

Modeling and Analysis of two Jaws Robotic Gripper using Solidworks

Dr. Rabie Habib¹
Dr. Mariam Saii²
Abd Alrazzak Dabbour³

(Received 2 / 10 / 2017. Accepted 26 / 12 / 2017)

□ ABSTRACT □

Grippers are important parts of industrial robots which allow pick up objects and moving them to specified place. This paper presents an analysis study of two jaw gripper controlled by a single linear actuator. At first, mathematical model which describes gripper's jaw displacement and applied force by actuator rated to force should be applied to the target object has been concluded, also the values of the stresses that are exposed in the gripper's jaws when target object caught with 50N force when manufactured from different materials have been found and the validity of the mathematical model has been tested on objects with different sizes and materials depending on Solidworks.

The movement of the gripper's jaws was also analyzed during object pick up to find control signals (position, speed, acceleration) should be applied to perform pick up task correctly thus finding the specifications should be provided in the linear actuator.

Keywords: gripper analysis, modeling, simulation, finite element analysis (FEA).

¹Associate professor, Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria

²Associate professor, Department of Computer and Automatic Control Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria

³Postgraduate Student, Department of Mechatronics Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria

نمذجة وتحليل مقبض روبوت ثنائي الفكوك مقاد بواسطة مشغل خطي وحيد

د. ربيع حبيب⁴

د. مريم ساعي⁵

عبد الرزاق دبور⁶

تاريخ الإيداع 2 / 10 / 2017. قُبل للنشر في 26 / 12 / 2017

□ ملخص □

تشكل المقابض جزء مهم من الروبوتات الصناعية بحيث تسمح بالنقاط أجسام ونقلها إلى مكان محدد. يقدم البحث دراسة تحليلية لمقبض ثنائي الفكوك متحكم به بواسطة مشغل خطي وحيد. بداية تم استنتاج النموذج الرياضي الذي يصف مقدار إزاحة فكي المقبض والقوة الواجب تطبيقها من قبل المشغل الخطي نسبة إلى القوة الواجب تطبيقها على الجسم الهدف، كما تم إيجاد قيم الحدية للإجهادات التي يتعرض لها فكي المقبض عند النقاط الجسم الهدف بقوة تبلغ (50N) وذلك عند تصنيعه من مواد مختلفة، واختبار صحة النموذج الرياضي على أجسام ذات أحجام ومواد مختلفة وذلك بالاعتماد على برنامج Solidworks.

كما تم تحليل حركة المقبض أثناء عملية النقاط الجسم الهدف وذلك لإيجاد إشارات التحكم (موضع وسرعة وتسارع) الواجب تطبيقها لتنفيذ عملية الالتقاط بشكل صحيح وبالتالي إيجاد المواصفات الواجب توفرها في المشغل الخطي.

الكلمات المفتاحية : تحليل مقبض ، تصميم ، نمذجة، تحليل العناصر المنتهية.

⁴ أستاذ مساعد - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
⁵ أستاذ مساعد - قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية
⁶ طالب دكتوراه - قسم هندسة الميكاترونك - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

مقدمة

يعتبر المقبض جزءاً مهماً من الروبوتات الصناعية والروبوتات المتحركة التي تعمل في المجالات الخطيرة أو المهام التي تحتاج إلى دقة كبيرة مثل تركيب العناصر الإلكترونية في مكانها المناسب بحيث يسمح المقبض للروبوت بالنقاط أجسام ووضعتها في مكان آخر .

ركزت العديد من الأبحاث على تصميم ونمذجة أنواع مختلفة من المقابض لأداء مهام مختلفة منها: قام (Cutkosky) بدراسة وتصميم مقبض بالإضافة إلى تطوير نظام خبير للتحكم به [3]. بينما قام (Osyczka) بتقديم تصميم لمقبض يستطيع التقاط أجسام مختلفة بالاعتماد على اعدادات مختلفة للمقبض [4]. أما (Ceccarelli) فقد قدم تصميم مقبض وتحليله بالاعتماد على الإحداثيات الديكارتية [5][6]. بينما قام (Lanni) بتطوير تصميم مقبض ثنائي الفكوك بحيث تم دراسة وتحليل وتقييم التصميم بالاعتماد على برنامج linkage [7]. في هذا البحث سنقوم بتحليل ونمذجة مقبض ذو فكين ثنائي درجة الحرية مقاد بواسطة مشغل خطي وحيد، حيث سيتم استنتاج النموذج الرياضي الذي يصف مقدار إزاحة فكي المقبض والقوة الواجب تطبيقها من قبل المشغل الخطي نسبة إلى القوة الواجب تطبيقها على الجسم الهدف ذو الشكل الأسطواني (قطر 50mm وارتفاع 40mm) وذلك عند تصنيعه من مواد مختلفة (Metal – Alloy Steel، Metal – AISI 304، Plastic – PVC Rigid، Wood).

