Using the PSO Algorithm to Study the Effect of Shear Stress on an I-shaped Section on Von Meses Stress

Dr. Ayman Youssef*
Dr. Hatem Mahmoudi**
Ayham dwai***

(Received 28 / 9 / 2023. Accepted 2 / 6 / 2024)

□ ABSTRACT □

In this research, a section in the form of the letter I of one length, made of steel alloy st 37-2, loaded of [1] KN, and the Von Mises stress generated in the section under the influence of this load was studied. Then the PSO algorithm was used to obtain the optimal dimensions of the studied section that achieve the lowest possible shear stress under the influence of the same load, the inverter program was used to verify the results and determine the value of the von Mises stress for the resulting section.

Keywords: PSO , invertor , von meses stress.

* **Professor, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
*** **Professor, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
***** PhD. Student , Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. ayham.dwai@tishreen.edu**

استخدام خوارزمية أسراب الطيور PSO لدراسة تأثير إجهاد القص الذي يتعرض له مقطع على شكل حرف I على إجهاد فون ميسيس von meses stress

د. ايمن يوسف*

د. حاتم محمودي**

ايهم دواي***

(تاريخ الإيداع 28 / 9 / 2023. قُبِل للنشر في 2/ 6 / 2024)

□ ملخّص □

تم في هذا البحث أخذ مقطع على شكل حرف I طوله واحدة الطول مصنوع من سبيكة الفولاذ st 37-2 ومن ثم تعريضه لحمل قيمته [1] KN ودراسة اجهاد فون ميسيس المتولد في المقطع تحت تأثير هذه الحمولة ، تم بعد ذلك استخدام خوارزمية أسراب الطيور للحصول على الأبعاد المثلى للمقطع المدروس التي تحقق أقل إجهاد قص ممكن تحت تأثير الحمولة ذاتها ، تم استخدام برنامج الانفيرتر للتحقق من النتائج وتحديد قيمة إجهاد فون ميسيس للمقطع الناتج .

الكلمات المفتاحية : خوارزمية أسراب الطيور ، انفيرتر ، إجهاد فون ميسيس .

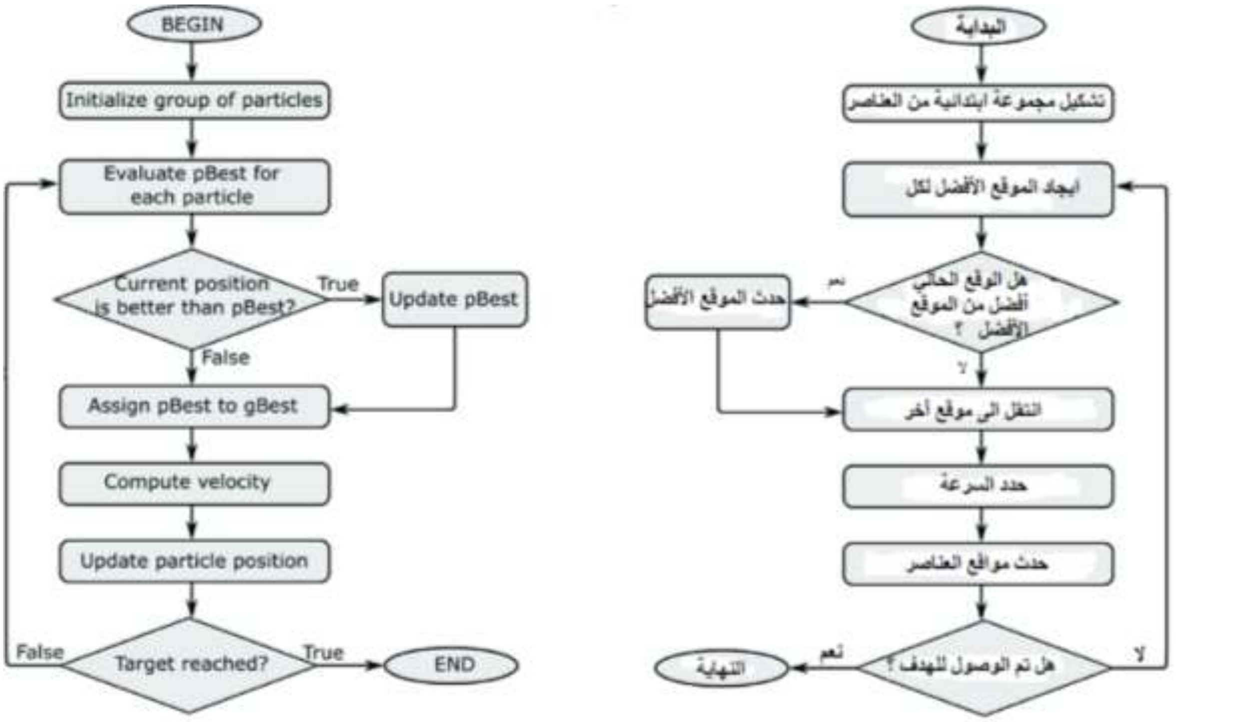
* أستاذ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

