**دراسة الاجهادات حول الثقب المضلع**

**باستخدام طريقة المرونة الضوئية وطريقة العناصر المحددة**

**السيد ثائر غضبان شعلان / مدرس مساعد**

**المعهد التقني بعقوبة / قسم الميكانيك**

**الخلاصة**

يهدف البحث الى دراسة تاثيرات ممركزات الاجهاد الناتجة من وجود ثقب مربع الشكل في صفيحة محملة محوريا" باجهاد شدي, كما ويهدف البحث ايضا الى دراسة تأثير زاوية دوران محاور الثقب المربع (60˚,45˚,30˚,10˚) مع محور التحميل على سلوكية مركز الاجهاد لصفيحة محملة محوريا" أيضا باجهاد شدي، باستخدام كل تقنية العناصر المحددة (FEM) وتقنية المرونة الضوئية، في البداية أوضحت نتائج البحث تركز الاجهادات عند حواف الثقب المربع الموجود عند منتصف الشريحة, وكذلك تركزها عند منتصف الحافتين الموازية لاتجاه التحميل ولكن بشدة اقل. من ناحية اخرى اوضحت نتائج البحث ارتفاع قيم الاجهاد المتركزة عند حواف الثقب المربع عند دوران محاور الثقب المربع بزاوية ˚ 10 أو˚ 30 باتجاه معاكس لعقرب الساعة, ولحد زاوية ˚ 45 حيث تبلغ قيم الاجهاد المتركزة ذروتها خصوصا" للحواف العمودية على اتجاه التحميل, في حين تنخفض قيم الاجهادات المتركزة عند حواف الثقب عند زيادة دوران محاور الثقب بعد الزاوية 45 ولحد الزاوية ˚90.

**Study The Stresses Around Square Hole By Using Photoelasticity And Finite Elements Method.**

**Thaer Gadban Shaalan / Assistant Lecturer.**

**Technical Institute- Baqubah**

**ABSTRACT**

Forming dies made of hard materials normally carry different configuration of stress concentrators. Die failure during service as well as during Heat treatment is known to be associated with stress concentrators. This paper is concerned particularly with square hole in an Finite plate 'subjected to uniaxial tensile loading. The angle of rotation of the square with respect to the loading axis is considered. Results have indicated that stress concentration occur primarily at the coiners and lower intensity occur at middle of sides which are parallel to the loading axis. When stress around the square is determined it is found that it's magnitude decreases when moving away from corners. It is also found that stress concentration is intensified at the corner when the axis of the square are rotated in the counter clockwise direction through 45, then after stress or -eases with rotation angle until 90. Accordingly stress concentration is found higher at mid-side. When the square is rotated the location of maximum stress moves from the corner along the sides towards the intersecting point of 'the side with the coordinate axis, nearest to the comer. However when rotation through 45 maximum stress evidently occur at the comers since they correspond the intersecting points.

**المقدمة Introduction**

ان ظاهرة زيادة الاجهاد الحادة في الأماكن التي يتغير فيها شكل المقطع الهندسي بشدة تسمى بـ تركيز الأجهاد(Stress Concentration) ويتم تحديد الاجهاد في اماكن التركيز بطرق تجريبية مثل المرونة الضوئية، ويمكن القول بأن تركيز الاجهاد تعتبر حرجة لعمر الاجزاء الهندسية وأن حدوث الفشل للقطع الميكانيكية يكون اكثر احتمالا" بل وربما ثابت لهذه المواقع, حيث تعتبر الثقوب بمثابة ممركزات اجهاد في أي نوع من أشكال التحميل ويغض النظر عن شكل هذه الثقوب [1,2,3] ففي دراسة حول تركيز الاجهادات حول ثقب مستطيل, حوافه القائمة بأنصاف أقطار معينة داخل شريحة معرضة الى اجهاد شد, وجد ارتفاع معامل تركيز الاجهاد مع زيادة نسبة طول الثقب المستطيل الى عرضه خصوصا" اذا كان اتجاه التحميل عمودي على طول الضلع الأكبر منه, وأن معامل تركيز الاجهاد ينخفض مع زيادة نصف قطر الحافة القائمة للثقب [4] ، وفي دراسة اخرى تناولت تأثير زاوية ميل الثقب الدائري على تعامدية (Perpendicular) سطح شريحة معرضة لاجهاد شدي على معامل تركيز الاجهاد، حيث اوضحت النتائج ارتفاع معامل تركيز الأجهاد مع زيادة قيمة الزاوية. قد يرجع السبب في ذلك الى تكون نقاط تركيز اجهاد جديدة بالاضافة الى السابقة الناتجة من تعمد محور الثقب مع السطح [4,5] أن اكثر انواع تركيزات الاجهاد شيوعا" هو ما يحدث عند التغيرات المفاجئة في المقاطع الهندسية حيث ان الانتقالية من قياس الى اخر خلال تقاطع بزاوية (˚90) يعتبر تصميم حرج وذلك لان تركيزات الاجهاد المرافقة مع الزاوية الحادة تزداد عن الحد المقرر, لذا فأن التصميم الأمثل يستخدم أبر نصف قطر بين المقطعين من اجل جعل معامل تركيز الاجهاد اقل ما يمكن [6,7,8].

