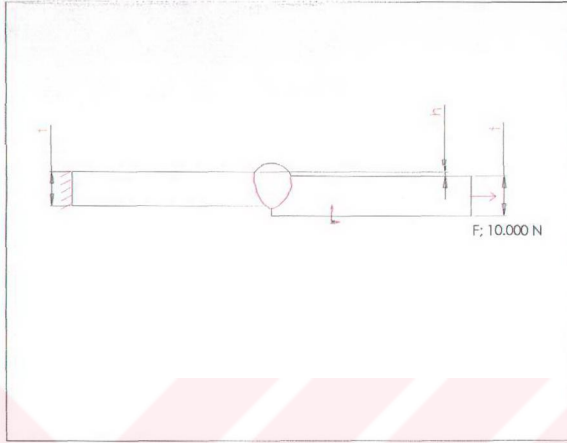
Şekil 4.44: 16-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.45: 16-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45’de de parçada fazla bir zorlanma olmadığı görülmektedir. B’den D’ye doğru elde edilen gerilme değerleri sırasıyla 32.46, N/mm^2 , 32.39 N/mm^2 , 32.36 N/mm^2 ’dir.

Standarttaki 18 no'lu süreksizlik, eksen kayması



Şekil 4.46: Eksen Kayması, Şekil A

B değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.1 t$$

$$\max. 3 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h = 1 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.15 t$$

$$\max. 4 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h = 1.5 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

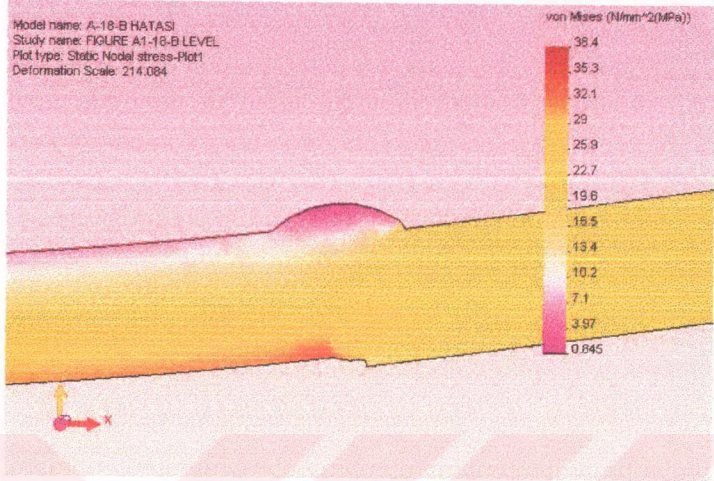
D değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.25 t$$

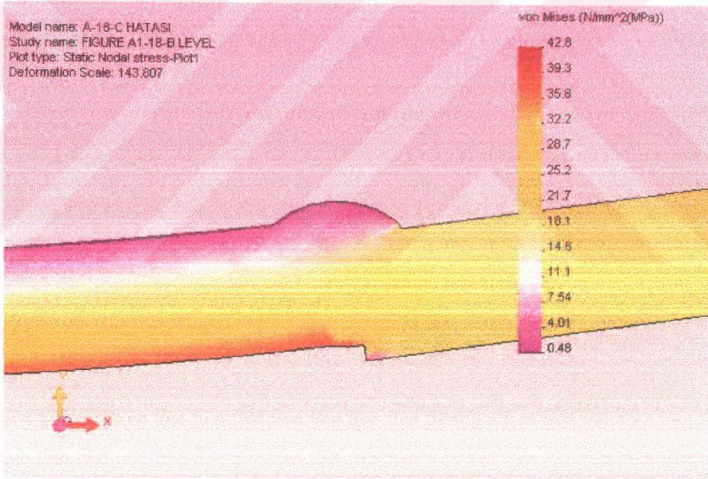
$$\max. 5 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

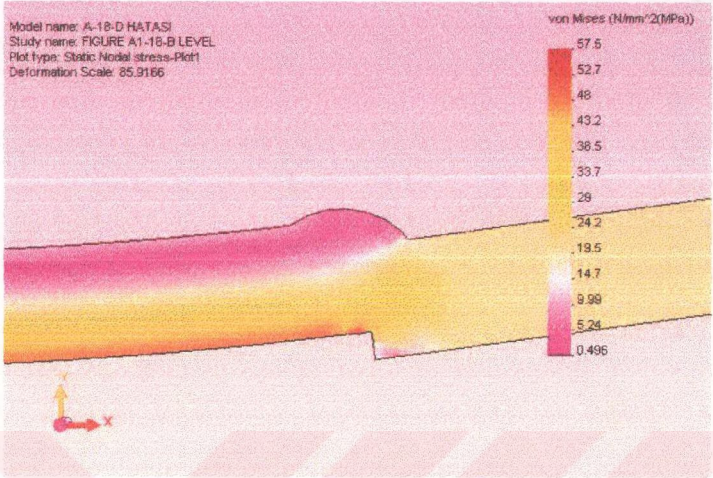
$$h = 2.5 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



Şekil 4.47: A-18-B Sınır Gerilme Değerleri



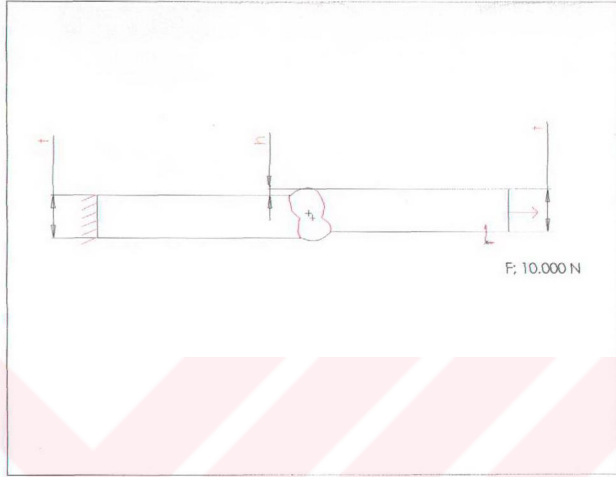
Şekil 4.48: A-18-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.49: A-18-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.47, Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da da parçada deformasyon meydana gelmiştir. Emniyet sınırını aşan yerler kırmızı ile belirtilmiştir. B'den D'ye doğru elde edilen gerilme değerleri sırasıyla 38.4 N/mm^2 , 42.8 N/mm^2 , 57.5 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 18 no'lu süreksizlik, eksen kayması



Şekil 4.50: Eksen Kayması, Şekil A2

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.1 t$$

$$\max. 3 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h = 1 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.15 t$$

$$\max. 4 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h = 1.5 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

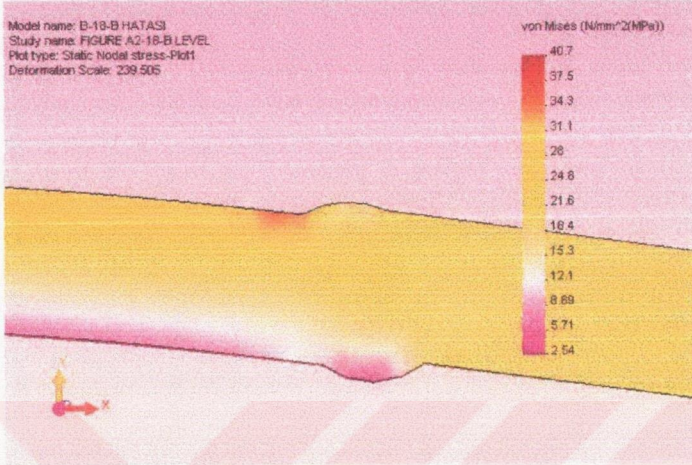
D değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.25 t$$

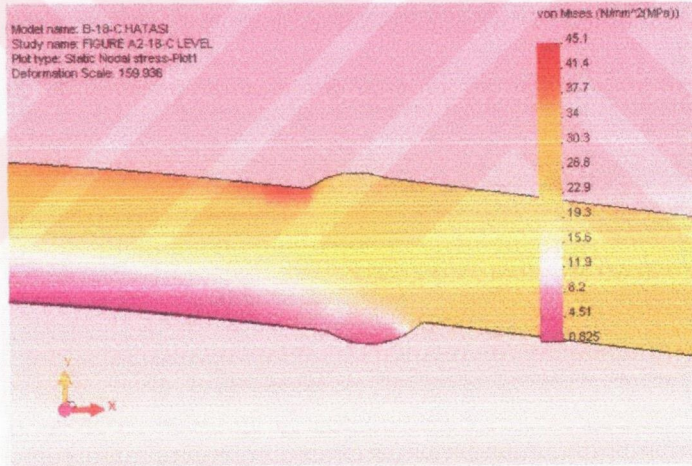
$$\max. 5 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

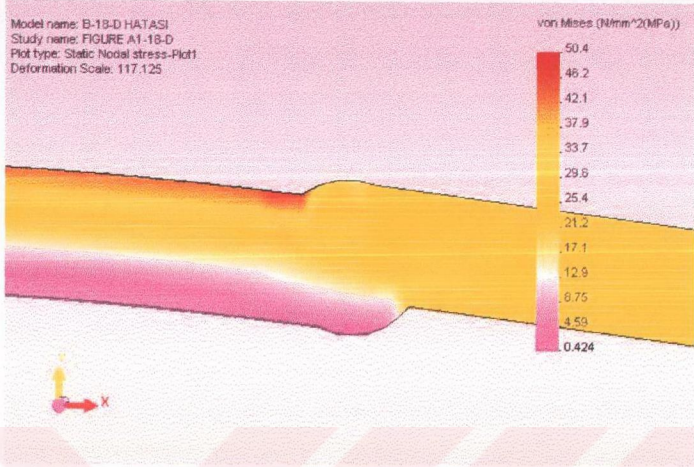
$h=2.5$ mm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.51: B-18-B Sınır Gerilme Değerleri



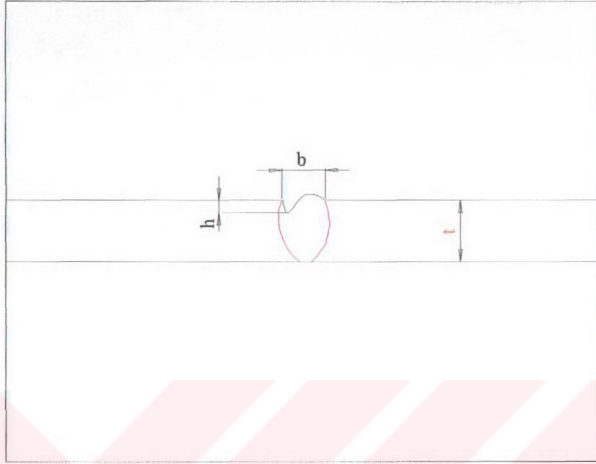
Şekil 4.52: B-18-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.53: B-18-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.51, Şekil 4.52 ve Şekil 4.53'de de parçada deformasyon meydana gelmiştir. Emniyet sınırını aşan yerler kırmızı ile belirtilmiştir. B'den D'ye doğru elde edilen gerilme değerleri sırasıyla 40.7 N/mm^2 - 45.05 N/mm^2 - 50.38 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 19 no'lu süreksizlik, kapak pasosunun çöküklüğü



Şekil 4.54: Kapak Pasosunun Çöküklüğü

B değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.05 t$$

$$\max. 0.5 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h = 0.5 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.1 t$$

$$\max. 1 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$h = 1 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

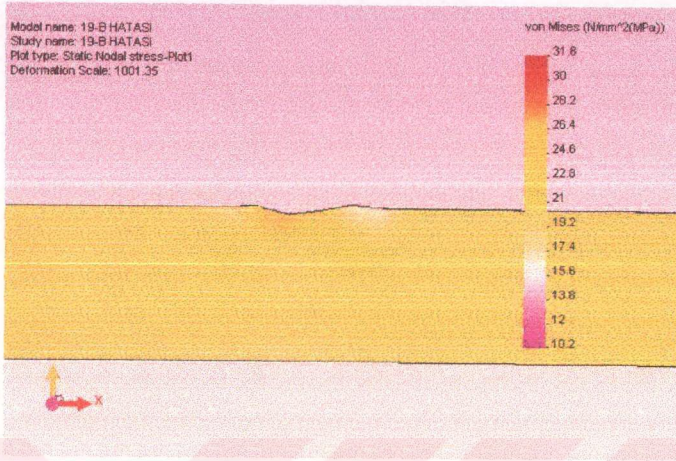
D değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.2 t$$

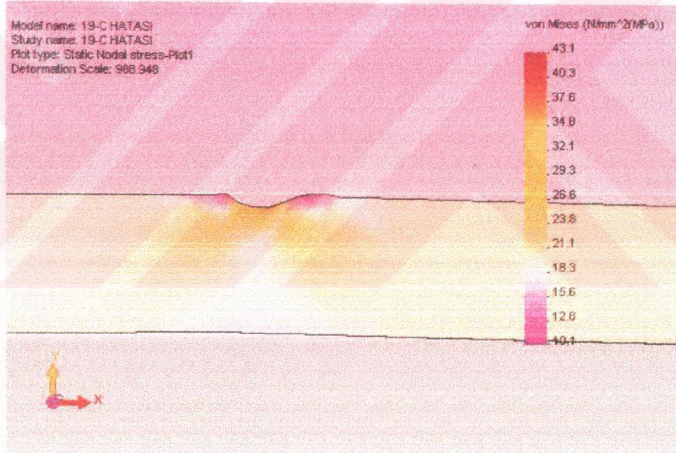
$$\max. 2 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