سيتم أيضاً تصميم ونمذجة المقبض باستخدام برنامج ال SolidWorks، وسيتم ايجاد قيم الإجهادات الحدية التي يمكن أن يتعرض لها فكي المقبض عند التقاط الجسم الهدف بقوة تبلغ (50N)، وذلك عند تصنيع المقبض من مواد مختلفة (Aluminum – 1060 Alloy، Plastic – PVC Rigid، Alloy Steel). بالإضافة إلى تحليل حركة المقبض أثناء عملية التقاط الجسم الهدف وذلك لإيجاد إشارات التحكم (موضع وسرعة وتسارع) الواجب تطبيقها لتنفيذ عملية الالتقاط بشكل صحيح وبالتالي ايجاد المواصفات الواجب توفرها في المشغل الخطي.

أهمية البحث وأهدافه:

تشكل المقابض بمختلف أنواعها عنصراً مهماً في العديد من المجالات وخصوصاً في مجالات الروبوتات الصناعية، حيث يجب اختيار نوع المقبض المناسب تبعاً للأجسام المراد التقاطها بالإضافة إلى تحديد القوة الواجب تطبيقها على الجسم من قبل المقبض لضمان نجاح عملية التقاط الجسم ومنعاً لسقوطه أثناء عملية تركيبه أو نقله وذلك من خلال توليد قوة احتكاك بين الجسم والمقبض كافية للتغلب على قوة ثقل الجسم، وصولاً إلى ايجاد إشارات التحكم اللازم تطبيقها على مشغل المقبض.

يهدف البحث إلى تحليل ونمذجة مقبض مكون من فكين متوازيين يراد منه التقاط جسم أسطواني، واستنتاج العلاقات الرياضية التي توصف ازاحة فكي المقبض بالإضافة إلى مقدار القوة بين المقبض والجسم الهدف وإشارات التحكم الواجب تطبيقها على مشغل المقبض لإنجاح عملية التقاط القطعة الهدف، بالإضافة إلى تحليل الاجهادات التي يتعرض لها المقبض ذلك باستخدام برنامج ال SolidWorks .

طرائق البحث ومواده:

تتنوع المقابض بشكل كبير تبعاً لعوامل كثيرة (شكل الجسم الهدف، عدد المقابض، آلية التشغيل، شكل المقابض الخ) بحيث يعتبر أشكال، أبعاد ووزن الجسم الهدف العوامل الأهم لتحديد مواصفات المقبض. تم اختيار مقبض، في هذا البحث، ذو فكين متوازيين [1] ليصار إلى تصميمه باستخدام برنامج Solidworks واختباره من حيث امكانية التقاط جسم أسطواني الشكل.

1.1. تصنيف المقابض:

تصنف المقابض إلى مجموعات مختلفة تبعاً لعدة معايير مثل:

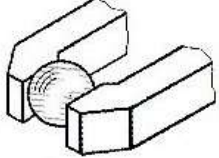
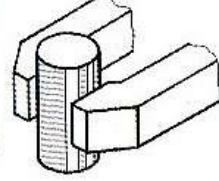
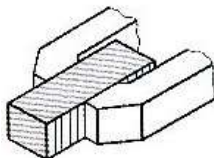
- ✓ عدد الفكوك في المقبض.
- ✓ طبيعة التماس بين المقبض والجسم (الذي سوف يتم التركيز عليه في هذا البحث).
- ✓ آلية مشغل المقبض (مشغل خطي، مشغل دوراني)

كما يمكن تصنيف المقابض تبعاً لطبيعة التماس بين المقبض والجسم إلى الأقسام التالية:

- ✓ التماس من خلال نقطة.
- ✓ التماس من خلال خط.
- ✓ التماس من خلال سطح.

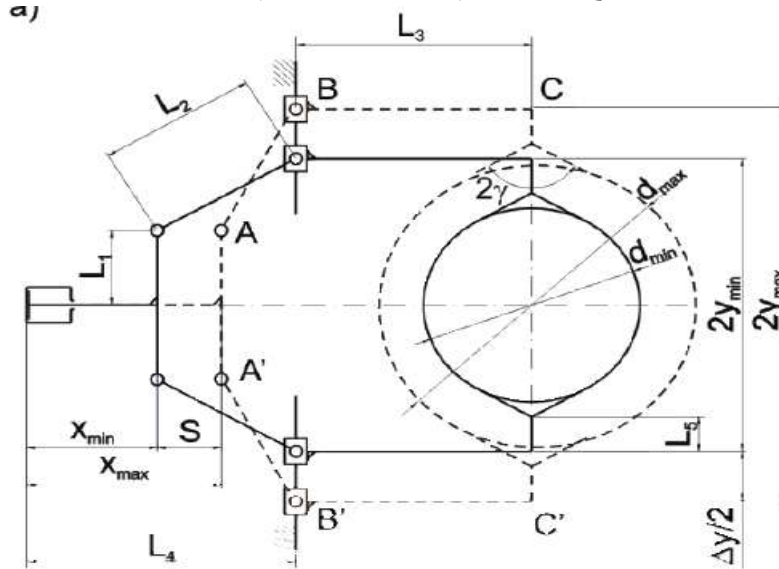
يوضح الجدول (1) أنواع التماس التي تم ذكرها سابقاً بحيث تتعلق طبيعة التماس بين المقبض والجسم الهدف بعدة عوامل منها: شكل المقبض وعدد أصابعه والشكل الهندسي للجسم الهدف والاتجاه المراد التقاط الجسم به.