**الجانب العلمي Experimental Procedure**

تناول البحث محورين أساسين الأول دراسة ممركزات الاجهاد الناتجة من وجود ثقب مربع الشكل داخل صفيحة محملة محوريا" باجهاد شدي والثاني دراسة تأثير زاوية دوران محاور الثقب (˚60،45,˚30,˚10) مع محور التحميل على سلوكية ممركز الاجهاد لصفيحة ايضا" محملة محوريا"بأجهاد شدي باستخدام كل من تقنية العناصر المحددة(FEM) والمرونة الضوئية (photeclasticity)،حيث في البداية يتم حساب قيم الاجهادات المتركزة عند حواف الثقب المربع نظريا" باستخدام تقنية الـ (Isochromatic). أن أحد جوانب الصعوبة في ايجاد الحل عند استخدام تقنية (FEM) يأتي من التعقيد الناتج عن عدم استمرارية النهايات أو التحميل الغير منتظم عند تلك النهايات والتي من الصعوبة او من غير الممكن وصفها تحليليا"[9] وهذا فعلا ما واجهناه خلال هذه الدراسة, حيث انه في الحالة الاعتيادية للثقب المربع داخل الصفيحة بدون دوران محاوره مع اتجاه التحميل تم الاستفادة من حالة التناظر من خلال اخذ ربع شريحة, حيث يمكن الاستفادة من حالة التناظر الهندسي للنموذج [10] لأنها مطلوبة للتأكد من أن الجزء المختزل من النموذج هو في حالة التحميل بالشد لغرض تقليل توسيع نماذج العناصر المحدد،كما موضح بالشكل (1).



**شكل (1) شبكات توزيع العناصر لشريحة محملة محوريا بإجهاد شد تتضمن على ثقب مركزي مربع الشكل باختلاف زاوية دوران محاور الثقب مع اتجاه التحميل**.

أما بخصوص المرونة الضوئية فقد استخدمت هذه التقنية لغرض توضيح تغيرات الإجهاد خلال النموذج ومن ثم حساب قيم الاجهادات المتركزة عند حواف الثقب المربع بجميع حالاته من خلال المعادلة التالية



حيث ان

Kt = معامل تركيز الإجهاد

 w = عرضا لصفيحة

 a = عرض الثقب مقاسا" بأتجاه عمودي على محور التحميل

 Nmax = عدد الأهداب

P = الحمل المسلط

f0 = ثابت الإجهاد آلهدب

**النتائج والمناقشة Results and Discussion**

**-1 ممركزات الأجهاد حول الثقب الربع**

ان تقنية العناصر المحددة هي تقنية عددية يتم من خلالها تمثيل الجزء بشكل مصفوفة حيث ان ذلك يكون مناسب للحل عن طريق الحاسة الرقمية بحيث تمثل منطقة الحل مجموعة من الشرائح المحددة (Finite Element) وان التمثيل يصبح بمثابة تجمع لعدد من الشرائح(Elements) وقد وجد من خلال النتائج المستحصلة من هذه التقنية تركيز الاجهادات عند حواف الثقب المربع وارتفاع قيم هذه الاجهادات عند تلك الحواف بالاضافة الى تركيز الاجهادات ولكن بشكل اقل عند منتصف حواف الثقب الموازية لمحور التحميل وهذا ما أثبتته تقنية المرونة الضوئية من خلال صور الايسوكرومات, ومن ناحية اخرى اوضحت النتائج انخفاض قيم الاجهادات المتركزة حول الثقب ملما ابتعدنا عن الثقب باتجاه حافة الشريحة كما هو موضح بالشكل (A).



**شكل (A) العلاقة بين اقص إجهاد قص والمسافة (Y)**

 ومن ناحية اخرى يوضح الشكل (B) ارتفاع قيم الاجهادات المتركزة عند حواف الثقب كلما اقتربنا من حافة الثقب, حيث ان الشكل (B) يوضح العلاقة بين قيم الاجهاد والمسافة الممتدة من منتصف الحافة العليا للثقب الى الحافة الاخرى باتجاه المحور (X).

**شكل (B) العلاقة بين اقص إجهاد قص والمسافة (X)**

أما الشكل (C) فيوضح العلاقة بين الاجهاد والمسافة (y) الممتدة من منتصف حافة الثقب العمودية على محور التحميل الى حافة الثقب العليا العمودية عليهما باتجاه الأعلى من خلال ما سبق ذكره يمكن القول بان الاجهادات تتركز عند نقاط التقاء الحواف بشكل كبير وتنخفض قيم هذه الاجهادات كلما ابتعدنا عن هذه المواقع.