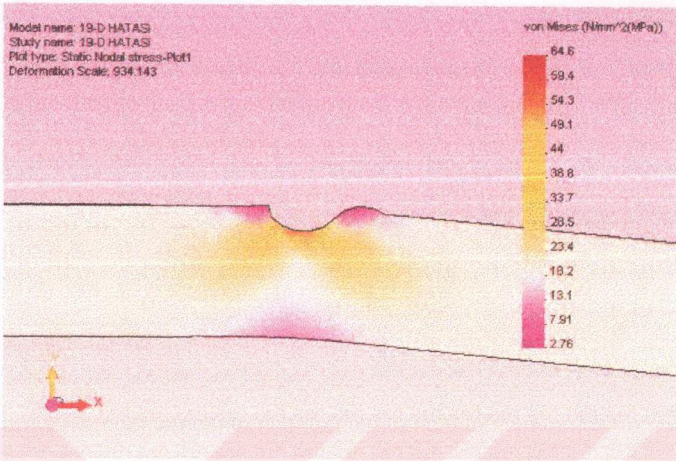
$$h = 2 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



Şekil 4.55: 19-B Sınır Gerilme Değerleri



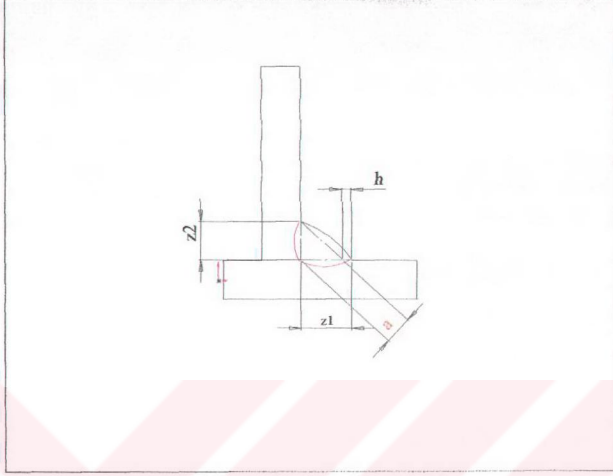
Şekil 4.56: 19-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.57: 19- D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.55, Şekil 4.56 ve Şekil 4.57'de de ufak deformasyon meydana gelmiştir. Emniyet sınırını aşan (çökük) yerler kırmızı ile belirtilmiştir. B'den D'ye doğru elde edilen gerilme değerleri sırasıyla 31.8 N/mm^2 - 43.1 N/mm^2 - 64.6 N/mm^2 'dir.

Standarttaki 20 no'lu süreksizlik, asimetrik iç köşe dikişi



Şekil 4.58: Asimetrik İç Köşe Dikişi

B değerlendirme grubu:

$$h \leq 1.5 \text{ mm} + 0.15 a$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$$z_1 = 12 \text{ mm}$$

$$z_2 = 10 \text{ mm}$$

$$h = 1.71 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

C değerlendirme grubu:

$$h \leq 2 \text{ mm} + 0.15 a$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

$$z_1 = 12 \text{ mm}$$

$$z_2 = 10 \text{ mm}$$

$$h = 2.21 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

D değerlendirme grubu:

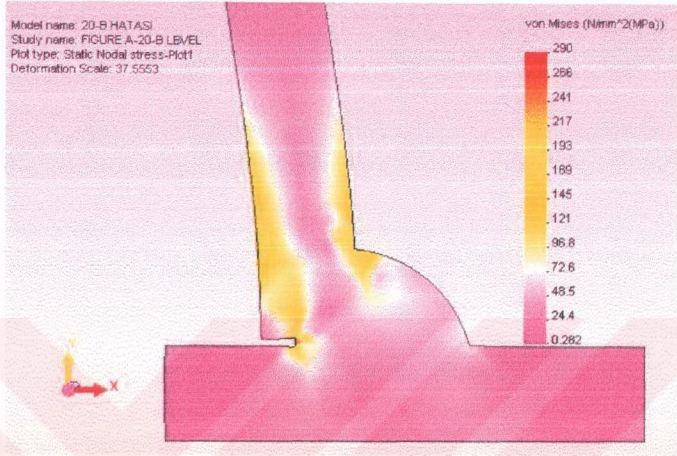
$$h \leq 2 \text{ mm} + 0.2 a$$

$$a = 7 \text{ mm}$$

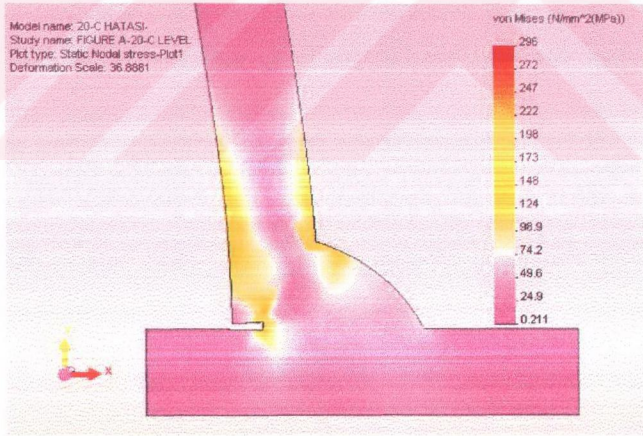
$$z_1 = 12 \text{ mm}$$

$$z_2 = 10 \text{ mm}$$

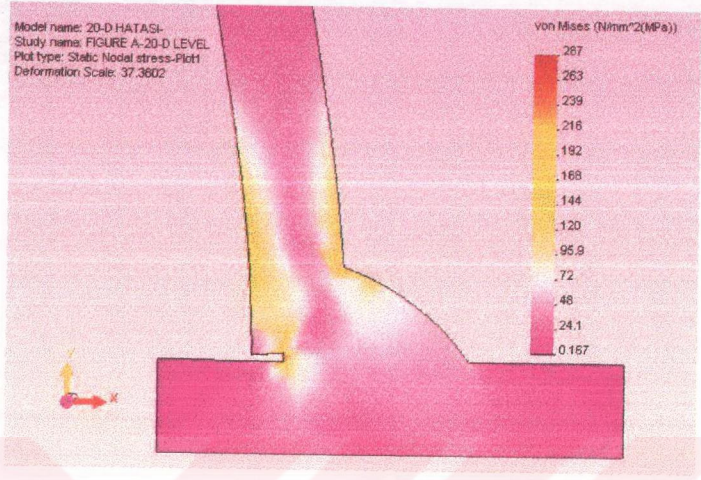
$$h = 3.4 \text{ mm} \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$



Şekil 4.59: 20-B Sınır Gerilme Değerleri



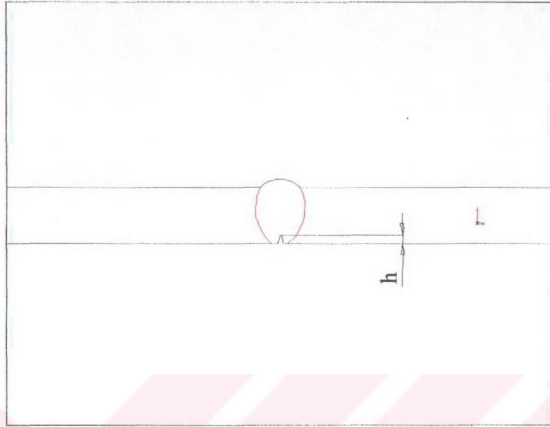
Şekil 4.60: 20-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.61: 20-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.59, Şekil 4.60 ve Şekil 4.61'de de ufak deformasyon meydana gelmiştir.. B'den D'ye doğru gerilme değerleri artış gösterirken, D sınır değerinde düşüş görülmüştür. Bunun nedeni min. emniyet katsayısının altında bir dizayn yapıldığının belirtisidir.

Standarttaki 21 no'lu süreksizlik, kök pasosunun çöküklüğü



Şekil 4.62: Kök Pasosunun Çöküklüğü, Şekil A

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.5 \text{ mm}$$

$h = 1.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

C değerlendirme grubu;

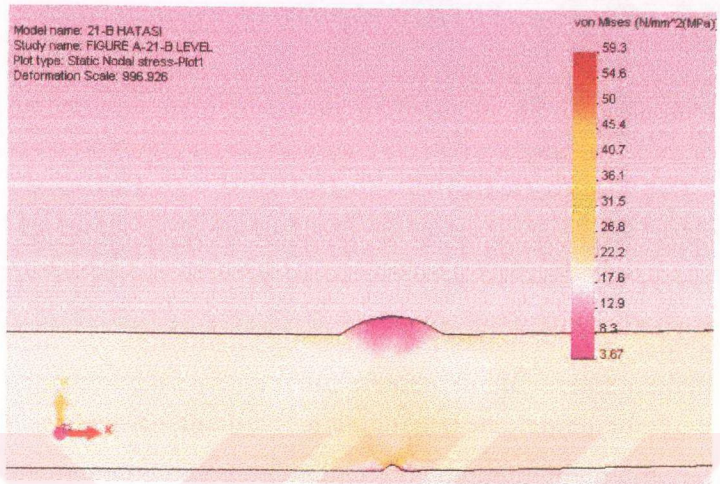
$$h \leq 1 \text{ mm}$$

$h = 1 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

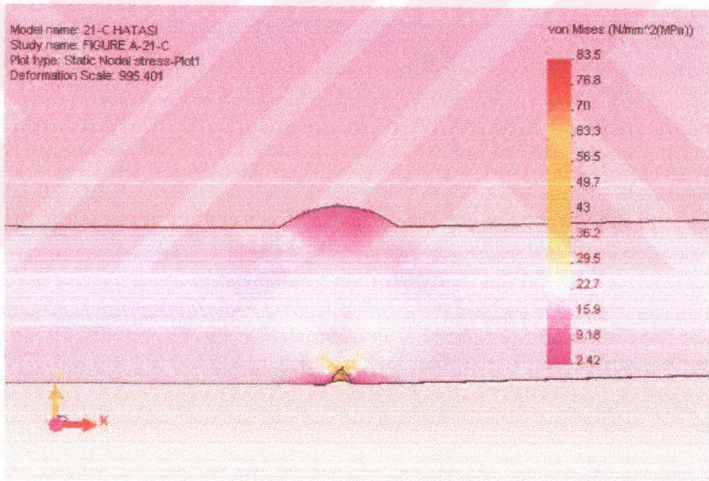
D değerlendirme grubu;

$$h \leq 1.5 \text{ mm}$$

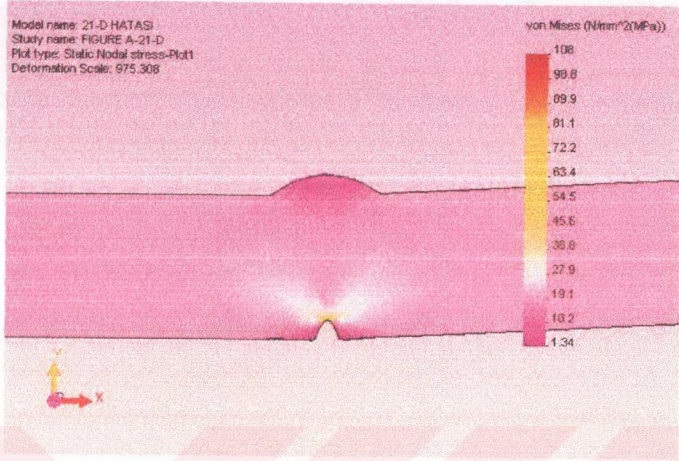
$h = 1.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.63: 21-B Sınır Gerilme Değerleri



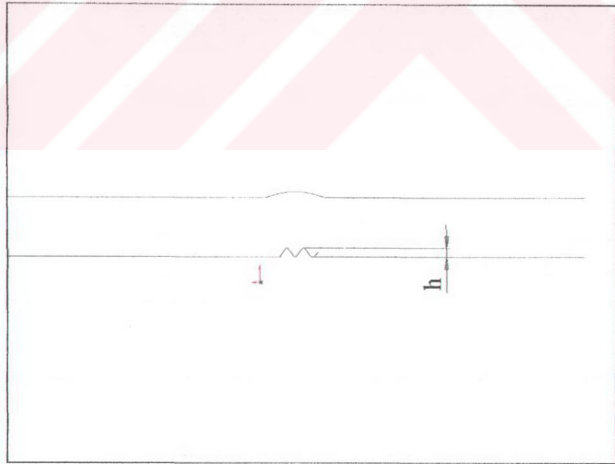
Şekil 4.64: 21-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.65: 21-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.63, Şekil 4.64 ve Şekil 4.65'de de kritik bölge gözlenmemiştir. B'den D'ye doğru gerilme değerleri artış göstermiştir.

Standarttaki 21 no'lu süreksizlik, kök pasosunun çöküklüğü



Şekil 4.66: Kök Pasosunun Çöküklüğü, Şekil B

B değeriendirme grubu:

$h \leq 0,5 \text{ mm}$

$h = 1.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

C değeriendirme grubu:

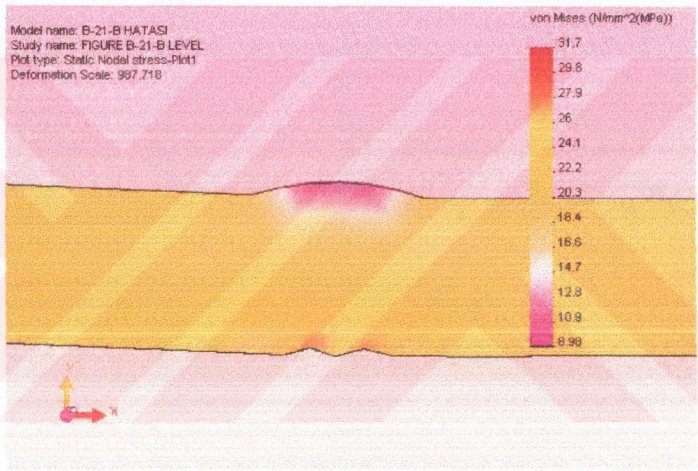
$h \leq 1 \text{ mm}$

$h = 1 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.