** أستاذ، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.

*** طالب دكتوراه – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين – اللاذقية- سورية.ayham.dwai@tishreen.edu

مقدمة:

خوارزمية pso بدأ العمل بها لأول مرة سنة 1995 من قبل العالمين كينيدي (عالم نفس اجتماعي) وابرهارت (مهندس كهربائي) ، وكانت هذه الخوارزمية مستوحاة من سلوك أسراب الطيور والأسماك ، حيث يتغير موقع كل عنصر من مجموعة من العناصر بشكل مستمر حتى الوصول إلى الموقع الأمثل الذي يمثل الحل الأمثل .



المخطط الصندوقي لخوارزمية أسراب الطيور [1]

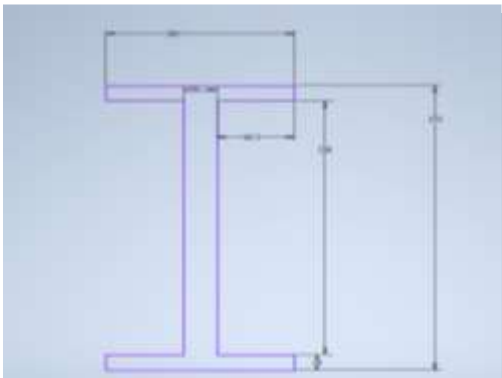
الفكرة التي تم بناء الخوارزمية على أساسها هي كيفية بحث الطيور عن الطعام في منطقة تم نثر الطعام ضمنها ، دون أن تعلم الطيور مسبقا أماكن توضع الطعام ، حيث تنتشر الطيور للبحث عن الطعام في كامل المنطقة للبحث عن الطعام ومن ثم تخبر بعضها البعض عن أماكن تواجد الطعام .وهذا ماتفعله الخوارزمية تماما ، حيث يدعى كل عنصر في الخوارزمية particle كل عنصر له قيمة ملاءمة fitness value تحدد هذه القيمة بالاعتماد على تابع الملاءمة fitness function ، وهو التابع الذي يحدد مدى ملاءمة موقع العنصر نسبة الى مواقع العناصر الأخرى (مثلا كمية الطعام الموجودة في هذا الموقع أكبر من مثيلاتها في المواقع الأخرى) ، وتمتلك جميع العناصر سرعات تقودها في رحلة البحث عن الحل الأمثل (الطعام) ، أفضل قيمة ملاءمة للعنصر تسمىcost particle best أما أفضل قيمة ملاءمة ضمن مجموعة العناصر فتسمى globale best cost أما أفضل موقع يشغله العنصر نسبة إلى بقية العناصر فيسمى position particle best .

