



Kısa Makale

Çekme Etkisindeki Çelik Levhada V-Çentik ve Çatlak Etkileşimi

Süleyman TAŞGETİREN, Rıza KARA

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyonkarahisar

ÖZET

Günümüzde, gelişmekte olan teknoloji ile birlikte çelik yapı sistemlerinde bir çok binalar yapılmaktadır. Çelik konstrüksiyonlar çalışma koşullarına göre çeşitli yükleme durumlarına maruz kalmaktadır. İç yapıda bulunan çentik, boşluk ve çatlak gibi mikro hatalar çeşitli gerilim konsantrasyonlarının oluşmasına sebep olmaktadır. Çatlağın uygulanan dış kuvvet etkisinde ilerlemesi sonucu malzeme kırılma veya kopma ile hasara uğramaktadır.

Bu çalışmada, çentikli bir plaka mikro yapısında bulunan çatlağın çentik ucuna olan değişik mesafedeki gerilim şiddet faktörü sonlu elemanlar metodu ile incelenmiştir. Kırılma analizinde lineer elastik kırılma durumu düşünülmüştür. Analizlerde her bir çatlak mesafesi için gerilim şiddet faktörü bulunarak değişen arayer çatlak mesafenin gerilim şiddet faktörüne etkisi araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sonlu Elemanlar, Gerilim Şiddet Faktörü, Çatlak Mesafesi

1. GİRİŞ

Malzeme imalatı ve tasarımında kalite kontrol niteliği taşıyan kırılma tokluğu önemli bir yere sahiptir. Üretilen hiçbir malzeme kusursuz değildir. Üretim yöntemlerine bağlı olarak malzeme içyapılarında çeşitli mikro hatalar mevcut olmaktadır. Bu hatalardan en tehlikelisi mikro çatlaklardır. Çatlaklar, gerilim yığılmasının en fazla olduğu durumda meydana gelmektedir. Çatlak, yükleme şartlarına bağlı olarak malzemenin kırılma veya kopma ile hasara uğramasına neden olmaktadır[1].

Aslantaş vd, yüzey altında bulunan farklı uzunluktaki çatlakların nasıl bir yayılma eğilimi gösterdiğini sonlu elemanlar metodu ile araştırılmıştır. Problemin çözümünde farklı çatlak boyları ve farklı sürtünme katsayıları değişken olarak alınmıştır. Yüzey altı çatlağının her iki ucunda meydana gelen K_I ve K_{II} gerilme şiddeti faktörleri düğüm deplasman metodu kullanılarak hesaplanmıştır [2].

Butterwork, çelik konstrüksiyonlarda kirişin kolona bağlantı dayanımını doğrusal olmayan üç boyutlu MYSTRO –LUSAS yazılımlarını içeren sonlu elemanlar programı ve tam boyutlu test kombinasyonu kullanarak incelenmiştir. Konstrüksiyon bağlantı dayanımını modellemek için katı ve temas ara elemanları kullanılmıştır [3].

Taşgetiren vd, yapmış oldukları çalışmada elektrolitik bakır ve S235 çelik levhaların difüzyon kaynağı ile birleştirilmesi sonrasında ara yüzeyde farklı konumlarda var olan çatlağın lineer elastik kırılma mekaniği ile analizi incelenmiştir. Çatlağın birleşme performansına etkileri sonlu elemanlar metodu kullanılarak incelenmiştir. Çatlak ilerleme doğrultusu maksimum teğetsel gerilme teorisi kullanılarak tespit edilmiştir [4].

Sukumar vd, polikristalin mikro yapılarıdaki çatlak ilerleme davranışları geliştirilmiş bir sonlu elemanlar metodu (X-FEM) kullanılarak incelenmiştir. Quasi-statik çatlak ilerlemesi Monte Carlo Pott algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikro yapısal hesaplamalar düzenli kafes üzerinde araştırılmıştır. Tane içi ve taneler arası çatlak ilerleme davranışı araştırılmıştır [5].