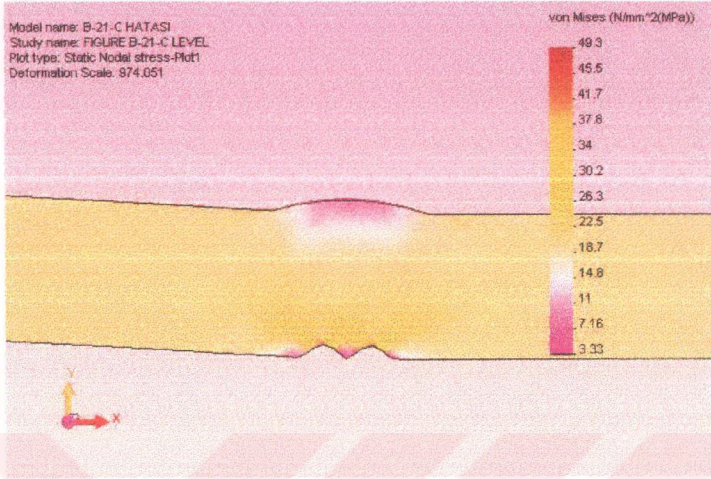
D değeriendirme grubu:

$h \leq 1.5 \text{ mm}$

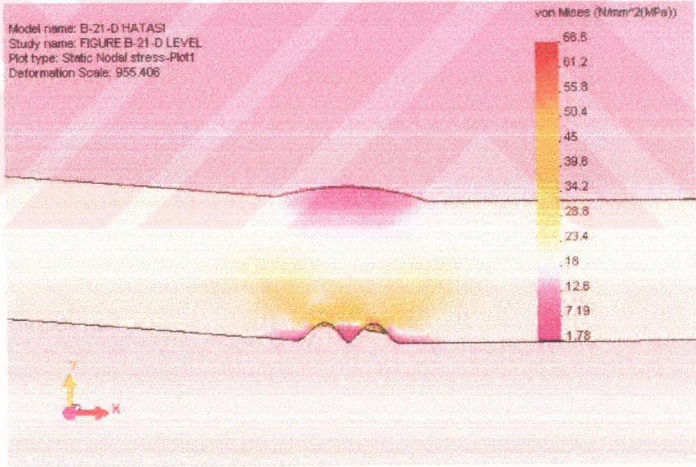
$h = 1.5 \text{ mm}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.67: B-21-B Sınır Gerilme Değerleri



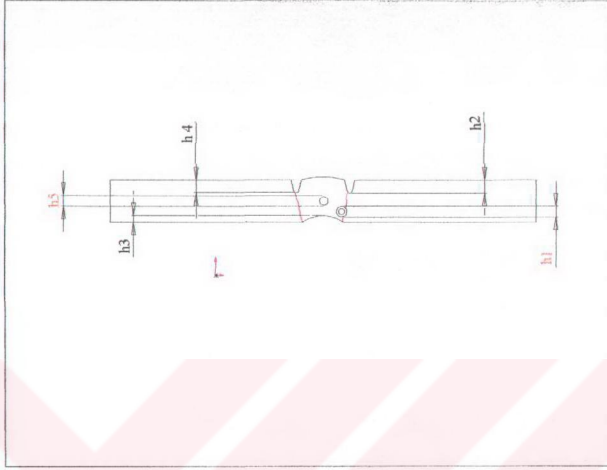
Şekil 4.68: B-21-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.69: B-21-D Sınır Gerilme Değerleri

3 şekilde de çok küçük bölgede kritik bölge gözlenmiştir. B'den D'ye doğru gerilme değerleri artış göstermiştir.

Standarttaki 26 no'lu süreksizlik, çeşitli süreksizlikler



Şekil 4.70: Çeşitli Süreksizlikler, Şekil A

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \leq \Sigma h$$

B değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.15s \text{ veya } 0.15a \text{ mm}$$

max. 10 mm olarak hesaplanmıştır.

$$h_1 = 0.5 \text{ mm} \quad h_2 = 1.5 \text{ mm} \quad h_3 = 0.5 \text{ mm} \quad h_4 = 1.5 \text{ mm} \quad h_5 = 1 \text{ mm}$$

C değerlendirme grubu:

$$h \leq 0.2s \text{ veya } 0.2a \text{ mm}$$

max. 10 mm olarak hesaplanmıştır.

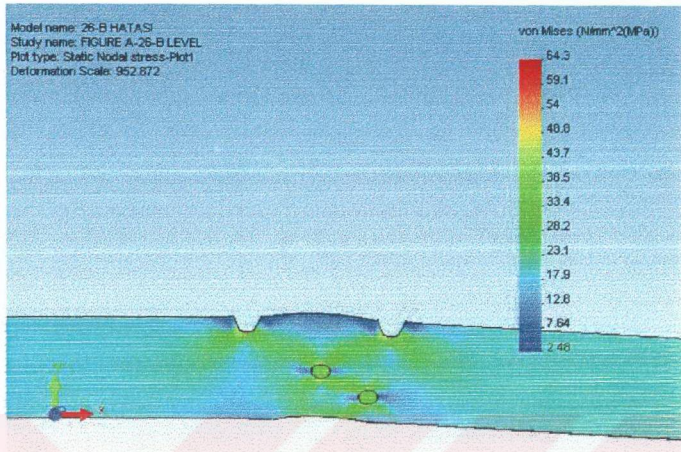
$$h_1 = 1 \text{ mm} \quad h_2 = 2 \text{ mm} \quad h_3 = 1 \text{ mm} \quad h_4 = 2 \text{ mm} \quad h_5 = 1.5 \text{ mm}$$

D değerlendirme grubu:

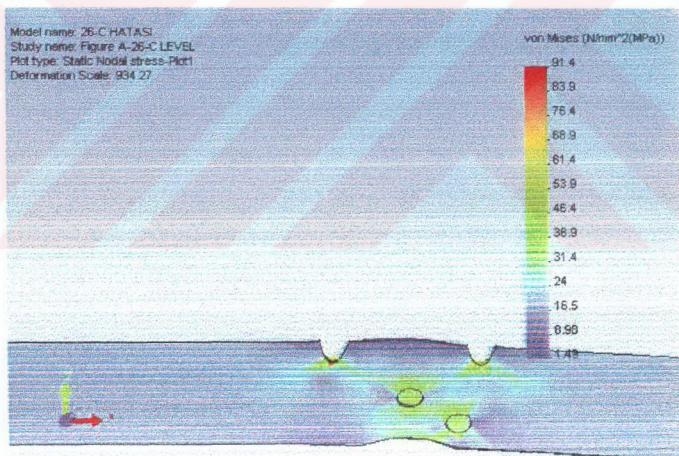
$$h \leq 0.25s \text{ veya } 0.25a \text{ mm}$$

max. 10 mm olarak hesaplanmıştır.

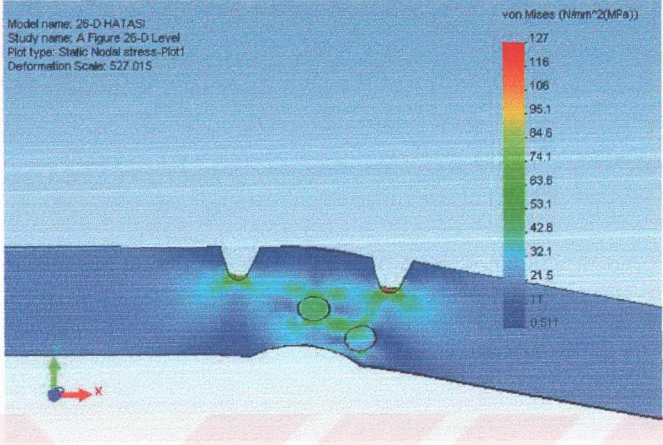
$$h_1 = 1.5 \text{ mm} \quad h_2 = 2.5 \text{ mm} \quad h_3 = 1.5 \text{ mm} \quad h_4 = 2.5 \text{ mm} \quad h_5 = 2 \text{ mm}$$



Şekil 4.71: 26-B Sınır Gerilme Değerleri



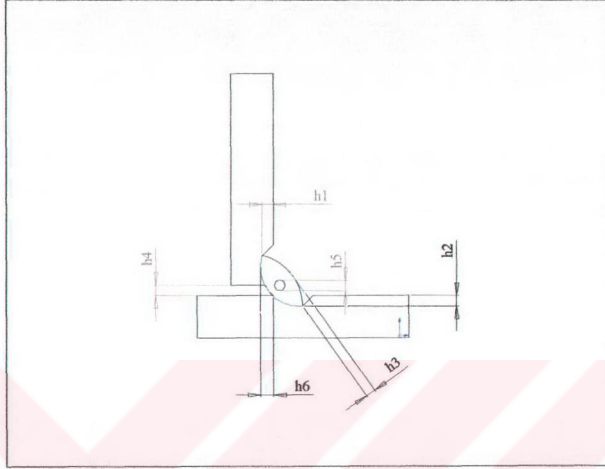
Şekil 4.72: 26-C Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.73: 26-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.71, Şekil 4.72 ve Şekil 4.73’de de çentiklerin ve gözeneklerin olduğu yerlerde gerilme yığılmaları olmuştur. En büyük gerilme, D sınır değerinde görülmüştür. Alan küçüldükçe gerilme değerinde artış görülmüştür. çok küçük bölgede kritik bölge gözlenmiştir. B’den D’ye doğru gerilme değerleri artış göstermiştir.

Standarttaki 26 no'lu süreksizlik, çeşitli süreksizlikler



Şekil 4.74: Çeşitli Süreksizlikler, Şekil B

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \leq h$$

B değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.15s \text{ veya } 0.15a \text{ mm}$$

max. 10 mm olarak hesaplanmıştır.

$$h_1 = 0.5 \text{ mm} \quad h_2 = 0.5 \text{ mm} \quad h_3 = 0.5 \text{ mm} \quad h_4 = 0.5 \text{ mm} \quad h_5 = 0.5 \text{ mm} \\ h_6 = 1.5 \text{ mm}$$

C değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.2s \text{ veya } 0.2a \text{ mm}$$

max. 10 mm olarak hesaplanmıştır.

$$h_1 = 1 \text{ mm} \quad h_2 = 1 \text{ mm} \quad h_3 = 1 \text{ mm} \quad h_4 = 1 \text{ mm} \quad h_5 = 1 \text{ mm} \\ h_6 = 1.5 \text{ mm}$$

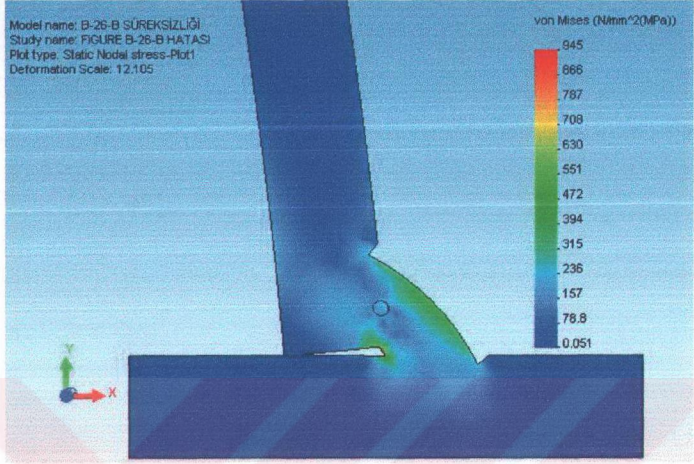
D değerlendirme grubu;

$$h \leq 0.25s \text{ veya } 0.25a \text{ mm}$$

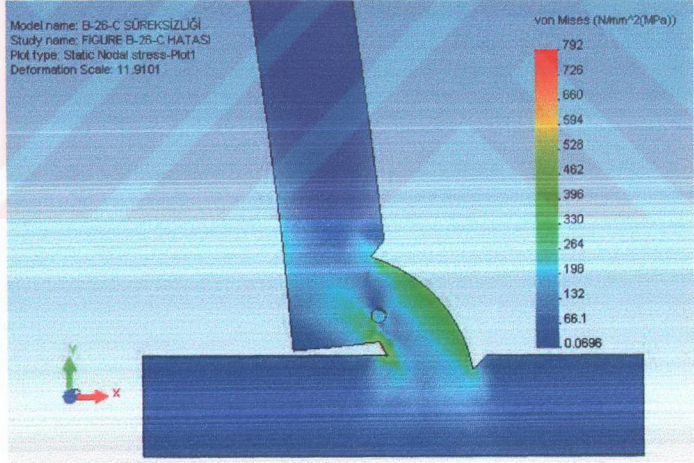
max. 10 mm olarak hesaplanmıştır.

$$h_1 = 1.5 \text{ mm} \quad h_2 = 1.5 \text{ mm} \quad h_3 = 1.5 \text{ mm} \quad h_4 = 1.5 \text{ mm} \quad h_5 = 1.5 \text{ mm}$$

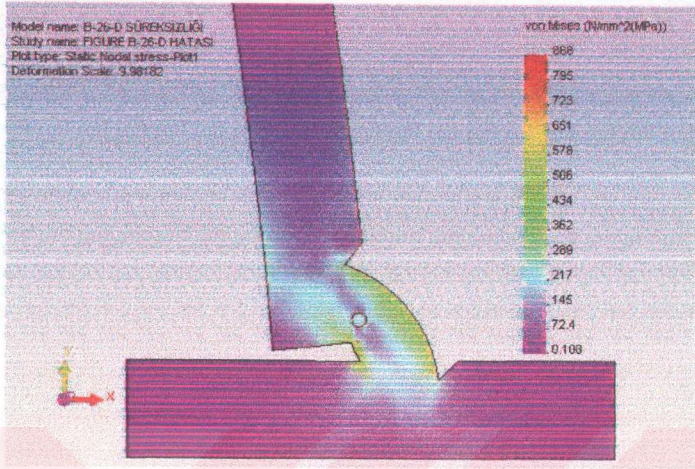
$h_6 = 1.5 \text{ mm}$



Şekil 4.75: B-26-B Sınır Gerilme Değerleri



Şekil 4.76: B-26-C Sınır Gerilme Değerleri



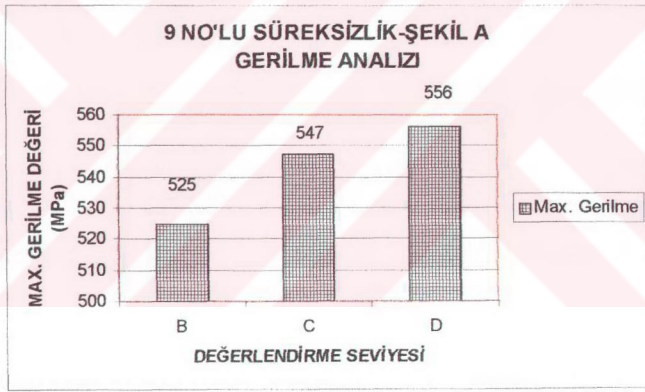
Şekil 4.77: B-26-D Sınır Gerilme Değerleri

Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77'de de çentiklerin ve gözeneklerin olduğu yerlerde gerilme yığılmaları olmuştur. En büyük gerilme, B sınır değerinde görülmüştür.

5. ÇALIŞMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

TS EN 25817 Standardındaki süreksizliklerin FEM analizinden elde edilen max. gerilme sonuçları, her bir süreksizlik için kendi sınır değerleri arasındaki karşılaştırılması yapılmıştır. Max. gerilme değerleri 4. bölümde her bir sınır değeri için şekillerde gösterilmiştir. Max gerilme değerleri, parçada etkili olan en büyük gerilmeyi göstermektedir.

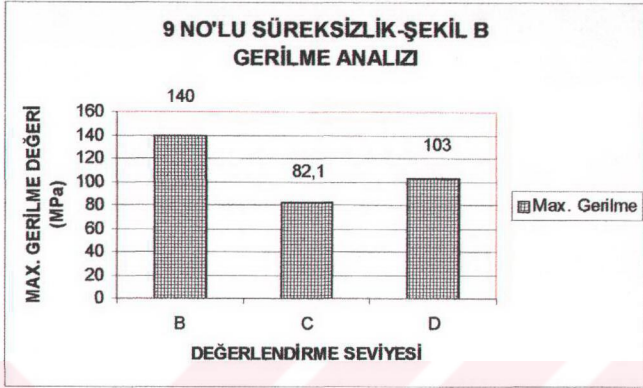
9 no'lu süreksizlik-Şekil A gerilme analizi



Şekil 5.1: A-9 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Nüfuziyet azlığı, parça alanı az olan şekilde, uygulanan sınır değerine göre maksimum gerilme değerini artırıcı görev üstlenmiştir. Değerlendirme seviyesi B'den D'ye doğru gerilmenin artış nedeni, h değerinin D'de yüksek olması, dolayısıyla parça alanının az olmasıdır.

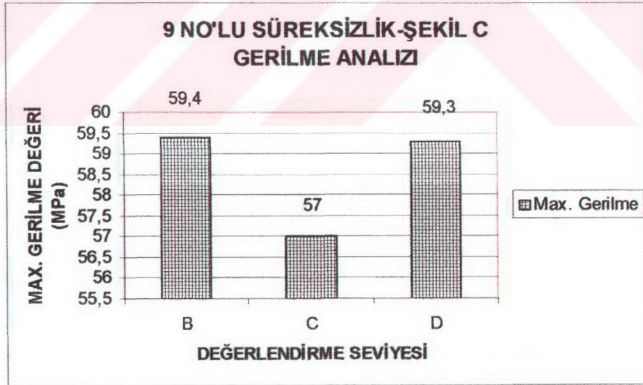
9 no'lu süreksizlik-Şekil B gerilme analizi



Şekil 5.2: B-9 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Değerlendirme seviyesi C'den D'ye doğru gerilmenin artış nedeni, h değerinin D'de yüksek olması, dolayısıyla parça alanının az olmasıdır.

9 no'lu süreksizlik-Şekil C gerilme analizi

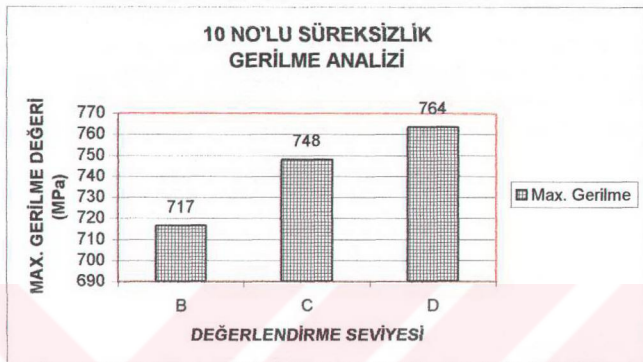


Şekil 5.3: C-9 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Değerlendirme seviyesi C'den D'ye doğru gerilmenin artış nedeni, h değerinin D'de yüksek olması, dolayısıyla parça alanının az olmasıdır.

Her üç sınır gerilmesinde de sadece aralık olan bölgeler maksimum gerilmeye maruz kalmıştır.

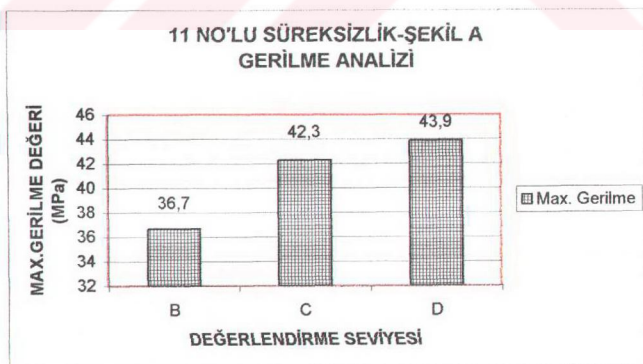
10 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.4: A-10 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Değerlendirme seviyesi B'den D'ye doğru gerilmenin artış nedeni, h değerinin D'de yüksek olması, dolayısıyla kaynak dolgusu daha fazla olmakta ve parça daha mukavemetli olmaktadır.

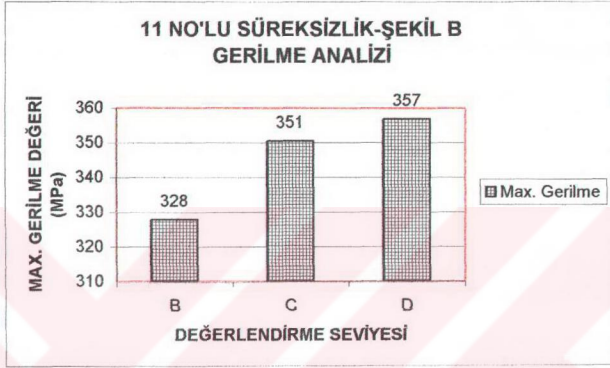
11 no'lu süreksizlik-Şekil A gerilme analizi



Şekil 5.5: A-11 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Yanma oluğu, parça alanı az olan şekilde, uygulanan sınır değerine göre maksimum gerilme değerini artırıcı görev üstlenmiştir. Değerlendirme seviyesi B'den D'ye doğru gerilmenin artış nedeni, oluk değerinin D'de yüksek olması, dolayısıyla parça alanının az olmasıdır.

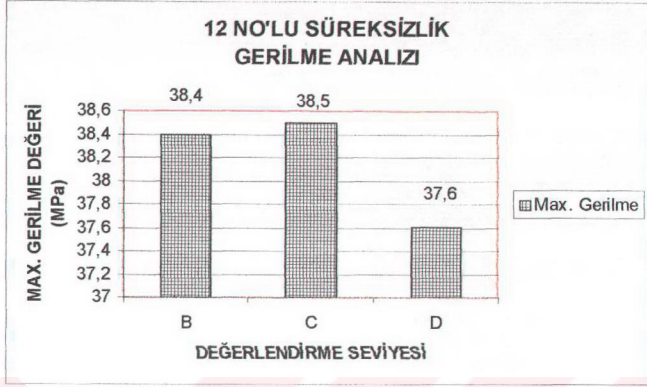
11 no'lu süreksizlik-Şekil B gerilme analizi



Şekil 5.6: A-11 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Değerlendirme seviyesi B'den D'ye doğru gerilmenin artış nedeni, oluk değerinin D'de yüksek olması, dolayısıyla parça alanının az olmasıdır. C ve D sınır uygulamalarına ait şekilde deformasyon başlamıştır. Malzemenin akma mukavemetinin üzerine çıkılmaya başlamıştır. Oluk derinliği arttıkça etkili olan gerilme değeri de artacaktır.

12 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.7: A-12 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Aşırı dikiş taşkınlığı, C değerlendirme seviyesinden sonra düşük gerilme değerine sahiptir, çünkü dayanımı azaltıcı etki yaratmıştır. Emniyet katsayısı değeri aşılmaya başlanmıştır.

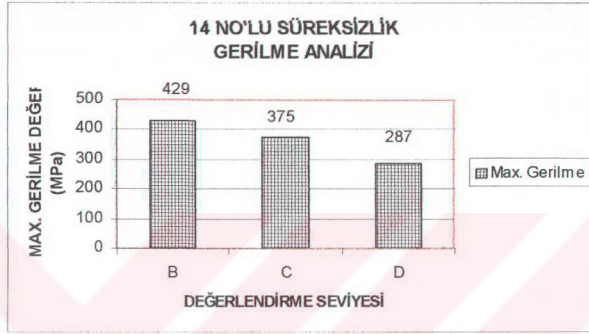
13 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.8: A-13 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Aşırı konveks süreksizliği, h değeri arttıkça, kaynak dikiş yüksekliği arttıkça dayanım azaltıcı etki yaratmıştır. (İç köşe kaynağı için) Alan küçüldükçe, büyük gerilme etkisi altında kalmıştır. Parçada aralık olan bölümde deformasyon oluşmuştur.

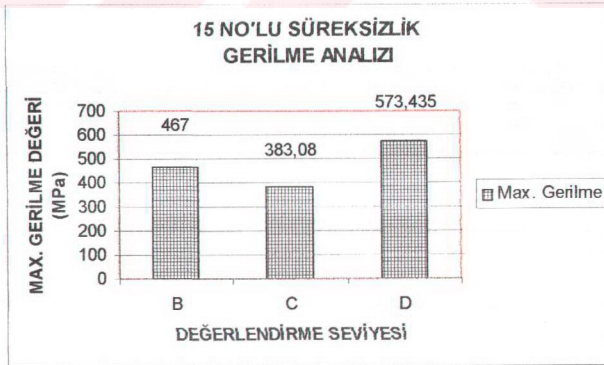
14 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.9: A-14 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

İç köşe kaynağında, h değeri arttıkça, kaynak dikiş yüksekliği arttıkça dayanım azaltıcı etki yaratmıştır. (İç köşe kaynağı için) Alan küçüldükçe, büyük gerilme etkisi altında kalmıştır. Parçada aralık olan bölümde deformasyon oluşmuştur.

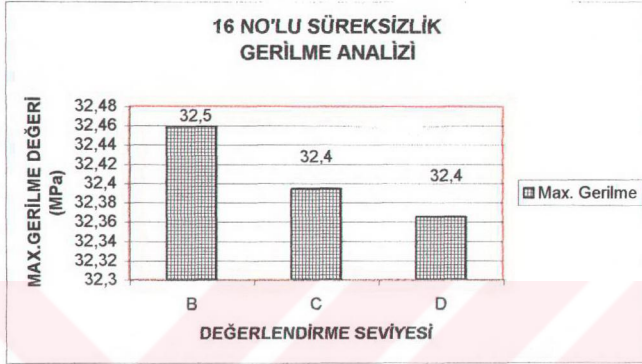
15 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.10: A-15 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

İç köşe kaynağında kaynak dolgusu arttıkça, D değerlendirme seviyesi için mukavemetlendirici görev görmüştür.

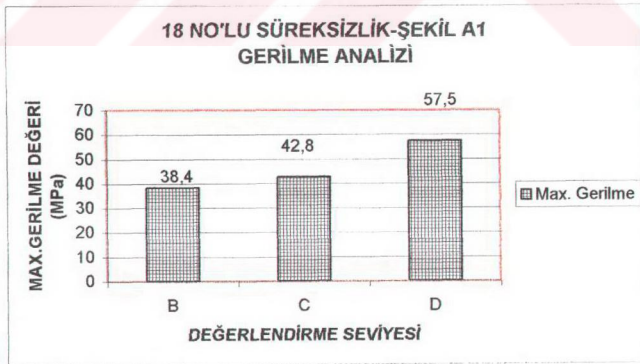
16 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.11: A-16 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Etkili olan gerilme değerleri birbirine çok yakındır. Aşırı kök sarkıklığı malzemenin dayanımına fazla bir etki yapmadığı görülmektedir. Kök yüksekliği fazla olunca malzemeye etkili olan gerilme değeri de düşük olmaktadır.

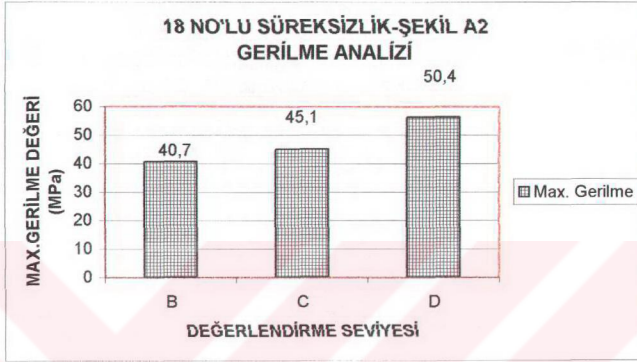
18 no'lu süreksizlik-Şekil A₁ gerilme analizi



Şekil 5.12: A₁-18 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Eksen kayması, parçada deformasyon yaratmıştır. Eksenler arasındaki fark arttıkça, malzemeye etki eden gerilme değeri de yükselmektedir. Dolayısıyla kaynak dolgusu artmaktadır bu da parça da mukavemet artırıcı görev görmüştür.