**شكل (C) العلاقة بين اقص إجهاد قص والمسافة (Y)**

 **-2تأثير زاوية دوران محاور الثقب على ممركز الإجهاد**

ان الشروط الحدية (Boundary Condition) تعتبر مفتاح الحل للوصول الى النتائج المطلوبة والدقيقة في تقنية الــ (FEM) لذلك يجب ان يكون اختيار هذه الشروط دقيقا" من حيث توزيع القوى المؤثرة ونقاط الارتكاز او التحديد والا فسوف تكون هناك نتائج غير دقيقة [11] ، لهذا فان دوران محاور الثقب المربع بالنسبة الى محور التحميل تجعل من التحميل غير منتظم عند حواف الثقب وبالتالي لايمكن الاستفادة من مبدأ التناظر في هذه الحالة وانما يؤخذ النموذج الذي يتضمن الثقب عند المنتصف بأكمله، ومن خلال نتائج هذه التقنية وجد زيادة قيم الاجهادات المتركزة عند حافة الثقب القرية من محور الثقب, العمودي على اتجاه التحميل عند دوران محاور الثقب المربع بعكس عقرب الساعة, وتصبح قيم هذه الاجهادات المتركزة عند الزاوية (˚45) أعظم ما يمكن، أي عندما تكون إحدى حافتي الثقب المربع منطبقة تماما" على المحور (محور الثقب) العمودي على اتجاه التحميل، ولكن سرعان ما تنخفض قيم هذه الاجهادات عند زيادة الزاوية اكثر من القيمة(˚45). وهذا ما تؤكده تقنية المرونة الضوئية من خلال صور الايسوكرومات الموضحة في الشكل (2) والتي من خلالها تم حساب قيم معامل تركيز الاجهاد عند كل حافة من حواف الثقب المربع بكل زاوية دوران، نستنتج مما سبق ذكره بأن عند دوران الثقب المربع بالنسبة الى محور التحميل فان قيم الاجهادات المتمركزة تكون عند الحواف القريبة من محمر الثقب العمودي على اتجاه التحميل.

**شكل (2) صور فوتوغرافية توضح توزيع الأهداب لشريحة محملة محوريا بإجهاد شد تتضمن على ثقب مركزي مربع الشكل باختلاف زاوية دوران محاور الثقب مع اتجاه التحميل.**



**الاستنتاجات Conclusions**

تتركز الاجهادات عند حواف الثقب المربع الموجود عند منتصف شريحة محملة محوريا" باجهاد شدي, كما وتتركز قيم الاجهادات عند منتصف الحواف ولكن بشدة اقل.

تنخفض قيم الاجهادات المتركزة كلما ابتعدنا عن حواف الثقب باتجاه اطراف الشريحة. في حين تثبت قيم الاجهادات عند حواف الشريحة؟

تزداد قيم الاجهادات المتركزة عند حواف الثقب المربع عند دوران زاوية محاور الثقب بالنسبة الى التحميل خصوصا" الحواف القريبة من المحور (محور الثقب) العمودي على اتجاه التحميل حيث تبلغ أقصى قيمة عند زاوية (˚45).

**المصادر**

1. R. G. Belie and F. J. Appi, "Stress Concentrations in Tensile Strips With

 Large Circular Hoics", Experimental Mechanics, April 1972, P. 190.

2. P. E. Van Ricsen and R.M.E.J. Spicring, "Investigation of Stress -

Concentration Factor in Tensile Strips, Experimental Mechanics, March, 1975, p. 111.

3. George E. Dieter, "Mechanical Metallurgy" 2\*\* edition, McGraw-Hill series

in Materials Science and Engineering, 1976.

R. E. Peterson, "Stress Concentration Factors", John Wiley and Sons, Inc. 1974.

Joseph II. Faupcl and Franklin E. Fisher, "Engineering Design", 2"d-dition

Jolin Wiley and Sons, Inc., 1981.

6. E. J. Hcarn, "Mechanics of Materials", 2 edition. Pray lan Press

 Ltd., Hcadington Hill Hall, Oxford Ox3 OBW, England 1985.

7. Brehbia C. A. and Connor I. J., "Fundamentals of Finite Element Techniques

for Structural Engineers", Butterworth's, 1973.

8. A. W. Hendry, "Elements of Experimental Stress Analysis", SI edition,
Bergman Press Ltd. 1977.

9. Noboru Kikuchi, "Finite Element Methods in Mechanics", Cambridge

University Press 1986.

10. S. S. Roa, "The Finite Elements Method in Engineering, edition, Bergman

Oxford, 1989.

11. Frank L. Stasa, "Applied Finite Element Analysis for Engineers'", 1985.