كانت الأفكار الأولية حول أسراب الطيور لكينيدي وإبيرهارت تهدف أساسًا إلى إنتاج ذكاء حسابي من خلال استغلال نظائرها البسيطة للتفاعل الاجتماعي ، بدلاً من القدرات الفردية البحتة. حيث يتم وضع عدد من العناصر – الجسيمات – في مساحة البحث لبعض المشكلات أو الوظائف ، ويقوم كل منها بتقييم الوظيفة الموضوعية في موقعها الحالي ، ثم يحدد كل جسيم حركته عبر مساحة البحث عن طريق الجمع بين تاريخ مواقعه الحالية مع أفضل (أفضل لياقة) بين

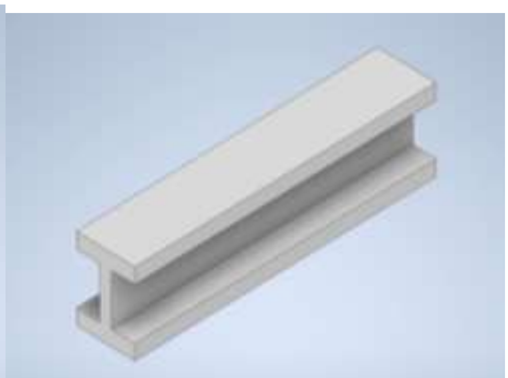
تلك الخاصة بعضو واحد أو أكثر من السرب ، مع بعض الاضطرابات العشوائية. يحدث التكرار التالي بعد نقل جميع الجسيمات. في نهاية المطاف ، من المرجح أن يتحرك السرب ككل ، مثل قطيع الطيور الذي يبحث بشكل جماعي عن الطعام ، بالقرب من وظيفة اللياقة المثلى. [1][2]

طرائق البحث ومواده :

تم في هذا البحث أخذ مقطع على شكل حرف I مصنوع من سبيكة الفولاذ st 37−2 كما هو موضح بالشكل (1) أبعاده موضحة في الشكل (2) حيث أن طول المقطع هو واحدة الطول [1 m] ومساحته [19550 mm^2]وأبعاده : d = 330 , D = 370 , b = 35 , B = 200 .

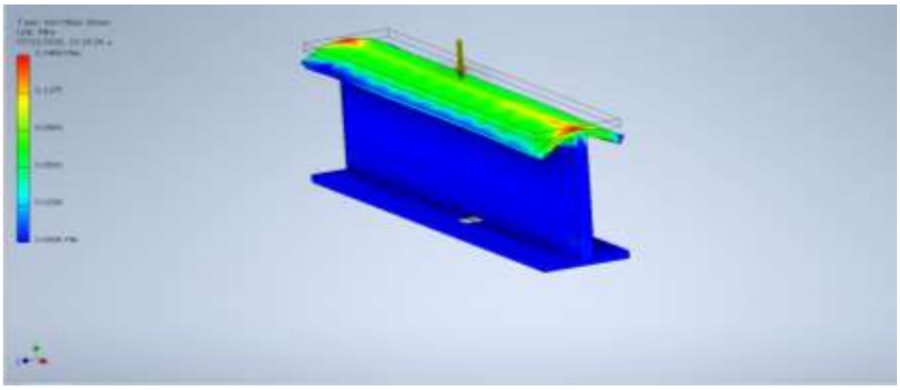


الشكل(2) أبعاد المقطع المدروس



الشكل (1) شكل المقطع المدروس

قمنا بتعريض المقطع لحمولة شاقولية قدرها(1 KN) وقمنا بإجراء محاكاة لتحديد قيمة الإجهادات المتشكلة في المقطع تحت تأثير هذه الحمولة باستخدام برنامج التصميم الهندسي Autodesk inventor فكانت قيمة إجهاد فون ميسيس von meses stress الناتجة (0.1468 MPa) كما هو موضح في الشكل(3)



الشكل (3)الإجهادات الناتجة عن تطبيق حمولة 1 KN على المقطع المدروس

أهمية البحث وأهدافه :