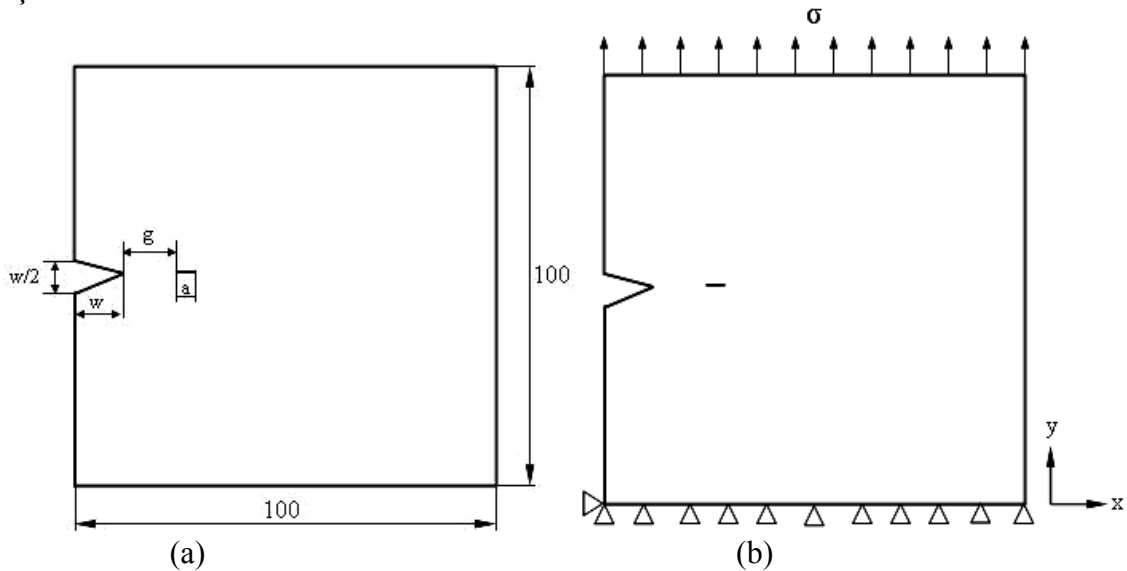
Kaya vd, makine elemanları ve konstrüksiyonlarda çalışma şartlarında sıcaklık farkından dolayı gerilmeler oluşmaktadır. Sıcaklık farkından dolayı oluşan gerilmeleri azaltmak için makine elemanı yada konstrüksiyon malzemelerine delikler delinebilir veya sınır şartları değiştirilebilir. Malzeme üzerine açılan deliklerin sıcaklık değişiminden kaynaklanan gerilmeleri nasıl etkilediği ANSYS sonlu elemanlar programı ile incelenmiştir [6].

Çelik konstrüksiyonlarda kullanılan plaka malzemelere istenmeyen gerilmeleri azaltmak amacı ile değişik şekillerde çentik veya delikler açılmaktadır. Bu çalışmada, V-çentikli bir plakada bulunan arayer çatlak uzunluğu ve çatlağın V-çentiğe olan mesafesinin gerilme şiddet faktörüne etkisi sonlu elemanlar metodu ile incelenmiştir. Analizlerde gerilme değerleri bulunmuştur. Aynı model üzerinde lineer elastik kırılma durumu oluşumu düşünülerek gerilme şiddet faktörleri hesaplanmıştır. Analizlerde farklı çentik ve çatlak uzunlukları dikkate alınmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1 Problemin Geometrik Modeli Ve Sınır Koşulları

Problem iki boyutlu olarak modellenmiştir. Problemin bir tarafı çentikli olarak kabul edilmiş ve farklı çentik uzunlukları dikkate alınmıştır. Problemin bir kenarı tutulu olarak kabul edilmiş ve diğer kenara yayılı kuvvet uygulanmıştır. Çözümü yapılan problemin geometrik modeli ve sınır şartları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Problemin (a) Geometrik Özellikleri (t=2) (b) Sınır Şartları

Problemdede $g = 1, 2, 5, 10, 20$ ve 50 alınarak altı çatlak mesafesinin gerilme şiddet faktörüne etkisi incelenmiştir. Ayrıca, $a = 1, 2$ ve 5 üç değişik çatlak boyu ile $w = 0, 1, 2,5, 5$ ve 10 olmak üzere dört değişik çentik uzunluğu dikkate alınmıştır.