الجدول (1) أنواع التماس بين المقبض والجسم الهدف [2]

ملاحظات	شكل فكي المقبض والجسم الهدف	نوع التماس
<ul style="list-style-type: none"> • منطقة التماس عبارة عن نقطة (بين كل أصبع من المقبض والجسم الهدف). • لتأمين استقرار الجسم الهدف يجب التعويض عن صغر مساحة التماس بزيادة عدد أصبع المقبض (لا يقل عن 3). 		التماس من خلال نقطة
<ul style="list-style-type: none"> • منطقة التماس عبارة عن خط (بين كل أصبع من المقبض والجسم الهدف). • لتأمين استقرار الجسم الهدف يجب التعويض عن صغر مساحة التماس بزيادة عدد أصبع المقبض (لا يقل عن 3). 		التماس من خلال خط
<ul style="list-style-type: none"> • يعتبر من أكثر الأنواع استقراراً بحيث تكون منطقة التماس عبارة عن سطح (بين كل أصبع من المقبض والجسم الهدف) عوضاً عن نقطة أو خط. • لتأمين استقرار الجسم الهدف يكفي وجود منطقتي تماس (مقبض مكون من أصبعين). 		التماس من خلال سطح

2.1 نموذج المقبض المدروس:

يوضح الشكل (1) نموذج المقبض الذي تم نمذجته وتحليله في هذا البحث [1]، بحيث يمكن التحكم بفكي المقبض من خلال حركة خطية وحيدة كما تم فرض البارامترات التالية: كتلة الجسم الواجب على المقبض التقاطه مساوية لـ (1 Kg) على شكل أسطوانة يتراوح قطرها بين (100 – 120 mm).



الشكل (1) مخطط المقبض في حالتيه الحديدتين [1]

وقد تم اختيار الأبعاد التنفيذية كما يلي:

$$L1 = 35 \text{ mm}, L2 = 60 \text{ mm}, L3 = 145 \text{ mm}, L4 = 180 \text{ mm}, L5 = 30 \text{ mm}$$

بحيث:

$L4$: المسافة بين قاعدة المقبض ومحور تثبيت الحركة BB' .

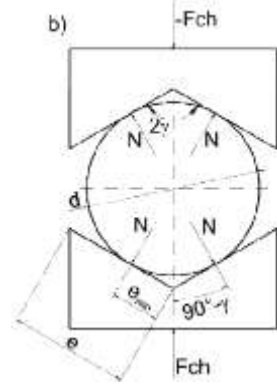
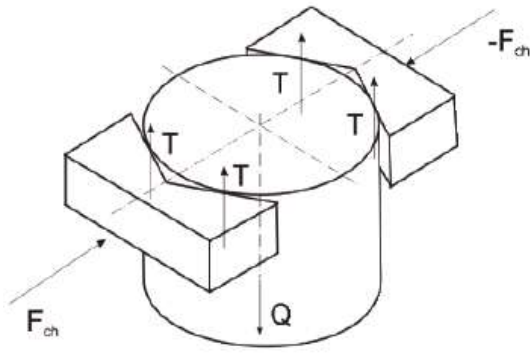
$L5$: مسافة فتح وإغلاق كلاً من فكي المقبض.

$2y_{min}$: القيمة الصغرى لفتحة فكي المقبض وتساوي (50 mm).

$2y_{max}$: القيمة العظمى لفتحة فكي المقبض وتساوي (150 mm).

عند تطبيق الحركة الخطية لمشغل المقبض يتم اطباق فكي المقبض على الجسم الهدف ومن خلال تطبيق قوة مناسبة تؤمن قوة الاحتكاك بين فكي المقبض والجسم ثبات الجسم وامكانية نقله من مكان لآخر بحيث يوضح الشكل

(2) توزيع قوى الاحتكاك والقوى المحورية أثناء عملية التقاط الجسم الهدف [1].