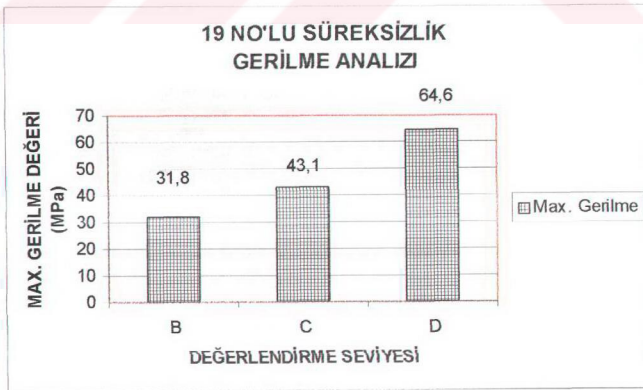
18 no'lu süreksizlik-Şekil A₂ gerilme analizi



Şekil 5.13: A₂-18 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Eksen kayması, parçada deformasyon yaratmıştır. Eksenler arasındaki fark arttıkça, malzemeye etki eden gerilme değeri de yükselmektedir.

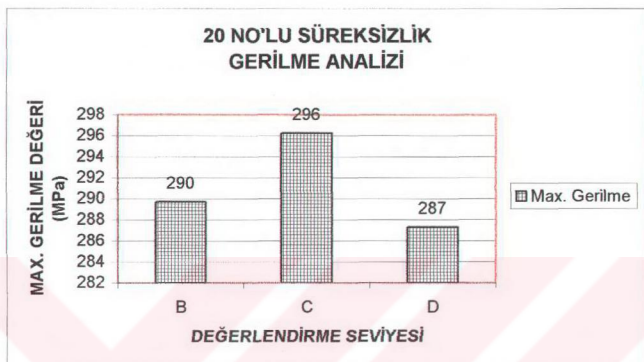
19 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.14: A-19 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Kapak pasosunun çöküklüğü, h değeri arttıkça dayanım azaltıcı etki yaratmıştır. Alan küçüldükçe, büyük gerilme etkisi altında kalmıştır. Çökük olan yerde gerilme yığılması olmuştur.

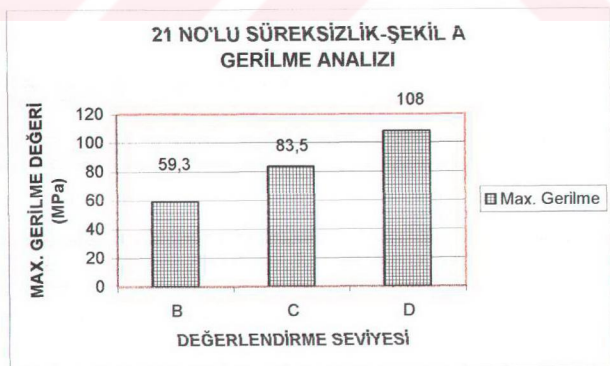
20 no'lu süreksizlik, gerilme analizi



Şekil 5.15: A-20 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Asimetrik iç köşe dikişi, C değerlendirme seviyesinden sonra düşük gerilme değerine sahiptir, çünkü dayanımı azaltıcı etki yaratmıştır. Emniyet katsayısı değeri aşılmaya başlanmıştır.

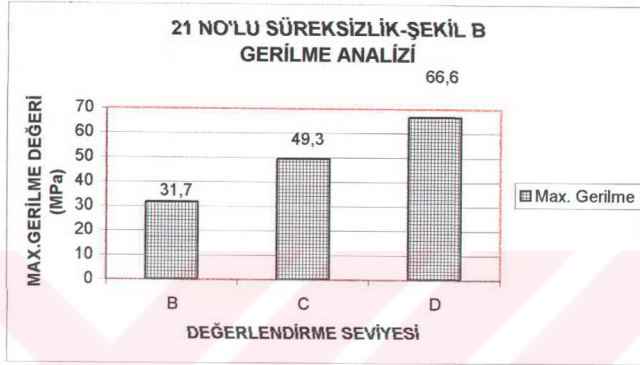
21 no'lu süreksizlik-Şekil A gerilme analizi



Şekil 5.16: A-21 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Kök pasosunun çöküklüğü, h değeri arttıkça dayanım azaltıcı etki yaratmıştır. Alan küçüldükçe, büyük gerilme etkisi altında kalmıştır. Çökük olan yerde gerilme yığılması olmuştur.

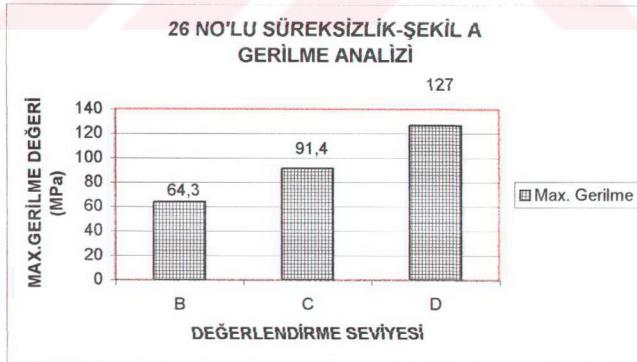
21 no'lu süreksizlik-Şekil B gerilme analizi



Şekil 5.17: B-21 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Kök pasosunun çöküklüğü, h değeri arttıkça dayanım azaltıcı etki yaratmıştır. Çift kök paso çöküklü, etkili gerilme değerini azaltmıştır.

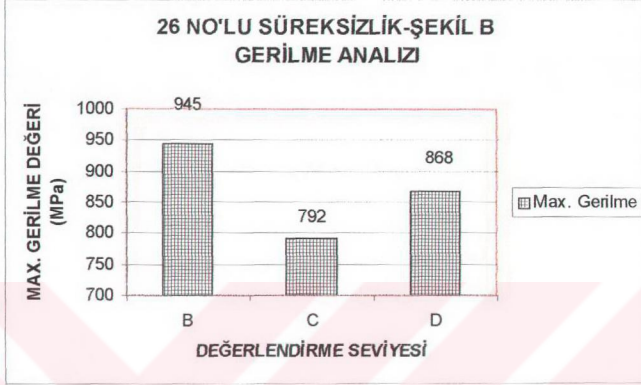
26 no'lu süreksizlik-Şekil A gerilme analizi



Şekil 5.18: A-26 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Bir çok süreksizliğin bir arada olması alın kaynağında, toplam h değeri arttıkça dayanım azaltıcı etki yaptığı görülmektedir.

26 no'lu süreksizlik-Şekil B gerilme analizi



Şekil 5.19: B-26 Gerilme Sınır Değerlerinin Karşılaştırılması

Bir çok süreksizliğin bir arada olması iç köşe kaynağında, toplam h değeri arttıkça dayanım azaltıcı etki yaptığı görülmektedir. Fakat B sınır değerlendirme grubu en yüksek gerilme altında olması, min. emniyet katsayısının altına indiğini göstermektedir. Diğer sınır değerlendirme gruplarına göre daha çok deformasyona uğramıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

TS EN 25817’de tanımlanan süreksizliklerin, bilgisayar ortamında gerilme analizleri yapılmış olup, farklı değerlendirme grupları arasındaki değerlerin karşılaştırılmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmada görülmüştür ki, B değerlendirme grubundan D değerlendirme grubuna doğru gerilme değerleri artmaktadır. Kesit azaldıkça, gerilme değerinde artış görülmüştür ve bu da parçanın aşırı zorlanmasına neden olur. Köşe kaynaklarında ise sınır değer aşılmadığı sürece, D’den B değerlendirme grubuna doğru gerilme artışının nedeni, köşe dikişinin mukavemet artırıcı etki yaratmasından kaynaklanmaktadır.

Eksen kayması halindeki kaynak şekli olumsuz etki yaratmaktadır. Bu çeşit kaynakta kesme gerilmesi oluşacağından dikiş kesiti fazla zorlanır ve taşıma kapasitesi düşer. Bunun yerine alın kaynağı tercih edilmelidir.

Kaynak dikişi, gerilmelerin en çok olduğu bölgeye gelirse, kaynağın sebep olabileceği çentik ve iç gerilmeler nedeni ile gerçekte karşılaşılabilecek gerilmeler hesaplamadan çok daha büyük olacak ve emniyet sınırı aşılabacaktır [8-10].

Statik zorlama halinde, her bir kullanıma göre müsaade edilen gerilmeler şu şekilde kademelendirilir;

*Yaklaşık %50 (D grubu) (mevcut gerilme $\leq$ müsaade edilen gerilmenin %50’si),

*Yaklaşık %75 (C grubu) (mevcut gerilme $\leq$ müsaade edilen gerilmenin %75’i),

*Yaklaşık %100’e kadar (B grubu) (müsaade edilen gerilmenin %75’i $\leq$ mevcut gerilme $\leq$ müsaade edilen zorlama).

Kaynaklı bağlantı için müsaade edilen gerilmenin doğru değeri; Alın dikişleri için esas malzemenin (çelik) müsaade edilen gerilmesine eşittir. İç köşe dikişleri için esas malzemenin müsaade edilen gerilmesinin %65’ine eşittir. Bu değerleri aşan malzemelerde kopmalar meydana gelir [13] .

Kaynaklı imalatta girdilerin çok ve değişik olması, kaynaklı imalatın da bir kalite güvence sistemi tarafından kontrol edilmesini gerektirir.

İşletme anında gelecek kuvvetlerin oluşturacağı gerilmeleri doğru değerlendirip, tasarımda kaynak dikişinin yeri, gerilmelerin sıfır veya çok az olduğu bölgeler olacak şekilde seçilmelidir.

Kaynaklı konstrüksüyonların kullanımı sırasında, dayanımı ve fonksiyonlarını yerine getirmesi bakımından insanların, hayvanların ve nesnelerin güvencede olması için, bu kaynaklı konstrüksüyonun imalatı ve bakımı ile sadece onu yapan işletmenin karar vermesi uygun olmayıp, tarafsız bir kuruluşça uygunluğunun belgelenmesi gerekir [13].



KAYNAKLAR

- [1] Anık, S., 1982. Kaynak Tekniği, İ.T.Ü Makine Fakültesi, İstanbul.
 - [2] Blewett, R. V., 1991. Welding & Metal Fabrication October, s-449-455.
 - [3] Cary, H., B., 1989. Modern Welding Technology, Second Edication Regent, Prentice Hall.
 - [4] Clapp, W. M. H. and Clark, D. S., 1942. Engineering Materials and Proseses, International Textbook Co ., Pennsylvana.
 - [5] Çelik, F., 1990. Çelik El Kitabı, İzmir.
 - [6] Danilevsky, V., 1987. İmalat Mühendisliği, MMO Yayını, No:121, Ankara.
 - [7] Dikicioğlu, A., 2003. Kaynak Metalurjisi Ders Notları, İ.T.Ü Makina Fakültesi, İstanbul.
 - [8] Ersümer, A.1972. Makine Teknolojisi Malzeme Bilgisi, İ.T.Ü Makine Fakültesi, Sayı:69, İstanbul.
 - [9] Gülbahar, H., 1984. Gazaltı Kaynak Yöntemleri, Oerlikon, İstanbul.
 - [10] George, E.L., (Aws), 1967. Welding Metallurgy, Carbon and Alloy Stell, vol. 11.
 - [11] Kaluç, E., 2004. Kaynak Teknolojisi El Kitabı-Cilt 1- Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri, MMO Yayını, Yayın No:356, Ankara
 - [12] Karadeniz, S., 1989. Kaynak Yöntemleri Cilt 1, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayını No: 89 , İzmir.
 - [13] Vural, M. , 2004. Kaynak Tekniği Ders Notları, İ. T. Ü Makina Fakültesi, İstanbul.
 - [14] Welding Handbook, 2004. Volume 2, “ Welding Processes ” , Part 1,Ninth Edition, AWS, USA.
- Standartlar;**
- [15] TS EN-25817, 1992. Arc - welded joints in steel-Guidance on quality levels for imperfections, UDC 621 . 791 . 75 . 019
 - [16] DIN 8524, 1980. Fehler an Schweißverbindungen aus metallischen Werkstoffen, Einteilung.

EKLER

EK 1- TS EN-25817, 1992. Arc - welded joints in steel-Guidance on quality levels for imperfections, UDC 621 . 791 . 75 . 019

EK 2- DIN 8524, 1980. Fehler an Schweißverbindungen aus metallischen Werkstoffen, Einteilung.



INTERNATIONAL STANDARD

ISO
5817

First edition
1992-06-01

Arc-welded joints in steel — Guidance on quality levels for imperfections

*Assemblages en acier soudés à l'arc — Guide des niveaux d'acceptation
des défauts*



Reference number
ISO 5817:1992(E)

word

The International Organization for Standardization) is a worldwide association of national standards bodies (ISO member bodies). The work preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards adopted by the technical committees are submitted to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

International Standard ISO 5817 was prepared by Technical Committee C 44, *Welding and allied processes*, Sub-Committee SC 10, *Unification of requirements in the field of metal welding*.

Annex A of this International Standard is for information only.

© 1992

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Organization for Standardization
Case Postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland
Printed in Switzerland

arc-welded joints in steel — Guidance on quality levels for imperfections

Scope

This International Standard provides guidance on levels of imperfections in arc-welded joints in steel. Three levels are given in such a way as to permit application for a wide range of welded fabrications. The levels refer to production quality and not to the fitness-for-purpose (see 3.1) of the product manufactured.

This International Standard applies to

unalloyed and alloyed steels;

the following welding processes and their defined sub-processes in accordance with ISO 4063:

- 11 metal-arc welding without gas protection;
- 12 submerged-arc welding;
- 13 gas-shielded metal-arc welding;
- 14 gas-shielded welding with non-consumable electrode;
- 15 plasma arc welding;

manual, mechanized and automatic processes;

all welding positions;

butt welds, fillet welds and branch connections;

materials in the thickness range 3 mm to 63 mm.