يهدف البحث إلى دراسة تأثير قيمة إجهاد القص على القيمة الأعظمية لإجهاد von meses في المقطع المدروس ، وذلك باستخدام خوارزمية التصميم الأمثل (PSO (partical swarm optimization ، وذلك من خلال تحديد مساحة المقطع الأعظمية للمقطع المدروس، و تحديد الأبعاد التي تكون عندها قيمة إجهاد القص الناتج عن تطبيق

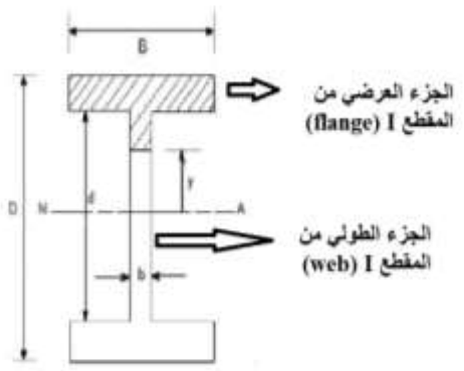
الحمولة أقل ما يمكن ، ومن ثم حساب قيمة إجهاد فون ميسيس von meses stress ومقارنة النتائج لدراسة تأثير إجهاد القص على قيمة إجهاد فون ميسيس von meses stress في الحالة المدروسة .

حساب إجهاد القص للمقطع (I) : [3]

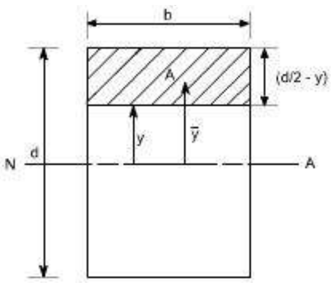
لحساب إجهاد القص نقوم بتقسيم المقطع I إلى جزئين :

الجزء العرضي (flange)

الجزء الطولي (Web)



مساحة الجزء العرضي من مقطع I (flange)



$$A = B\left(\frac{D-d}{2}\right) \qquad \{1\}$$

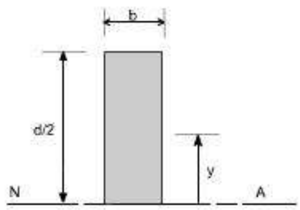
بعد مركز الجزء العرضي من مقطع I عن المحور N _A

$$\bar{y} = \frac{1}{2}\left(\frac{D-d}{2}\right) + \frac{d}{2} \qquad \{2\}$$

$$\bar{y} = \left(\frac{D+d}{4}\right)$$

$$(A\bar{y})_{\text{flange}} = B\left(\frac{D-d}{2}\right)\left(\frac{D+d}{4}\right) \qquad \{3\}$$

مساحة الجزء الطولي من مقطع I (Web):



$$A = b\left(\frac{d}{2} - y\right) \qquad \{5\}$$

بعد مركز الجزء الطولي من مقطع I عن المحور N _A :

$$\bar{y} = \frac{1}{2}\left(\frac{d}{2} - y\right) + y \qquad \{6\}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{2}\left(\frac{d}{2} + y\right) \qquad \{7\}$$

$$(A\bar{y})_{\text{Web}} = b\left(\frac{d}{2} - y\right)\frac{1}{2}\left(\frac{d}{2} + y\right) \qquad \{8\}$$

$$(A\bar{y})_{\text{Total}} = B\left(\frac{D-d}{2}\right)\left(\frac{D+d}{4}\right) + b\left(\frac{d}{2} - y\right)\frac{1}{2}\left(\frac{d}{2} + y\right) \qquad \{9\}$$

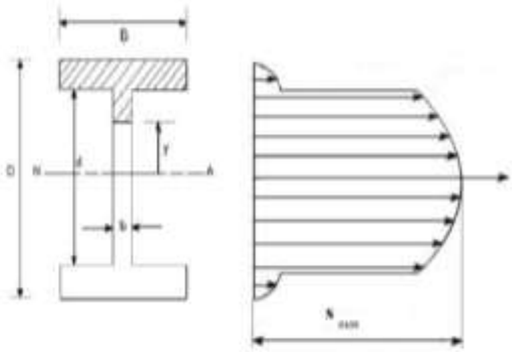
$$(A\bar{y})_{\text{Total}} = B\left(\frac{D^2-d^2}{8}\right) + \frac{b}{2}\left(\frac{d^2}{4} - y^2\right) \qquad \{10\}$$