الشكل (a-2) توزيع القوى المحورية أثناء عملية التقاط الجسم
الشكل (b-2) توزيع قوى الاحتكاك أثناء عملية التقاط الجسم
الشكل (2) توزيع القوى أثناء عملية التقاط الجسم [1]

2. نمذجة المقبض وتحليله:

لنمذجة وتحليل المقبض الموضح في الشكل (1) تم اتباع المراحل التالية:

1. استنتاج العلاقات الرياضية لإيجاد مقدار القوة اللازم تطبيقها على الجسم الهدف منعاً لانزلاقه وذلك تبعاً لوزن وأبعاد الجسم الهدف.
2. استنتاج العلاقات الرياضية التي تصف السرعة الخطية لفكي المقبض بدلالة السرعة الخطية للمشغل الخطي.
3. استنتاج العلاقات الرياضية لإيجاد القوة اللازم توليدها من قبل المشغل الخطي تبعاً لوزن وأبعاد الجسم الهدف ومعامل الاحتكاك بين فكي المقبض والجسم الهدف.
4. اختبار نموذج المقبض عند تعرض فكيه لقوة (50 N) أثناء التقاط الجسم الهدف، بحيث تعتبر قوة (50 N) كافية لالتقاط الأجسام الصناعية الصغيرة.
5. اختبار صحة العلاقات الرياضية المستنتجة وذلك باستخدام برنامج ال Solidworks للتأكد من نجاح عملية التقاط الجسم الهدف واستقراره أثناء عملية نقله.
6. إيجاد إشارات التحكم (موضع، سرعة وتسارع) للمشغل الخطي لتنفيذ عملية التقاط الجسم الهدف.

1. 2. إيجاد القوة اللازم تطبيقها وأبعاد فك المقبض:

تتمثل الخطوة الأولى لنمذجة المقبض بإيجاد العلاقات الرياضية التي تصف مقدار القوة الواجب تطبيقها من قبل فكي المقبض على الجسم الهدف بدلالة وزن الجسم ومعامل الاحتكاك بين فكي المقبض والجسم $(F_{ch} = f(Q, \mu))$ ، ومن الشكل (2) يمكن استنتاج العلاقة الرياضية (1).

$$F_{ch} = 2 * N * \cos(90^\circ - \gamma) \quad (1)$$

$$N = \frac{F_{ch}}{2 * \sin \gamma} \quad (2)$$

$$T = \mu * N = \frac{F_{ch} * \mu}{2 * \sin \gamma} \quad (3)$$

بحيث:

2γ : زاوية فك المقبض.

N : قوة رد الفعل بين فكي المقبض والجسم الهدف

μ : معامل الاحتكاك بين فك المقبض والجسم الهدف.

لتنفيذ عملية التقاط ونقل الجسم يجب تحقيق الشرط التالي:

$$4 * T = \frac{2 * F_{ch} * \mu}{\sin \gamma} \geq Q * n \quad (4)$$

بحيث:

Q : وزن الجسم.

n : معامل التحميل الزائد للمقبض (overload factor of the gripper).

ويمكن حساب قوة المقبض وقوة المقبض العظمى وفق العلاقتين التاليتين:

$$F_{ch} \geq \frac{Q * n * \sin \gamma}{2 * \mu} \quad (5)$$

$$F_{ch_{max}} \geq \frac{Q_{max} * n * \sin \gamma}{2 * \mu} \quad (6)$$

يمكن تحديد أقل عرض ممكن لفك المقبض (e_{min}) من خلال العلاقة التالية:

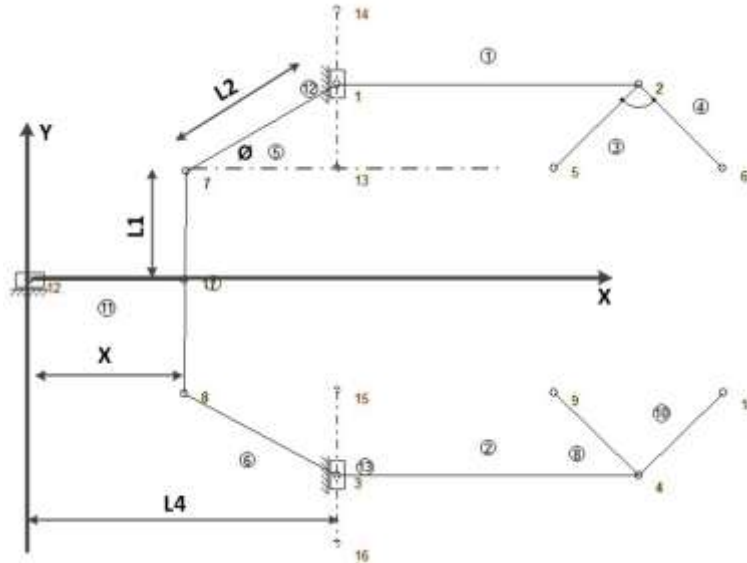
$$\tan \gamma = \frac{d}{2 * e_{min}}, \text{ hence : } e_{min} = \frac{d}{2 * \tan \gamma} \text{ and } e > e_{min} \quad (7) \quad (8)$$

(9)

2.2. إيجاد مقدار إزاحة فكي المقبض:

لإيجاد العلاقة التي تربط بين مقدار إزاحة فكي المقبض نسبة لمقدار الإزاحة الخطية لمشغل المقبض تم

الاعتماد على الشكل (3) بعد إضافة جملة الإحداثيات (OXY).