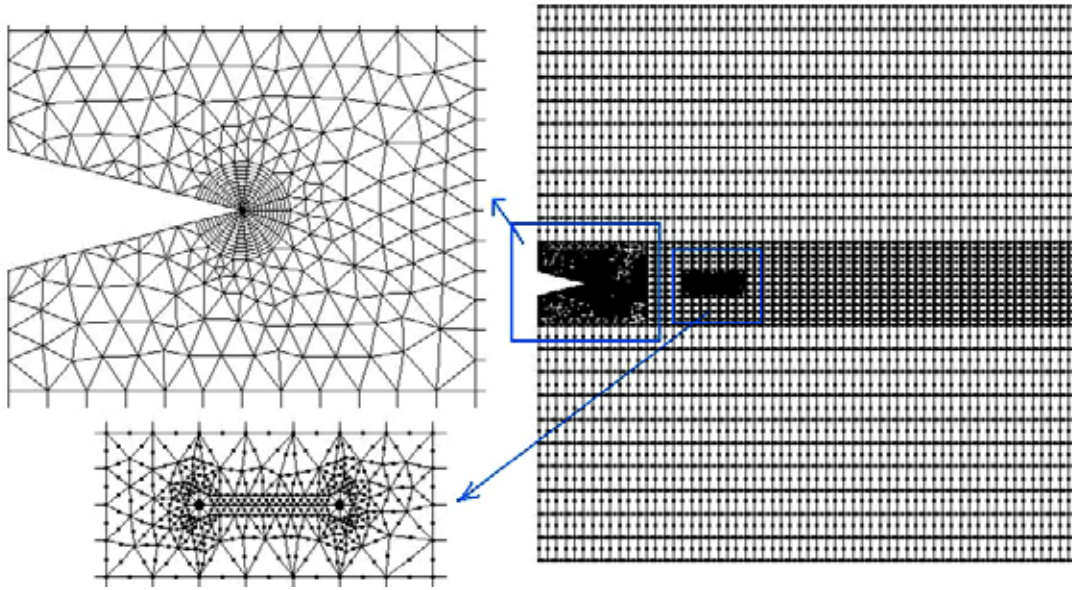
2.2 Yöntem

Problemin çözümünde kullanılan sonlu elemanlar metodu bir nümerik yaklaşımdır ve sonuçların gerçek çözümle uygunluğu problem için belirlenen sınır şartlarına, optimum eleman sayısına ve modelin

doğruluğuna bağlıdır [2]. Problemin çözümünde lineer elastik analiz yapabilen Franc2DL sonlu elemanlar programı kullanılmıştır. Çentikli ve çatlaklı plaka numune için çentik ucu daha yoğun sekiz düğümlü elemanlara bölünmüştür. Arayer çatlak ucu koordinatlarının programda girilmesi ile program otomatik olarak altı düğümlü üçgen elemanlara bölmektedir. Bu şekilde yoğun elemanlar elde edilen sonuçların gerçeğe daha yakın olmasını sağlamaktadır.

2.3 Problemin Sonlu Elemanlar Modeli

Problemin sonlu elemanlar modeli Şekil 2’ de gösterilmiştir. Problemden, üçgen ve dörtgen olmak üzere izoparametrik elemanlar kullanılmıştır. Sonlu elemanlar metodu ile bir problemin çözümünde ağ yapısı gibi özellikle düğüm ve eleman sayıları çok önemlidir. Yüksek sayıdaki düğüm sayısı alınan sonuçların doğruluğunu artırmakta ancak çözüm süresini uzatmaktadır. Bunu nedenle, problem çözümünde optimum düğüm sayısının belirlenmesi gerekir [7]. Çentik ucu çevresi ve çatlak uçları üçgen, diğer kısımlarda ise dörtgen eleman kullanılmıştır. Problemden 6985 Düğüm ve 2382 eleman kullanılmıştır.



Şekil 2. Problemin Sonlu Elemanlar Modeli ve Plakanın Mesh Yapısı.