وبذلك يكون إجهاد القص :

$$s = \frac{F}{bI}\left\{ B\left(\frac{D^2-d^2}{8}\right) + \frac{b}{2}\left(\frac{d^2}{4} - y^2\right) \right\} \qquad \{11\}$$

يكون إجهاد القص أعظميا عندما تكون y = 0 ، وعندها تعطى قيمة إجهاد القص الأعظمي بالعلاقة : [3]

$$s_{max} = \frac{F}{8bI}\,[B(D^2-d^2) + bd^2] \qquad \{12\}$$



وبذلك تكون دالة الهدف على الشكل التالي :

$$\frac{[B(D^2-d^2)+bd^2]}{8b\left[\frac{db^3}{12}+\frac{B}{12}\left(\frac{D-d}{2}\right)^4\right]\{13\}} = f$$

كتابة خوارزمية التصميم الأمثل pso :

قمنا بداية بتمثيل متغيرات القرار على النحو الآتي :

x(1)= D
x(2)= d
x(3)= B
x(4)= b

ثم قمنا بكتابة ملف معادلة الهدف و معادلات القيود ضمن بيئة الماتلاب كما يلي :

```
function z=ibeam(x)
 % objective function (minimization)
f=x(3)*(x(1)^2- x(2)^2)+x(4)*x(2)^2 /
(8*x(4)*((x(2)*x(4)^3)/12)+(x(3)/12)*((x(1)-x(2))/2)^4);
 % constraints (all constraints must be converted into
<=0 type)
% if there is no constraints then comments all c0 lines
below
  c0=[];
c0(1)=(x(1)-x(2))*x(3)+(x(2)*x(4))-19550;      % <=0 type
constraints
c0(2)= x(1)-300;
c0(3)= x(2)-170;
c0(4)= x(3)-200;
c0(5)= x(4)-40;
c0(6)= -x(1);
c0(7)= -x(2);
c0(8)= -x(3);
c0(9)= -x(4);
c0(10)=x(3)*(x(1)^2- x(2)^2)+x(4)*x(2)^2 /
(8*x(4)*((x(2)*x(4)^3)/12)+(x(3)/12)*((x(1)-x(2))/2)^4);
 % defining penalty for each constraint
for i=1:length(c0)
    if c0(i)>0
```

```
        c(i)=1;
    else
        c(i)=0;
    end
end
penalty=10000000;           % penalty on each constraint
violation
z=f+penalty*sum(c);     % fitness function
end
```

أما ملف الخوارزمية فيكون على الشكل الآتي:

```
clc
clear
close all
%%Problem definition
costfunction = @(X) ibeam(X);          %cost function
nvar= 4;                              %number of unknown (decision
variables)
varsize= [1 nvar];                      %Matrix size of decision
variables
varmin = 10;                            %lower bound of decision
variable
varmax =  200;                          %upper bound of decision
variable
% parameters of pso
maxIt = 1000;                          %Maximum number of iterations
npop = 50;                            %population size (swarm size )
w= 1;                                 %interia coefficient
wdamp = 0.99;             % Damping Ratio of Innertiacoefficient
C1 = 2;                   %personal Acceleration  coefficient
C2 = 2;                   %social acceleration coefficient
```

%%initialization

% the particle template

```
empty_particle.position =[];
empty_particle.velocity =[];
empty_particle.cost =[];
empty_particle.Best.position =[];
empty_particle.Best.cost =[];
%Greate population array
particle = repmat (empty_particle, npop, 1);
% Initialize global best
GlobalBest.cost=inf;
```