الشكل (3) مخطط فكي المقبض لتحديد خصائص الإزاحة

بالاعتماد على المخطط السابق يمكن كتابة العلاقات الرياضية التالية:

$$x + L_2 * \cos \varphi - L_4 = 0 \quad (8)$$

$$L_1 + L_2 * \sin \varphi - y = 0 \quad (9)$$

بالتالي يمكن تحديد قيمة الإزاحة الخطية لفك المقبض نسبة إلى الإزاحة الخطية لمشغل المقبض كما يلي:

$$y = L_1 + \sqrt{L_2^2 - (L_4 - x)^2} \quad (10)$$

كما يمكن حساب الزاوية φ بمعرفة قيمة الإزاحة الخطية للفك والمشغل كما يلي:

$$\tan \varphi = \frac{y - L_1}{L_4 - x} = \frac{\sqrt{L_2^2 - (L_4 - x)^2}}{L_4 - x} \quad (11)$$

انطلاقاً من العلاقة (10) يمكن إيجاد السرعة الخطية لفك المقبض بدلالة السرعة الخطية للمشغل كما يلي:

$$\dot{y} = \frac{L_4 - x}{\sqrt{L_2^2 - (L_4 - x)^2}} \dot{x} \quad (12)$$

وبإعادة ترتيب المعادلة السابقة يمكن كتابة الشكل النهائي لتابع سرعة حركة الفك وفق المعادلة التالية:

$$f_v(x) = \frac{\dot{y}}{\dot{x}} = \frac{L_4 - x}{\sqrt{L_2^2 - (L_4 - x)^2}} \quad (13)$$

بحيث:

\dot{x} : السرعة الخطية لمشغل المقبض.

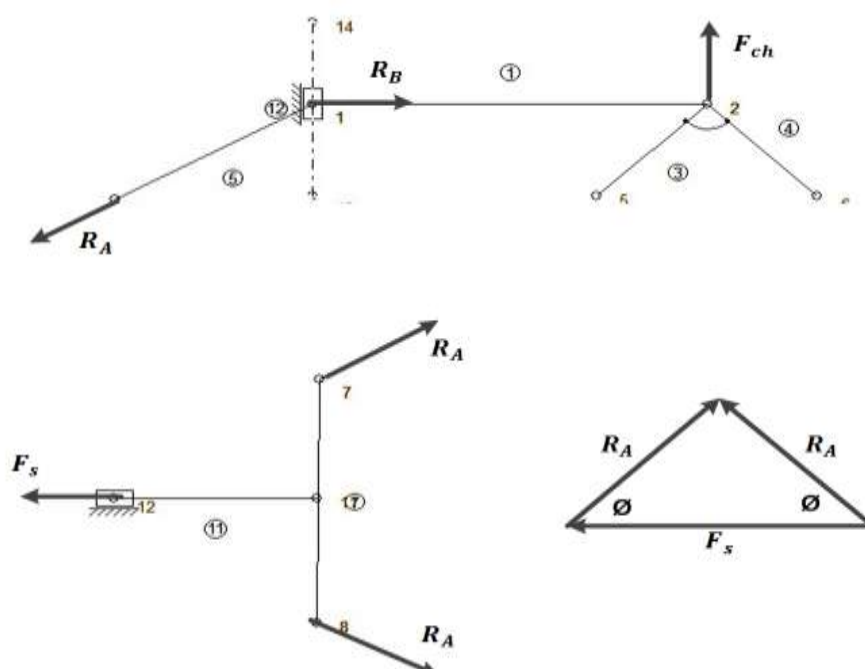
\dot{y} : السرعة الخطية لفك المقبض.

2.3. إيجاد القوة المولدة من قبل المشغل الخطي:

لتحديد القوة الواجب توليدها من قبل المشغل الخطي يجب اتباع الخطوات التالية:

1. معرفة وزن الجسم الواجب التقاطه (Q).
2. تحديد القوة الواجب تطبيقها على الجسم (F_{ch}) لتأمين قوة احتكاك مناسبة وذلك وفق العلاقة (6).
3. إيجاد القوة الواجب تطبيقها على المشغل الخطي (F_s) بالاعتماد على زاوية ازاحة المقبض (\emptyset) والقوة المطبقة على الجسم الهدف (F_{ch}) بالاعتماد على العلاقة الرياضية التالية.

$$F_s = 2 * R_A * \cos \emptyset = 2 * \frac{F_{ch}}{\sin \emptyset} * \cos \emptyset = 2 * F_{ch} / \tan \emptyset \quad (14)$$