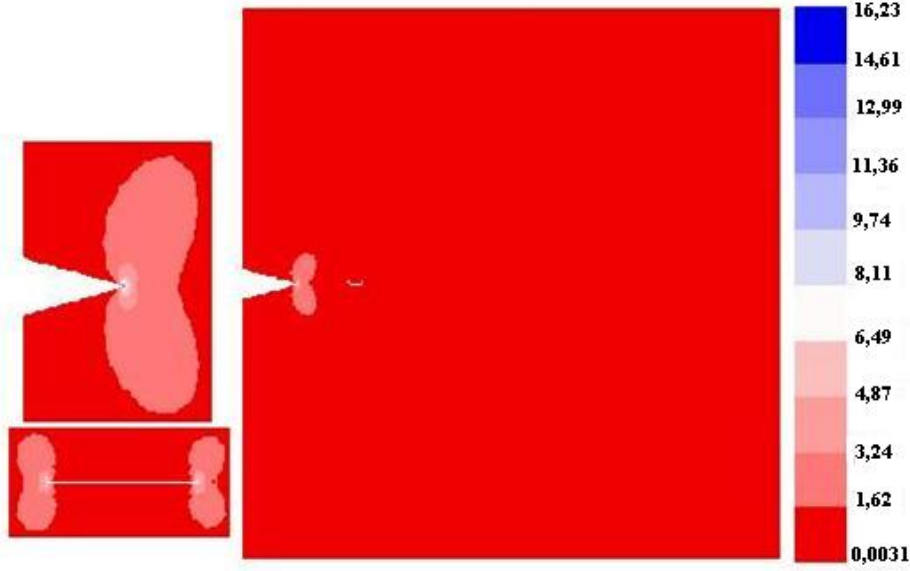
3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1 Gerilme Analizi

Problemin çözümü sonucunda plakada oluşturulan çentik ucundaki ve arayer çatlak uç noktalarında gerilme dağılımı elde edilmiştir. Meydana gelen maksimum gerilmeler Von-Mises akma gerilimi kriterine göre araştırılmıştır.

$w=10$, $a=2$ ve $g=10$ durumu için sonlu elemanlar metodu ile iki boyutlu ve düzlemsel gerilme probleminin çözümü sonucunda plakada oluşan gerilme dağılımı Şekil 3’ de gösterilmiştir.

Gerilme analizi sonucu, maksimum Von-Mises gerilmeleri çentik ucu bölgesinde oluşmuştur. Çatlak ucu bölgesindeki gerilmeler çentik ucuna nispeten düşük çıkmıştır. Plakanın çentik ve çatlak bölgesi dışındaki kısımlarında gerilme değeri sabittir.



Şekil 3. Plakanın Eşdeğer Gerilme Dağılımı (σ_{VM}/σ).
($w=10$, $g=10$ ve $a=2$)

3.2 Kırılma Analizi

Çatlak boyundaki artış ile birlikte K_I ve K_{II} gerilme şiddeti faktörleri de değişmektedir. K_I , çatlak boyunun artışı ile artarken K_{II} , çatlağın ilerleme doğrultusuna göre negatif veya pozitif değerler almaktadır [4].

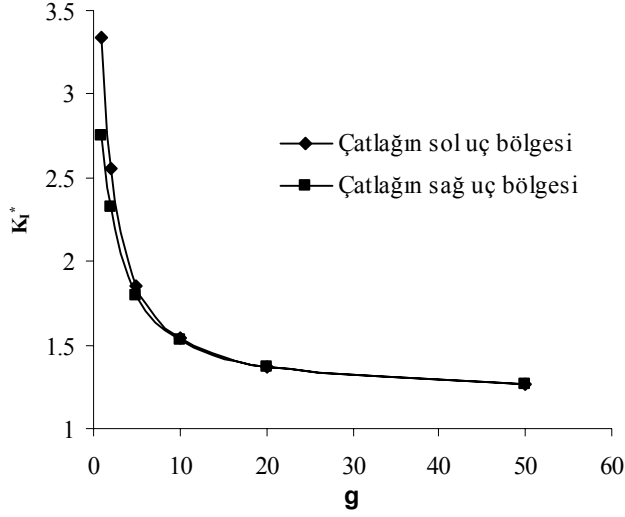
Gerilme şiddeti faktörünün hesaplanmasında kullanılan düğüm deplasman metodu sonlu elemanlar ve sınır elemanları gibi nümerik çözümlerde oldukça uygun bir metottür [8]

İki boyutlu ve düzlem gerilim problemin ilk olarak çentik boyu 10, çatlak boyu 2 alınarak $g = 1, 2, 5, 10, 20$ ve 50 mesafedeki çözümleri yapılmıştır. Problemin çözümü sonucunda çatlak ucu noktalarının K_I ve K_{II} gerilme şiddet faktörleri hesaplanmıştır. Bu faktör;