When significant deviations from the joint geometries and dimensions described in this International Standard are present in the welded product, it is necessary to evaluate to what extent the provisions of this standard can apply.

Metallurgical aspects, e.g. grain size, hardness, are not covered by this International Standard.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

ISO 2553:1984, *Welds — Symbolic representation on drawings*.

ISO 4063:1990, *Welding, brazing, soldering and braze welding of metals — Nomenclature of processes and reference numbers for symbolic representation on drawings*.

ISO 6520:1982, *Classification of imperfections in metallic fusion welds, with explanations*.

3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply.

3.1 fitness-for-purpose: A product is fit for its intended purpose when it functions satisfactorily in service during its stipulated lifetime. The product may deteriorate in service, but not to such a degree that fracture and subsequent failure occurs. Products may, of course, be misused or overloaded; it is presumed that the actual conditions during service correspond to the intended conditions, including statistical variations, e.g. live loads

Veld thickness

fillet weld thickness, a ; nominal throat thickness. Height of the largest isosceles triangle that is inscribed in the weld section (see ISO 2553)

In countries in which the leg length, z , is used as a dimension of a fillet weld, the limits for sections may be reformulated so that they refer to length.

butt weld thickness, s : Minimum distance from surface of the part to the bottom of the penetration, which cannot be greater than the thickness thinner of the parts (see ISO 2553).

short imperfections: One or more imperfections of length not greater than 25 mm in any 100 mm length of the weld or a maximum of 25 % of weld length for a weld shorter than 100 mm.

long imperfection: One or more imperfections of length greater than 25 mm in any 100 mm of the weld or a minimum of 25 % of the weld for a weld shorter than 100 mm.

projected area: Area given by length of weld and multiplied by the maximum width of weld.

surface crack area: Area to be considered after

4 Symbols

The following symbols are used in table 1.

- a nominal fillet weld throat thickness (fillet thickness)
- b width of weld reinforcement
- d diameter of pore
- h size (height or width) of imperfection
- l length of imperfection
- s nominal butt weld thickness or, in the case of partial penetration, the prescribed depth of penetration
- t wall or plate thickness
- z leg length of fillet welds (in case of isosceles right angle triangular section $z = a\sqrt{2}$)

5 Evaluation of welds

Limits for imperfections are given in table 1.

A welded joint should normally be evaluated separately for each individual type of imperfection (Nos. 1 to 25).

Different types of imperfection occurring at any cross-section of the joint may need special consideration (see No. 26).

fections are quoted in terms of their actual dimensions, and their detection and evaluation may require the use of one or more methods, including destructive testing. The detection and sizing of imperfections is dependent on the inspection methods and the extent of testing specified in the application standard or contract.

This International Standard does not include details of recommended methods of detection and sizing and, therefore, it needs to be supplemented by requirements for examination, inspection and testing. It should be appreciated that methods of non-destructive examination may not be able to give the detection, characterization and sizing necessary for all types of imperfections shown in table 1.

Although this International Standard covers a material thickness range from 6 mm to 63 mm, it may well be applicable to thicker or thinner joints. Due consideration is given to those technical factors which may affect the situation.



Introduction

This International Standard should be used as a reference in the drafting of application codes and/or other application standards. It may be used within a total quality system for the production of satisfactory welded joints. It provides three sets of dimensional values from which a selection can be made for a particular application. The quality level necessary in each case should be defined by the application standard or the responsible designer in conjunction with the manufacturer, user and/or other parties concerned. The level shall be prescribed before the start of production, preferably at the inquiry or order stage. For special purposes, additional details may need to be prescribed.

The quality levels given in this International Standard are intended to provide basic reference data and are not specifically related to any particular application. They refer to the types of welded joints in a fabrication and not to the complete product or component itself. It is possible, therefore, for different quality levels to be applied to individual welded joints in the same product or component.

Quality levels are listed in table 0.1.

Table 0.1 — Quality levels for weld imperfections

Level symbol	Quality level
D	Moderate
C	Intermediate
B	Stringent

The three quality levels are arbitrarily identified as D, C and B and are intended to cover the majority of practical applications.

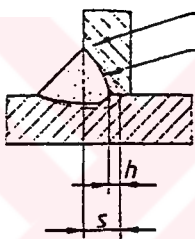
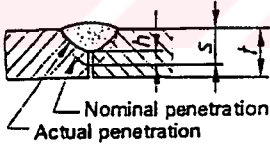
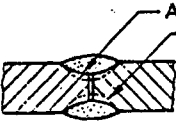
It would normally be hoped that for a particular welded joint the dimensional limits for imperfections could all be covered by specifying one quality level. In some cases, however, e.g. for certain type of steels and structures as well as for fatigue loading or leak tightness applications, it may be necessary to specify different quality levels for different imperfections in the same welded joint or to include additional requirements.

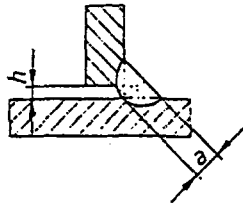
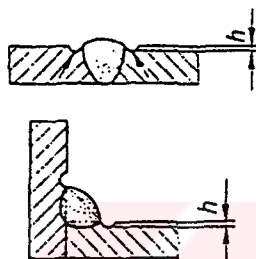
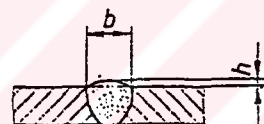
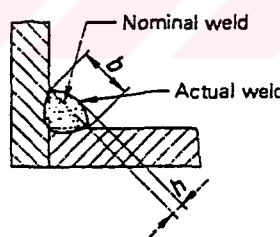
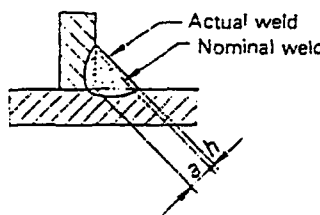
The choice of quality level for any application should take account of design considerations, subsequent processing, e.g. surfacing, mode of stressing (e.g. static, dynamic), service conditions (e.g. temperature, environment), and consequences of failure. Economic factors are also important and should include not only the cost of welding but also that of inspection, test and repair.

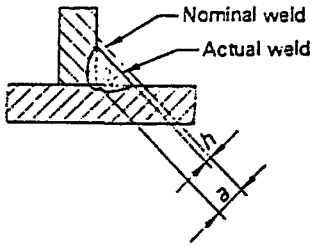
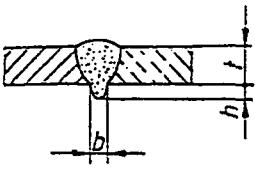
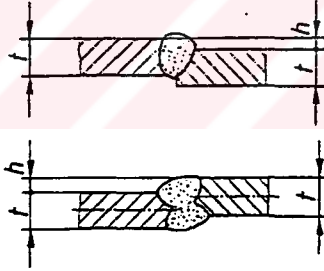
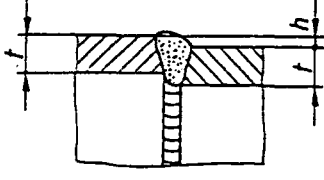
Although this International Standard includes types of imperfections relevant to the arc welding processes given in clause 1, only those which are applicable to the process and application in question need to be considered.

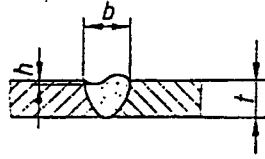
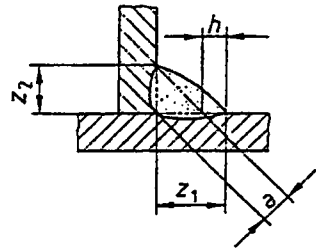
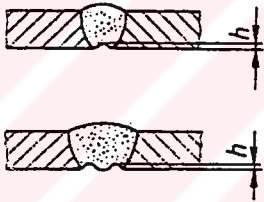
Table 1 — Limits for Imperfections

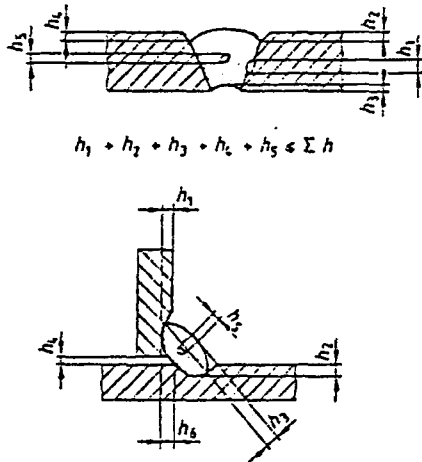
No.	Imperfection designation	ISO 6520 reference	Remarks	Limits for imperfections for quality levels		
				Moderate D	Intermediate C	Stringent B
1	Cracks	100	All types of cracks except micro cracks ($\lambda < 1 \text{ mm}^2$), crater cracks, see No 2	Not permitted		
2	Crater crack	104		Permitted	Not permitted	
3	Porosity and gas pores	2011 2012 2014 2017	The following conditions and limits for imperfections shall be fulfilled: a) Maximum dimension of the summation of the projected or surface crack area of the imperfection b) Maximum dimension of a single pore for — butt welds — fillet welds c) Maximum dimension for a single pore	4 % $d \leq 0,5 s$ 0,5 a 5 mm	2 % $d \leq 0,4 s$ 0,4 a 4 mm	1 % $d \leq 0,3 s$ 0,3 a 3 mm
4	Localized (clustered) porosity	2013	The total pore area within the cluster should be summed and calculated as a percentage of the greater of the two areas: an envelope surrounding all the pores or a circle with a diameter corresponding to the weld width. The permitted porous area should be local. The possibility of masking other imperfections should be taken into consideration. The following conditions and limits for imperfections shall be fulfilled: a) Maximum dimension of the summation of the projected or surface crack area of the imperfection b) Maximum dimension of a single pore for — butt welds — fillet welds c) Maximum dimension for localized clustered porosity	16 % $d \leq 0,5 s$ 0,5 a 4 mm	8 % $d \leq 0,4 s$ 0,4 a 3 mm	4 % $d \leq 0,3 s$ 0,3 a 2 mm
5	Elongated cavities, wormholes	2015 2016	Long Imperfections for — butt welds — fillet welds In any case, maximum dimension for elongated cavities, wormholes	$\lambda \leq 0,5 s$ 0,5 a 2 mm	Not permitted	Not permitted
			Short Imperfections for — butt welds — fillet welds In any case, maximum dimension for elongated cavities, wormholes	$\lambda \leq 0,5 s$ 0,5 a 4 mm or Not Larger Than Thickness (NLTT)	$\lambda \leq 0,4 s$ 0,4 a 3 mm or NLTT	$\lambda \leq 0,3 s$ 0,3 a 2 mm or NLTT

Imperfection designation	ISO 8520 reference	Remarks	Limits for imperfections for quality levels		
			Moderate D	Intermediate C	Stringent B
Solid inclusions (other than copper)	300	Long imperfections for — butt welds — fillet welds In any case, maximum dimension for solid inclusions	$h \leq 0,5 s$ 2 mm	Not permitted	Not permitted
		Short imperfections for — butt welds — fillet welds In any case, maximum dimension for solid inclusions	$h \leq 0,5 s$ $0,5 a$ 4 mm or Not Larger Than Thickness (NLTT)	$h \leq 0,4 s$ $0,4 a$ 3 mm or NLTT	$h \leq 0,3 s$ $0,3 a$ 2 mm or NLTT
Copper inclusions	3042		Not permitted		
Lack of fusion (incomplete fusion)	401		Permitted, but only intermittently and not breaking the surfaces	Not permitted	
Lack of penetration (incomplete penetration)	402	 Figure A  Figure B  Figure C	Long imperfections: Not permitted		Not permitted
			Short imperfections: $h \leq 0,2 s$, max. 2 mm	$h \leq 0,1 s$, max. 1,5 mm	

No.	Imperfection designation	ISO 6520 reference	Remarks	Limits for imperfections for quality levels		
				Moderate D	Intermediate C	Stringent B
10	Bad fit-up, fillet welds		An excessive or insufficient gap between the parts to be joined  Gaps exceeding the appropriate limit may in certain cases be compensated for by a corresponding increase in the throat	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$, max. 4 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,2 a$, max. 3 mm	$h \leq 0,5 \text{ mm} + 0,1 a$, max. 2 mm
11	Undercut	5011 5012	Smooth transition is required 	$h \leq 1,5 \text{ mm}$	$h \leq 1,0 \text{ mm}$	$h \leq 0,5 \text{ mm}$
12	Excess weld metal	502	Smooth transition is required 	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, max. 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, max. 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, max. 5 mm
13	Excessive convexity	503	 Nominal weld Actual weld	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, max. 3 mm
14	Fillet weld having a throat thickness greater than the nominal value	—	For many applications a throat thickness greater than the nominal one may not be a reason for rejection  Actual weld Nominal weld	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$, max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$, max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 a$, max. 3 mm

Imperfection designation	ISO 8520 reference	Remarks	Limits for imperfections for quality levels		
			Moderate D	Intermediate C	Stringent B
Fillet weld having a throat thickness smaller than the nominal value	—	A fillet weld with an apparent throat thickness smaller than that prescribed should not be regarded as being imperfect if the actual throat thickness with a compensating greater depth of penetration complies with the nominal value 	Long imperfections: Not permitted		Not permitted
			Short imperfections: $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ max. 2 mm max. 1 mm		
Excessive penetration	504		$h \leq 1 \text{ mm} + 1,2 b$, max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$, max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$, max. 3 mm
Local protrusion	5041		Permitted	Occasional local excess permitted	
Linear misalignment	507	The limits relate to deviations from the correct position. Unless otherwise specified, the correct position is that when the centrelines coincide (see also clause 1). t refers to the smaller thickness  Figure A  Figure B	Figure A — Plates and longitudinal welds $h \leq 0,25 t$, max. 5 mm $h \leq 0,15 t$, max. 4 mm $h \leq 0,1 t$, max. 3 mm		
			Figure B — Circumferential welds $h \leq 0,5 t$ max. 4 mm max. 3 mm max. 2 mm		

No.	Imperfection designation	ISO 6520 reference	Remarks	Limits for imperfections for quality levels		
				Moderate D	Intermediate C	Stringent B
19	Incompletely filled groove	511	Smooth transition is required. 	Long imperfections: Not permitted		
	Sagging	509		$h \leq 0,2 r$ max. 2 mm	Short imperfections: $h \leq 0,1 r$ max. 1 mm	$h \leq 0,05 r$ max. 0,5 mm
20	Excessive asymmetry fillet weld	512	It is assumed that an asymmetric fillet weld has not been expressly prescribed. 	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,2 a$	$h \leq 2 \text{ mm} + 0,15 a$	$h \leq 1,5 \text{ mm} + 0,15 a$
21	Root concavity Shrinkage groove	515 5013	Smooth transition is required. 	$h \leq 1,5 \text{ mm}$	$h \leq 1 \text{ mm}$	$h \leq 0,5 \text{ mm}$
22	Overlap	506		Short imperfections are permitted	Not permitted	
23	Poor restart	517		Permitted	Not permitted	
24	Stray flash or arc strike	601		Acceptance may be influenced by post treatment. Acceptance depends on type of parent metal, with particular reference to crack sensitivity.		
25	Spatter	602		Acceptance depends on applications.		