الشكل (4) المخطط الشعاعي للقوى المؤثرة في المقبض

تمكن المهمة الأساسية عند استخدام المقابض بإيجاد القوة الواجب تطبيقها من قبل المشغل تبعاً لوزن الجسم ومعامل الاحتكاك بينه وبين المقبض، أي إيجاد $F_s = F(Q, \mu)$ وذلك من خلال الاعتماد على العلاقتين (5)(14) يمكن كتابة العلاقة الرياضية التالية:

$$F_s = F(Q, \mu) \geq 2 * \frac{Q * n * \sin \gamma}{2 * \mu * \tan \emptyset} \quad (15)$$

النتائج والمناقشة

لتقييم نموذج المقبض المقترح تم اختباره وفق الخطوات التالية:

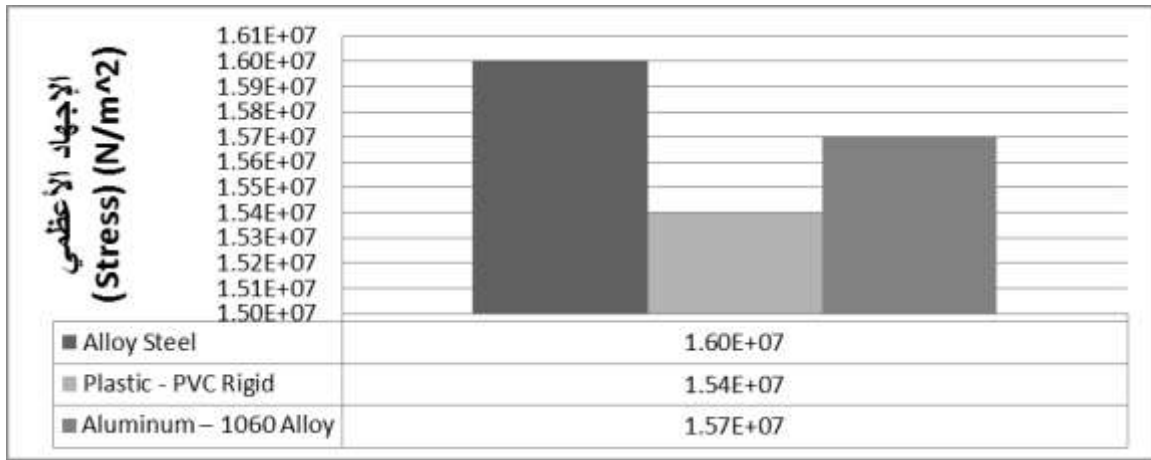
- 1) النموذج المقترح مصنوع من معدن (Alloy Steel) والفكين معرضين لقوة 50N لكل منهم.
- 2) النموذج المقترح مصنوع من معدن (Plastic - PVC Rigid) والفكين معرضين لكل لقوة 50N لكل منهم.

(3) النموذج المقترح مصنوع من معدن (Aluminum - 1060 Alloy) والفكين معرضين لكل لقوة 50N لكل منهم.

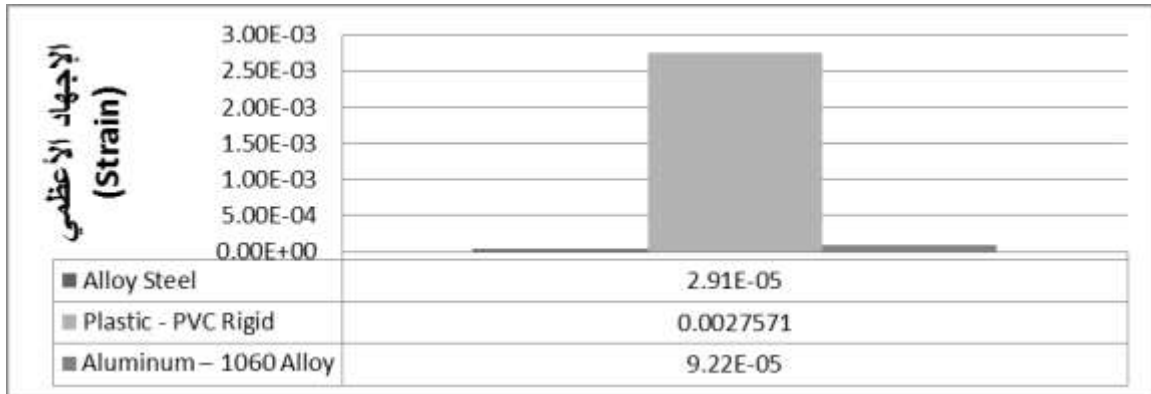
كما تم استخدام برنامج الـ Solidworks لاختبار نجاح عملية التقاط أسطوانات مصنوعة من مواد وأحجام مختلفة (عدم انزلاق الجسم الهدف تحت تأثير وزنه) وذلك بتوليد المشغل الخطي لقوة معينة تم استنتاج قيمتها بالاعتماد على العلاقة الرياضية (15). بالإضافة إيجاد إشارات التحكم للمشغل الخطي.