$$K_I^* = \frac{K_I}{\sigma\sqrt{a}} \quad (1)$$

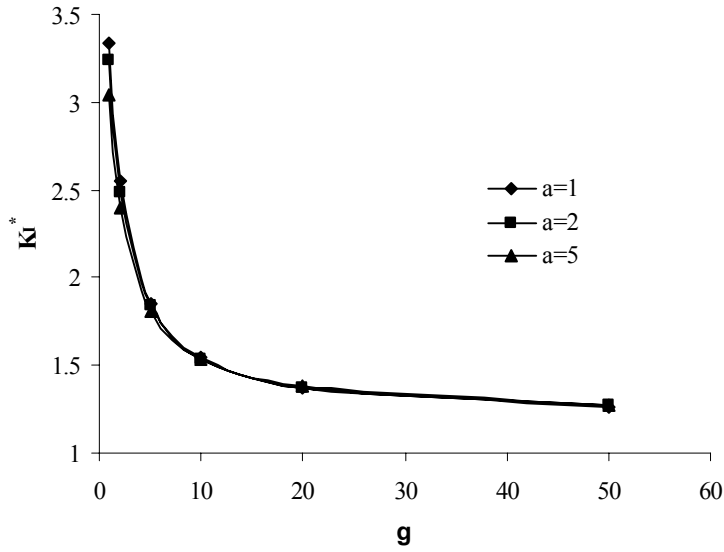
ile boyutsuzlaştırılmıştır.

Kırılma analizi sonucu, $w=10$ ve $a=1$ durumu için çatlağın sol ve sağ uç bölgeleri için gerilim şiddet faktörü değerinin çatlak mesafesinin etkisi görülmektedir. Çatlak ve çentik ucu arasındaki mesafenin artması ile gerilim şiddet faktörü de artış göstermiştir. Çatlak mesafesinin artması ve çatlak uzunluğunun azalması ile çatlağın sol ve sağ uçları arasındaki gerilim şiddet faktörü farkı azalmıştır. Çözümler sonucunda beklendiği gibi çatlağın sağ uç bölgesinin gerilim şiddet faktörü değeri çatlağın sol uç bölgesine nazaran daha düşük değerde olduğu gözlemlenmiştir.



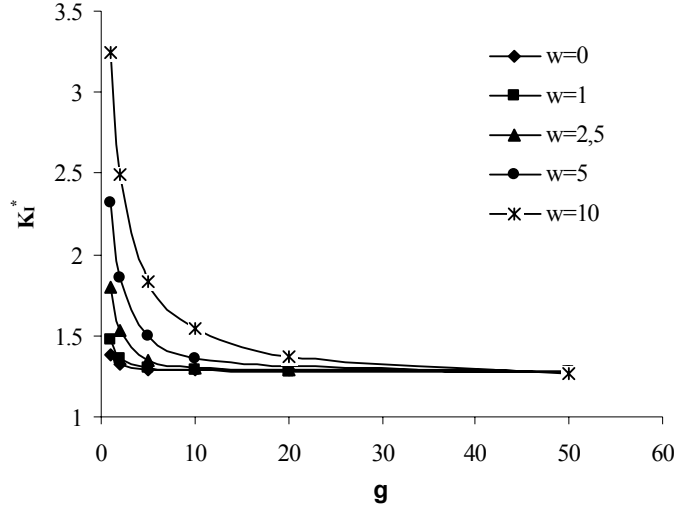
Şekil 4. Çentik ve Çatlak Ucu Arasındaki Mesafenin Gerilim Şiddet Faktörüne Etkisi (w=10, a=1)

Şekil 5' de verilmiş grafikte w=10 durumundaki problemde çatlak boyunun gerilim şiddeti faktörüne etkisi incelenmiştir. Problemin çözümü sonucunda en yüksek gerilim şiddet faktörü değerini a=5 durumu vermiştir. Aynı zamanda çatlak boyunun küçülmesi ile gerilim şiddet faktörü değerinde azalma gözlemlenmiştir.



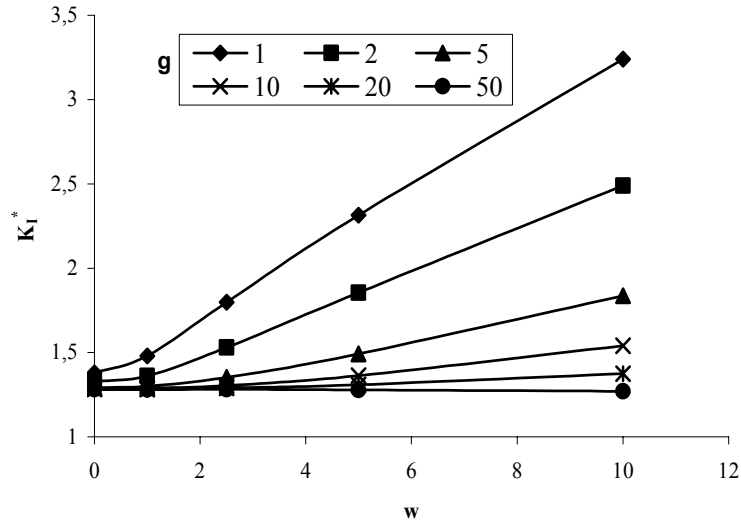
Şekil 5. Çentik ve Çatlak Ucu Arasındaki Mesafenin Gerilim Şiddet Faktörüne Etkisi. (w=10, a=1, 2 ve 5)