%%Initialize population members

```
for i=1:npop
%generate random solution
particle(i).position=unifrnd(varmin,varmax,varsize) ;
%initialize Velocity
```

```
particle(i).velocity=zeros(varsize);
%Evaluation
particle(i).cost = costfunction (particle(i).position) ;
%Update the personal Best
particle(i). Best. Position = particle(i).position;
particle(i). Best. cost = particle(i).cost;
%Update Global Best
if particle(i).Best.cost < GlobalBest.cost
GlobalBest = particle(i). Best;
end
end
% Arry to hold Best Cost Value on each Iteration
Bestcosts = zeros(maxIt, 1);
```

%%Main loop of pso

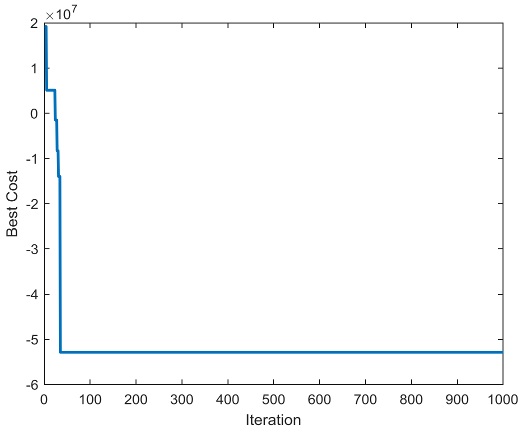
```
for it = 1:maxIt
% update Velocity
particle(i).velocity =w*particle(i).velocity...
+ C1*rand(varsize).* (particle(i).Best.Position -
particle(i).position)...
+ C2*rand(varsize).* (GlobalBest.Position - particle(i).position);
% update Position
particle(i).position = particle(i).position +
particle(i).velocity;
% Evaluation
particle(i).cost = costfunction(particle(i).position);
% update Personal Best
if particle(i).cost < particle(i).Best.cost
particle(i).Best.position = particle(i).position;
particle(i).Best.cost = particle(i).cost;
%update Global Best
if particle(i).Best.cost < GlobalBest .cost
GlobalBest  = particle(i).Best;
end
end
% store the Best Cost Value
Bestcosts(it)= GlobalBest.cost;
% Display iteration Information
disp (['Iteration ' num2str(it) ':Best Cost = '
num2str(Bestcosts(it))]);
% Damping Interia coefficient
w = w * wdamp ;
end
```

%%Results

```
figure;
plot(Bestcosts,'LineWidth', 2);
xlabel('Iteration'),
```

```
ylabel('Best Cost'),
```

عند تنفيذ الخوارزمية ينتج المخطط المبين بالشكل (4) والذي يبين قيمة إجهاد القص المقابل لكل مجموعة من قيم المتغيرات ، حيث نلاحظ من الشكل أن قيمة إجهاد القص تنخفض بشكل مستمر أثناء تنفيذ الخوارزمية حتى تصل إلى القيمة الأخفض التي تمثل القيمة المثلى للإجهاد ، وتمثل قيم المتغيرات المقابلة لهذه القيمة حل الخوارزمية الذي يشكل التصميم الأمثل للمقطع .

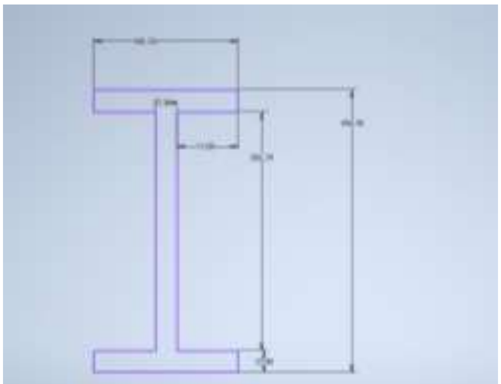


الشكل (4) العلاقة بين إجهاد القص ومتغرات القرار ضمن خط سير الخوارزمية

النتائج والمناقشة :

وفقا للخوارزمية التي تم بناؤها فإن القيم المثلى لمتغيرات القرار التي تحقق أفضل قيمة لمعادلة الهدف هي كالتالي :