2.4. اختبار النموذج باستخدام الـ SolidWorks:

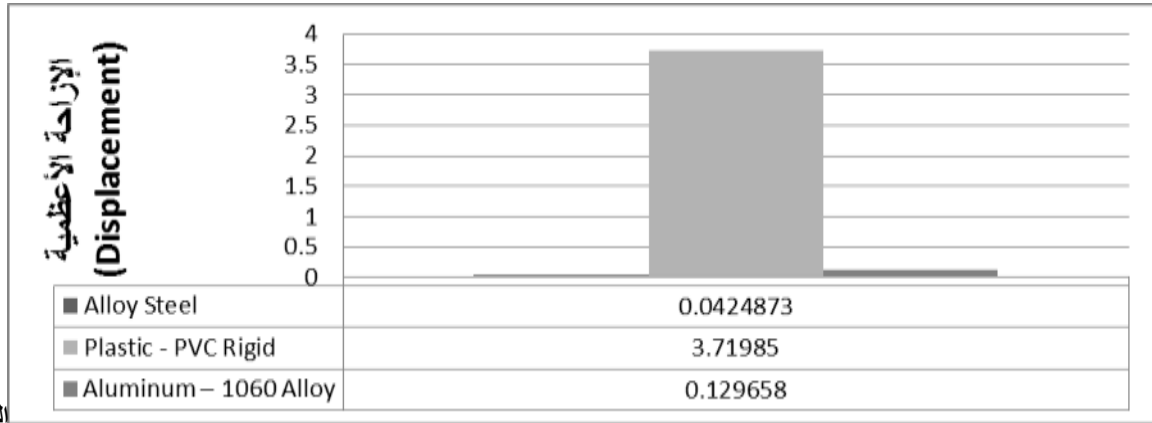
بالاعتماد على برنامج الـ SolidWorks تم اختبار نموذج المقبض المقترح أثناء تعرضه لقوة (50 N) أثناء التقاط الجسم الهدف بحيث يوضح الشكل (5) الشكل العام للمقبض أثناء تعرضه لقوة المفترضة بينما توضح الأشكال (5، 6، 7، 8) نتائج الاختبار من حيث التشوه والإجهاد الأعظمين.



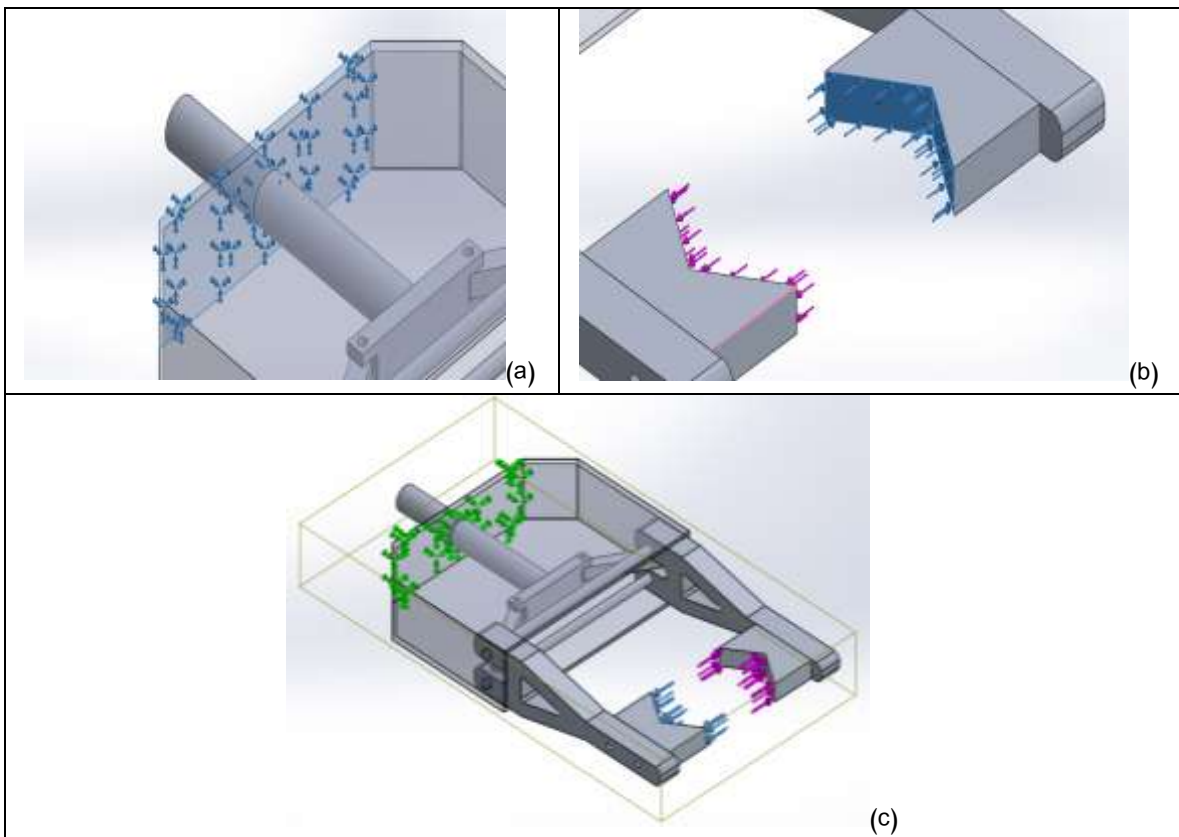
الشكل (5) الإجهاد الأعظمي (Stress) عند تعرض فكي المقبض إلى قوة ضغط (50 N) عند تصنيعه من مواد مختلفة.