Impairment designation	ISO 8520 reference	Remarks	Limits for impairments for quality levels		
			Moderate D	Intermediate C	Stringent B
Multiple impairments in any cross-section ¹⁾	—	For thicknesses $s \leq 10$ mm or $a \leq 10$ mm or less, special consideration may be necessary.  $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \leq \Sigma h$ $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$	Maximum total height of short impairments Σh 0,25 s or 0,25 a, max. 10 mm	0,2 s or 0,2 a, max. 10 mm	0,15 s or 0,15 a, max. 10 mm
¹⁾ See annex A.					

Annex A (informative)

Additional information and guidelines for use of this International Standard

This International Standard specifies requirements for three levels of acceptance for imperfections in welded joints of steel for arc welding processes according to the scope and for weld thickness 3 mm to 63 mm. It may be used — where applicable — for other fusion welding processes or weld thicknesses.

Different parts are very often produced for different applications but to similar requirements. The same requirements should, however, apply to identical parts produced in different workshops to ensure that work is carried out using the same criteria. The consistent application of this International Standard is one of the fundamental cornerstones of a quality assurance system for use in the production of welded structures.

In table 1, figures for multiple imperfections (No. 26), show a theoretical possibility of superimposed indi-

vidual imperfections. In such a case the total summation of all permitted deviations should be restricted by the stipulated values for the different quality levels. However, the value of a single imperfection may exceed $\geq h$, e.g. for a single pore.

This International Standard may be used in conjunction with a catalogue of realistic illustrations showing the size of the permissible imperfections for the various acceptance levels by means of photographs showing the face and root side and/or reproductions of radiographs and of photomacrographs showing the cross-section of the weld. This catalogue may be used with reference cards to assess the various imperfections and may be employed when opinions differ as to the permissible size of imperfections.



C 621.791.75.019

rippers: steels, welding, arc welding, welded joints, specifications, acceptance testing.

based on 9 pages

neitsbedingungen, Dichttheit) zu berücksichtigen.
Die Wirtschaftlichkeit der Herstellung der Konstruktion darf nicht außer acht gelassen werden. Es sollte jeweils immer nur die Bewertungsgruppe verlangt werden, die den technologischen Forderungen bei optimaler Wirtschaftlichkeit entspricht. Dies gilt auch für die Prüfung und den Prüfumfang.

Den Werkstätten werden mit dieser Norm Hinweise gegeben, in welchem Umfang Güteanforderungen bestehen, d.h. mit welcher Sorgfalt, Aufsicht usw. gearbeitet werden soll. Aus der gewählten Bewertungsgruppe ergibt sich, daß sowohl innere als auch äußere Fehler in einem bestimmten Umfang zulässig sind. Auch die äußeren geometrischen Verhältnisse der Naht sind zu beachten.

Es soll sichergestellt werden, daß in einer Werkstatt auch unterschiedliche Teile für verschiedene Einsatzgebiete nach gleichartigen Forderungen erstellt werden können. Andererseits gelten für verschiedene Werkstätten für die gleichen Teile die gleichen Anforderungen, so daß nach gleichen Maßstäben gearbeitet wird.

Da die Bewertung der Naht vorrangig ist, wird auf die Schweißposition keine Rücksicht genommen, im Gegenteil, diese kann dadurch bereits festgelegt sein. Bei den Stumpfnähten werden nur solche mit voll durchgeschweißtem Querschnitt behandelt. Für nicht voll durchgeschweißte Querschnitte können Sondervereinbarungen, gegebenenfalls zwischen dem Hersteller und dem Kunden oder dem Auftragsgeheimen getroffen werden.

Bei den Beratern ist ferner davon ausgegangen worden, daß bei Stumpfnähten nur Querschnitte gleicher Dicke geschweißt werden. Bei unterschiedlicher Dicke ist der Kantenversatz besonders zu beachten.

Ein Teil der Bewertungsmerkmale ist durch entsprechende Zahlenangaben festgelegt worden. Für die anderen Angaben wird gemeinsam mit dem Deutschen Verband für

OS-AI), für die Keilnaht 3 (AK-AI bis CY-AI) festgelegt, wobei AS bzw. AK die höchsten Bewertungsgruppen darstellen.
Für Sonderfälle ist es möglich, einzelne Bewertungsmerkmale zu kombinieren; dies ist in den Konstruktions- und Fertigungsunterlagen gesondert anzugeben.

Bei Rohrverbindungen wird fast immer eine Kombination der verschiedenen Bewertungsmerkmale notwendig sein, da die verschiedenen Forderungen zu berücksichtigen sind. Bei den in dieser Norm erwähnten inneren Fehlern ist auf die Ribbänalität des Werkstoffes bzw. Ausbildung der Risse zu achten. Es sind nur solche zu berücksichtigen, die mit zerstörungsfreien Prüfverfahren ohne besondere Anstrengungen erkannt werden können. Mikrorisse werden von dieser Norm nicht erfaßt.

Eine Unterscheidung in Dickenbereiche wurde nur vorgenommen, wo unterschiedliche Angaben erforderlich sind. Die Grenze wurde bei 4 mm gezogen, weil diese Dicke eine verfahrenstechnische Grenze bildet; sie ist die Untergrenze für MSG-Schweißen mit Sprühhichtbogen.

Es ist nicht Aufgabe dieser Norm, den Prüfumfang und die Prüfkonzeption vorzuschreiben, diese sind nach den geltenden Regeln oder aufgrund von Vereinbarungen zwischen Hersteller und Betreibern durchzuführen. Die Erfüllung der Forderung des Merkmalkatalogs der Bewertungsgruppe ist entsprechend der Wichtigkeit zu prüfen, wobei der äußere Befund nach Möglichkeit durch Sichtprüfung festzustellen ist. Der Umfang der Prüfung des inneren Befundes sollte in Abhängigkeit von der Bewertungsgruppe gesehen werden.

Ob und in welchem Umfang hierüber Zertifikate oder sonstige Aufzeichnungen notwendig sind, kann zwischen Herstellern, Anwendern und Aufsichtsgremien gesondert vereinbart werden.

Internationale Patentklassifikation

B 23 K 9/00
B 23 K 31/02
B 23 K 5/00
B 23 K 20/00
G 01 M 19/00

Einteilung Benennungen Erklärungen

Defects in metal welds, fusion welds, classification, definitions, explanations

Teil 1

Ersatz für Ausgabe 11/71

Zusammenhang mit der von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Internationalen Norm ISO 6520 – 1982, siehe Erläuterungen.
Diese Norm wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband für Schweißtechnik aufgestellt.

1 Anwendungsbereich und Zweck

In dieser Norm sind die an Schmelzschweißverbindungen möglichen Fehler zusammengefaßt und einheitliche Benennungen hierfür festgelegt. Es wird nichts darüber ausgesagt, wie die Fehler im Einzelfall zu beurteilen sind, da dies von den jeweiligen Anforderungen an die Schweißverbindung abhängt. Die Norm umfaßt nur Fehler, die durch das Schweißen – ohne Einfluß einer zusätzlichen äußeren Beanspruchung – entstehen können. Festgelegt sind lediglich Art, Form und Lage dieser Fehler. Entstehungsbedingungen und Entstehungsursachen sind nicht angegeben. Metallurgische Veränderungen bleiben unberücksichtigt.

Die Benennungen der Fehler – nicht ihre Ordnungsnummern – sind sinngemäß auch bei Auftragschweißungen anwendbar.

2 Einteilung

Die Fehler sind in sechs Fehlergruppen eingeteilt, und zwar in:

- Fehlergruppe 1 Risse
- Fehlergruppe 2 Hohlräume
- Fehlergruppe 3 Feste Einschlüsse
- Fehlergruppe 4 Bindefehler und ungenügende Durchschweißung
- Fehlergruppe 5 Formfehler
- Fehlergruppe 6 Sonstige Fehler

Diese Einteilung stellt – wie auch die innerhalb der Fehlergruppen – keine wertmäßige Abstufung dar. Die Fehler sind mit Ordnungsnummern gekennzeichnet. Jede Ordnungsnummer weist eine vorangestellte, von den übrigen Zahlen durch einen Punkt getrennte Ziffer für das Verfahren auf (in Übereinstimmung mit DIN 1912 Teil 2 Kennziffer 2 für Schmelzschweißen von Metallen). Sie kann, wenn Verwechslungen ausgeschlossen sind, entfallen.

Fortsetzung Seite 2 bis 17

Normenausschuß Schweißtechnik (NAS) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Benennungen und Erklärungen

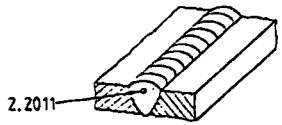
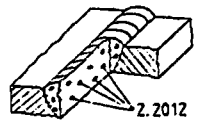
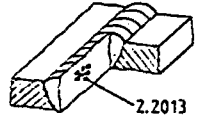
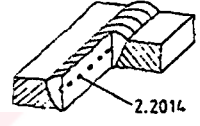
Fehlern werden Unregelmäßigkeiten in der Schweißverbindung sowie Abweichungen von der vorgesehenen Form und Lage der Schweißverbindung oder der Schweißnaht zugeordnet. Jede Ordnungsnummer gilt nur für einen bestimmten Fehlertyp, zum Beispiel 2.1021 „Querriß in der Schweißnaht“, 2.1023 „Querriß in der Wärmeinflusszone“. Fehler verschieden eingestuft werden können oder müssen, ist das durch die Kombination von Ordnungsnummern anzugeben, zum Beispiel 2.1021/2.1023 (Querriß, von der Schweißnaht bis in die Wärmeinflusszone verlaufend). Die Benennungen sind durch kurze Erklärungen erläutert und – sofern zweckmäßig – durch Skizzen ergänzt. Im Anhang sind folgende Benennungen und Erklärungen festgelegt (fremdsprachige Benennungen – in der Reihenfolge Englisch, Französisch – sind nicht Bestandteil dieser Norm; die Richtigkeit kann keine Gewähr übernommen werden):

Ordnungsnummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
Fehlergruppe 1 Risse				
10	E	Riß crack fissure	Örtliche Werkstofftrennung mit überwiegender zweidimensionaler Ausdehnung (siehe DIN 8524 Teil 3)	–
11	Ea	Längsriß longitudinal crack fissure longitudinale	Riß, überwiegend in Richtung der Schweißnaht verlaufend. Er kann liegen:	
111	–		im Schweißgut	
112	–		in der Bindezone	
113	–		in der WEZ	
114	–		im unbeeinflussten Grundwerkstoff	
12	Eb	Querriß transverse crack (cross-crack) fissure transversale	Riß, überwiegend quer zur Schweißnaht verlaufend. Er kann liegen:	
121	–		im Schweißgut	
122	–		in der WEZ	
123	–		im unbeeinflussten Grundwerkstoff	
124	–			

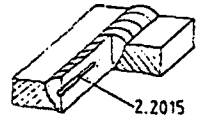
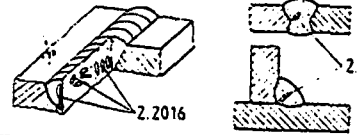
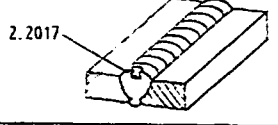
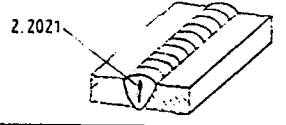
Ordnungsnummer (ohne vorangestellte Kennzahl 2. für Schmelzschweißen von Metallen), Kurzzeichen und fremdsprachige Benennungen stimmen überein mit der ISO 6520 – 1982, Abweichungen von der ISO-Norm sind kursiv gedruckt.

Ordnungsnummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
13	E	sternförmiger Riß radiating cracks fissures rayonnantes	Sternförmig von einer Stelle ausgehende Risse. Sie können liegen:	
131	–		im Schweißgut	
133	–		in der WEZ	
134	–		im unbeeinflussten Grundwerkstoff	
14	Ec	Endkraterriß crater crack fissure de cratère	Riß im Endkrater. Er kann auftreten:	
145	–		in Richtung der Schweißnaht	
146	–		quer zur Schweißnaht	
147	–		sternförmig	
15	E	Rißanhäufung group of disconnected (discontinuous) cracks réseau de fissures marbrées	Gruppe nicht miteinander verbundener Risse. Sie kann auftreten:	
151	–		im Schweißgut	
153	–		in der WEZ	
154	–		im unbeeinflussten Grundwerkstoff	
16	E	verzasteter Riß branching cracks fissures ramifiées	Riß mit Verzästelungen. Er kann auftreten:	
161	–		im Schweißgut	
163	–		in der WEZ	
164	–		im unbeeinflussten Grundwerkstoff	
165	–			
166	–			
167	–			

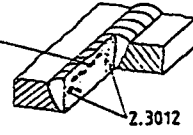
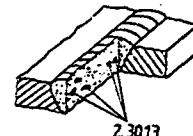
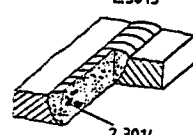
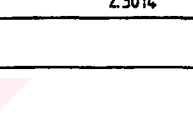
siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
Fehlergruppe 2 Hohlräume				
2.00	—	Hohlraum cavity cavité	—	—
2.01	A	Gaseinschluß gas cavity soufflure	Gasgefüllter Hohlraum	—
2.011	Aa	Pore gas pore soufflure sphéroïdale	Kugelförmiger Gaseinschluß	 2.011
2.012	—	Porosität uniformly distributed porosity soufflures sphéroïdales uniformément réparties	Zahlreiche, im wesentlichen gleichmäßig verstreute Poren	 2.012
2.013	—	Porennest localized (clustered) porosity nid de soufflures	Ortlich gehäufte Poren	 2.013
2.014	—	Porenzeile linear porosity soufflures alignées (ou en chapelet)	In einer Linie angeordnete Poren	 2.014

*) Siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
2.2015	Ab	Gaskanal elongated cavity soufflure allongée	Langgestreckter Gaseinschluß in Richtung der Schweißnaht	 2.2015
2.2016	Ab	Schlauchpore worm-hole soufflure vermiculaire	Längliche Pore in verschiedenartiger Lage, einzeln oder gehäuft (zum Beispiel Krahnenfüße) auftretend.	 2.2016
2.2017	—	Oberflächenpore surface pore piqûre	Zur Oberfläche geöffnete Pore	 2.2017
2.202	K	Lunker shrinkage cavity retassure	Hohlraum infolge Schwindens beim Erstarren	—
2.2021	—	Makrolunker interdendritic shrinkage retassure interdendritique (desserrement)	Langlicher Lunker zwischen den Erstarrungsfronten im Schweißgut	 2.2021
2.2022	—	Mikrolunker microshrinkage microretassure	Lunker, nur mit Mikroskop erkennbar	—

*) Siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
224	K	Endkraterlunker crater pipe retassure de cratère	Lunker im Endkrater	
Fehlergruppe 3 Feste Einschlüsse				
00	—	fester Einschuß solid inclusion inclusion solide	Feste Fremdstoffeinlagerung im Schweißgut	—
01	8a	Schlackeneinschuß slag inclusion inclusion de laitier	Nichtmetallische Einlagerung verschiedenartiger Form im Schweißgut. Sie kann auftreten:	   
011	—	Schlackenzeile linear slag inclusion inclusion de laitier alignée (ou en chapelet)	zeilenförmig	
012	—	verteilte Schlackeneinschlüsse isolated slag inclusions inclusions de laitier isolées	in verschiedener Form und Richtung	
013	—	unregelmäßige Schlackeneinschlüsse other slag inclusions autres inclusions de laitier	—	
014	—	Schlackennest clustered slag inclusions nid d'inclusions de laitier	örtlich gehäuft	

Siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
03	J	Oxideinschuß oxide inclusion inclusion d'oxyde	Oxidische Einlagerung in der Schweißnaht	—
031	—	Oxidhaut puckering peau d'oxyde	Dünne oxidische Einlagerung in der Schweißnaht	—
04	H	Fremdmetalleinschuß metallic inclusion inclusion métallique	Einlagerung eines Fremdmetallteilchens in der Schweißnaht	—
041	—	Wolframeinschuß tungsten inclusion inclusion de tungstène	—	—
042	—	Kupfereinschuß copper inclusion inclusion de cuivre	—	—
043	—	sonstiger Fremdmetalleinschuß other metallic inclusion autre inclusion métallique	—	—

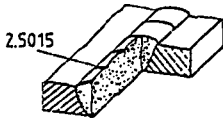
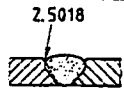
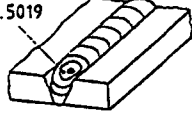
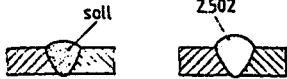
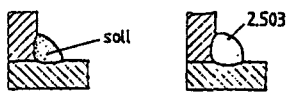
siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
Fehlergruppe 4 Bindefehler und ungenügende Durchschweißung				
10	—	Bindefehler und ungenügende Durchschweißung lack of fusion and penetration manque de fusion et de pénétration	—	—
11	C	Bindefehler lack of fusion (incomplete fusion) manque de fusion (collage)	Keine oder unzureichende Bindung zwischen Schweißnaht und Grundwerkstoff oder innerhalb der Schweißnaht. Folgende Arten treten auf:	
111	—	Flankenbindefehler lack of side wall fusion (incomplete side wall fusion) manque de fusion latéral qui intéresse les bords à souder	Bindefehler zwischen Schweißnaht und Grundwerkstoff	
112	—	Lagenbindefehler lack of inter-run fusion (incomplete interpass fusion) manque de fusion entre passes	Bindefehler zwischen Schweißlagen oder Schweißraupen	
113	—	Wurzelbindefehler lack of fusion at the root of the weld (incomplete fusion at the root of the weld) manque de fusion à la racine de la soudure	Bindefehler im Bereich der Schweißnahtwurzel	
12	D	ungenügende Durchschweißung lack of penetration (incomplete penetration) manque de pénétration	Nicht ausreichend durchgeschweißter Querschnitt	
121	—	nicht durchgeschweißte Wurzel non-penetrated root racine non-pénétrée	Eine oder beide Fugen-Längskanten sind nicht angeschmolzen	

Siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
Fehlergruppe 5 Formfehler				
500	—	Formfehler imperfect shape forme défectueuse	Abweichung von der vorgeschriebenen Form der Schweißverbindung	—
501	—	Kerbe undercut caniveau	—	—
5011	F	Einbrandkerbe, durchlaufend continuous undercut caniveau	—	
5012	F	Einbrandkerbe, nicht durchlaufend localized (intermittent) undercut morsure	—	
5013	—	Wurzelkerbe shrinkage groove root concavity; „suck back“ caniveau à la racine	Seitliche Kerbe an der Schweißnahtwurzel	
5014	—	Längskerbe zwischen den Schweißraupen inter-run undercut (interpass undercut) entaille longitudinale	—	

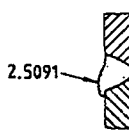
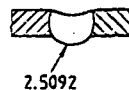
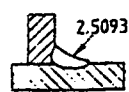
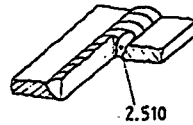
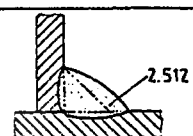
Siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
115	—	Querkerben in der Decklage coarse ripples entaille transversale	—	
116	—	ungenügende Fugenfüllung underfill manque d'épaisseur	—	
118	—	Randkerbe undercut entaille	Nicht erfaßte Fugenlängskante	
119	—	offener Endkrater opened crater fissure ouvert	Endkrater mit Minderung des Schweißnahtquerschnittes	
12	—	zu große Nahtüberhöhung (Stumpfnah) excess weld metal surépaisseur excessive	—	
13	—	zu große Nahtüberhöhung (Kehlnah) excessive convexity convexité excessive	—	

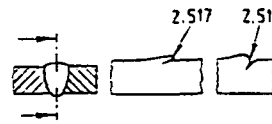
Siehe Seite 2

Nummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
04	—	zu große Wurzelüberhöhung excessive penetration excès de pénétration	—	
041	—	einzelne Durchtropfungen local protrusion goutte	—	—
042	—	durchgehende Durchtropfungen continuous protrusion goutte continue	—	—
05	—	schräger Nahtübergang incorrect weld profile défaut de raccordement	Zu kleiner Winkel zwischen Werkstückoberfläche und Schweißnaht	
06	—	Schweißgutüberlauf overlap débordement	Übergelaufenes, nicht gebundenes Schweißgut auf dem Werkstück	
061	—	Schweißgutüberlauf an der Decklage toe overlap débordement de la passe terminale	—	
062	—	Schweißgutüberlauf an der Wurzel root overlap débordement de la passe de fond	—	—
07	—	Kantenversatz linear misalignment défaut d'alignement	Die geschweißten Werkstücke sind parallel versetzt	
08	—	Winkelversatz angular misalignment déformation angulaire	Die geschweißten Werkstücke bilden einen unzulässigen Winkel	

Siehe Seite 2

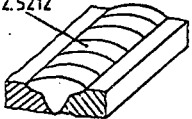
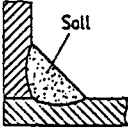
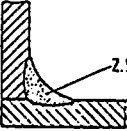
Ordnungs- nummer *)	Kurz- zeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
2.509	—	verlaufenes Schweißgut sagging effondrement	Schweißgut befindet sich an nicht beabsichtigten Stellen	—
2.5091	—	Rucksacknaht sagging in horizontal — vertical effondrement en corniche	Kann bei Schweißposition q entstehen	
2.5092	—	durchgefallene Naht sagging in flat or overhead effondrement à plat ou au plafond	Kann bei Schweißposition w und ü bei Stumpnaht entstehen	
2.5093	—	flachliegende Kehlnaht sagging in a fillet weld effondrement d'angle (dans une soudure)	Kann bei Schweißposition h entstehen	
2.510	—	Durchbrand burn through trou	Durchgehendes Loch in oder am Rande der Schweißnaht	
2.511	—	Decklagenunterwölbung incompletely filled groove manque d'épaisseur	—	
2.512	—	übermäßige Ungleichschenkligkeit excessive asymmetry of fillet weld défaut de symétrie de soudure d'angle	—	

*) Siehe Seite 2

Ordnungs- nummer *)	Kurz- zeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
2.513	—	unregelmäßige Nahtbreite irregular width largeur irrégulière	—	—
2.514	—	fehlerhafte Nahtzeichnung irregular surface surface irrégulière	Zum Beispiel zu grobe oder unregelmäßige Schuppung	—
2.515	—	Wurzelmrückfall root concavity retassure à la racine	—	
2.517	—	Ansatzfehler **) poor restart mauvaise reprise	Oberflächenfehler an einer Ansatzstelle	
2.5171	—	Ansatzfehler in der Decklage poor restart at the toe mauvaise reprise dans la pose terminale		
2.5172	—	Ansatzfehler in der Wurzellage poor restart in the root mauvaise reprise dans la passe de fond		
2.520	—	übermäßiger Verzug distortion déformation	Schrumpfbedingte Maß- bzw. Formabweichung von den Sollwerten	—
2.521	—	Schweißnahtmaßfehler imperfect weld dimensions dimensions incorrectes de la soudure	Abweichung von den vorgeschriebenen Maßen der Schweißnaht	—

*) Siehe Seite 2

**) Beim Ansätzen können auch Fehler innerhalb der Schweißnaht entstehen; sie sind dann in die entsprechende Fehlergruppe einzuordnen.

Ordnungsnummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
2.5212	—	übermäßige Schweißnahtbreite excessive weld zone largeur excessive de la soudure	Die Schweißnaht ist zu breit	2.5212 
2.538	—	Nahtunterschreitung lower deviation of weld sous-épaisseur	Unterschreitung der Nahtdicke —	 Soll  2.538
Fehlergruppe 6 Sonstige Fehler				
2.600	—	sonstige Fehler miscellaneous imperfections défaut divers	Fehler, der nicht in die Gruppen 1 bis 5 eingeordnet werden kann	—
2.601	—	Zündstelle stray flash or arc strike coup d'arc	Örtliche, durch den Lichtbogen erzeugte Anschmelzung auf der Werkstückoberfläche	—
2.6011	—	Zündspur multiple arc strikes coups d'arc alignés	Mehrere hintereinanderliegende Zündstellen	—
2.602	—	Schweißspritzer spatter projection (ou perles)	Auf der Oberfläche des Werkstückes angeschmolzene Werkstofftropfen	—
2.6021	—	Wolframspritzer tungsten spatter projection de tungstène	Auf der Oberfläche des Werkstückes angeschmolzene Wolframteilchen	—
2.603	—	Ausbrechung torn surface déchirure locale ou arrachement local	Örtlich beschädigte Oberfläche (z. B. durch Abschlagen angeschweißter Montagehilfen oder Transporthilfen)	—

*) Siehe Seite 2

Ordnungsnummer *)	Kurzzeichen *)	Benennung *)	Erklärung	Darstellung (Beispiel)
2.604	—	Schleifkerbe grinding mark coup de meule	Örtlich durch unsachgemäßes Schleifen beschädigte Oberfläche	—
2.605	—	Meißelkerbe chipping mark coup de burin	Örtlich durch unsachgemäßes Meißeln beschädigte Oberfläche	—
2.606	—	Unterschleifung underflushing meulage excessif	Zu starke Verminderung der Dicke durch Schleifen	—
2.609	—	Schlackenreste unremoved slag résidus de laitier	Nicht ausreichend entfernte festhaftende Schlacke	—
2.610	—	Anlaufnarben temper colour (temper film; visible oxide film) couleurs de revenu	Schwach oxidierte Oberfläche im Bereich der Schweißnaht	—
2.613	—	Verzunderung crossed surface surface calaminée	Stark oxidierte Oberfläche im Bereich der Schweißnaht	—
2.614	—	Flußmittelrest flux residue résidu de flux	—	—
2.616	—	Ätzmarke etch marking signe fait par milieu caustique	Durch unsachgemäßes Beizen beschädigte Oberfläche im Bereich der Schweißnaht	—

*) Siehe Seite 2

ÖZGEÇMİŞ

İstanbul’da 1979 yılında doğdu. Lise öğrenimini Kandilli Kız Lisesinde yaptıktan sonra lisans öğrenimini “Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği, Konstrüksüyon Bölümü” nde yaptı. Malzeme ve İmalat alanına ilgi duyduğundan, 2002 yılında İ.T.Ü Yüksek Lisans Sınavlarına girdi ve Malzeme&İmalat programında okumaya hak kazandı.