a=2 ve w=0, 1, 2,5, 5 ve 10 durumları için probleminin çözümünde çentik boyunun artması çatlak ucu bölgelerinin gerilim şiddet faktörünün artmasına neden olmuştur.



Şekil 6. Çentik ve Çatlak Ucu Arasındaki Mesafenin Gerilim Şiddet Faktörüne Etkisi
($a=2$, $w=0, 1, 2,5, 5$ ve 10)

Şekil 7' de verilmiş olan grafikte çentik boyunun artması ve çatlak ucu mesafenin azalması şartı için en yüksek gerilim şiddet faktörü $g=1$ durumunda gözlemlenmiştir.



Şekil 7. Çentik Uzunluğunun Gerilim Şiddet Faktörüne Etkisi.
($a=2$, $g=1, 2, 5, 10, 20$ ve 50)

3. SONUÇ

Bu çalışmada, problem sonlu elemanlar metodunda iki boyutlu ve düzlem gerilme olarak tanımlanarak hesaplamalar yapılmıştır. Problemden çentik buyutunun, çatlak buyutunun ve çentik ucu ile çatlak ucu arası mesafenin gerilim şiddet faktörüne etkisi incelenmiştir.

İki boyutlu düzlemsel gerilme analizi sonucu, maksimum Von-Mises Gerilim değeri çentik ucu bölgelerde oluşmuştur. Plakanın çentik ve çatlak bölgesi dışındaki kısımlarında gerilme değerlerinin sabit olduğu gözlemlenmiştir.

Kırılma analizi sonucu, çentik buyutunun sabit kalması ve çatlak boyunun azalması şartı için K_I^* değeri artmıştır. Çentik ucu ve çatlak ucu arası mesafenin azalması durumunda K_I^* değerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Çatlak mesafesinin artması ve çatlak uzunluğunun azalması ile çatlağın sol ve sağ uçları arasındaki gerilim şiddet faktörü farkı azalmıştır.

Çatlak boyunun sabit, çentik boyunun değişken olarak alındığı durum için çentik boyutunun artması ile K_I^* değeri büyümüştür.

4. REFERANSLAR

1. Kara R., “Tane Boyutunun HMK Kafesli Metallerin Temel Mekanik Özelliklerine Etkisi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek Lisans Tezi, 2005
2. Aslantaş K., Taşgetiren S., “Bir Yüzey Altı Çatlağının Yayılma Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi”, Turkish J. Eng. Env. Sci. 26 , 137-145, 2002.
3. Butterwork J., “Finite Element Analysis of Structural Steelwork Beam to Column Bolted Connection”, PhD Research Report, School of Science and Technology, University of Teeside, U.K.
4. Taşgetiren S., Aslantaş K., Çakmakkaya M., “Difüzyon kaynağı ile birleştirilmiş bakır ve çelik levhalarda birleşme hatasının kırılma mekaniği ile analizi”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1, 9-16, 2004.
5. Sukumar N., Srolovitz D. J., “Finite Element-Based Model for Crack Propagation in Polycrystalline Materials”, Journal Computational and Applied Mathematics, 2004.
6. Kaya S., Doğan B., Uyaner M., “Delikli İzotropik Levhalarda Termal Gerilme Analizi”, DEÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 4/1, 63-69, 2002
7. Ucuñ İ., Talaş Ş., Taşgetiren S., “Farklı Kalınlıktaki Parçaların Alın Kaynağında Geçiş Bölgesinin Gerilme Yığılımlarına Etkisi”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2, 51-61, 2005.
8. Aslantaş, K., Taşgetiren, S., “Analysis of Propagation Behaviour of a Subsurface Crack by Using Finite Element Method”, Tubitak, Journal of Engineering and Environmental Science, 26, ss.137-145, 2002