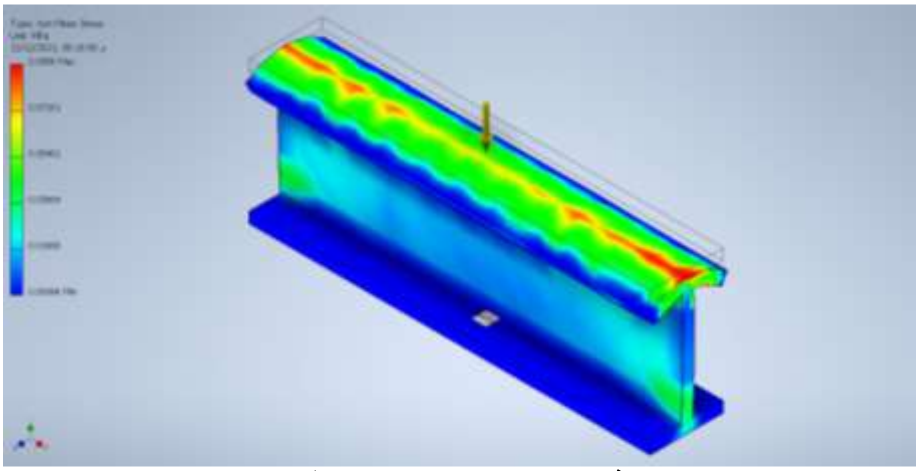
d = 301.79 , D = 356.78 , b = 27.36 , B = 181.52



(أبعاد المقطع الناتج5الشكل)

وبالتالي أصبحت مساحة المقطع الناتج [18238.67 mm^2]

تم تصميم عارضة مقطعها على شكل حرف I وفق الأبعاد المذكورة والموضحة في الشكل (5) وبطول [1 m] باستخدام برنامج التصميم الهندسي Autodesk inventor ، وتم تحميل العارضة بحمولة قدرها [1KN] ، وتمت محاكاة العملية لتحديد الإجهادات المتشكلة في العارضة الشكل (6) ، فكانت قيمة إجهاد فون ميسيس von meses stress الناتجة (0.0906 MPa) كما هو موضح في الشكل(6)



) حساب إجهاد فون ميسيس الناتج عن تحميل المقطع الناتج6الشكل (

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- بتحديد حجم العارضة التي مقطعها على شكل حرف I (من خلال تحديد مساحة مقطعها الأعظمية التي لايجب تجاوزها) ، وتغيير أبعاد مقطعها ،ومن ثم البحث عن التصميم الذي تكون فيه قيمة إجهاد القص الناتج عن التحميل أقل مايمكن ، تم تقليل إجهاد فون ميسيس von meses stress الناتجة عند نفس الحمولة لنسبة 61.71% من قيمته الأصلية، وهي نسبة كبيرة جدا .
- تم تقليل مساحة المقطع من [19550 mm^2]لتصبح [18238.67 mm^2]مما ينتج عنه توفير في كتلة المادة اللازمة لتصنيع المقطورات .
- أثبتت خوارزمية التصميم الأمثل PSO فعالية عالية في البحث عن الأبعاد المثلى لمقطع العارضة المدروسة.

التوصيات:

- التركيز على قيمة إجهاد القص عند البحث عن التصميم الأمثل ستاتيكيا لمقاطع مشابهة وفق معيار فون ميسيس .

References:

1. Lu Minh Le Hai-Bang Ly Binh Thai Pham .Hybrid Artificial Intelligence Approaches for Predicting Buckling Damage of Steel Columns Under Axial Compression, Materials 12(10):1670 ,May 2019 .
2. Riccardo Poli·James Kennedy·Tim Blackwell . Particle swarm optimizationAn overview. Springer Science + Business Media, LLC 2007. DOI 10.1007/s11721-007-0002-0.
3. Dr . Seán Carroll . Shear and Moment Diagrams – An Ultimate Guide. Tutorial . 2021 .