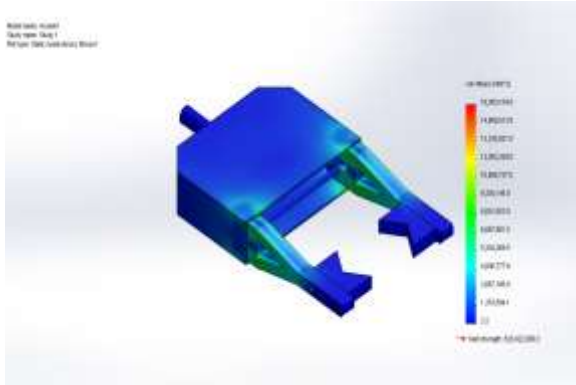
الشكل (6) الإجهاد الأعظمي (Strain) عند تعرض فكي المقبض إلى قوة ضغط (50 N) عند تصنيعه من مواد مختلفة.



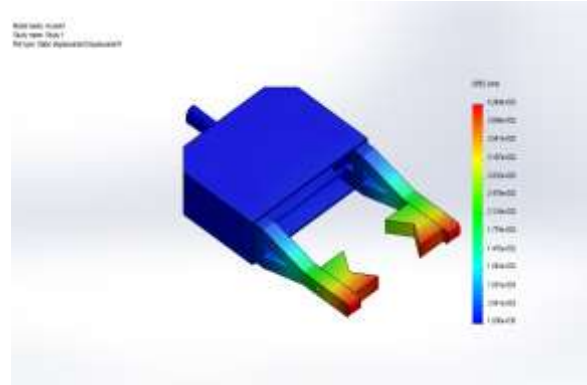
شكل (7) التشوهات (Displacement) لفكي المقبض عند تعرضه فكي إلى قوة ضغط (50 N) عند تصنيعه من مواد مختلفة.



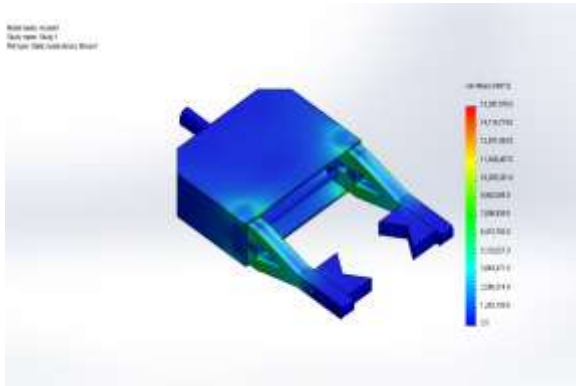
الشكل (8) اختبار نموذج المقبض المقترح أثناء تطبيق قوة ضغط مقدارها (50 N)



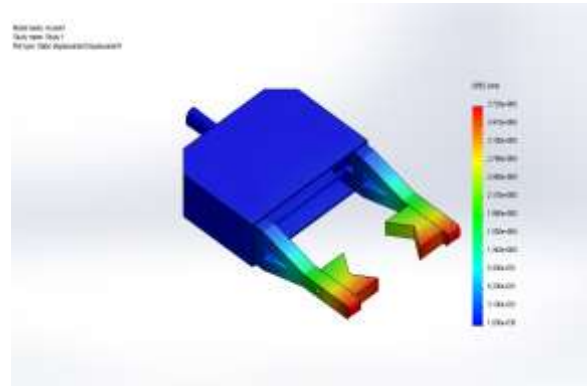
الشكل (b-9) مخطط الإجهادات عند تصنيع المقبض من مادة Alloy Steel



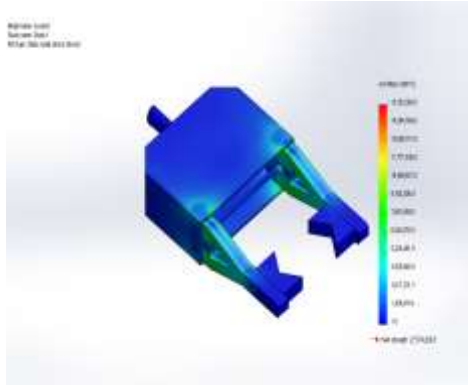
الشكل (a-9) مخطط الإزاحة عند تصنيع المقبض من مادة Alloy Steel



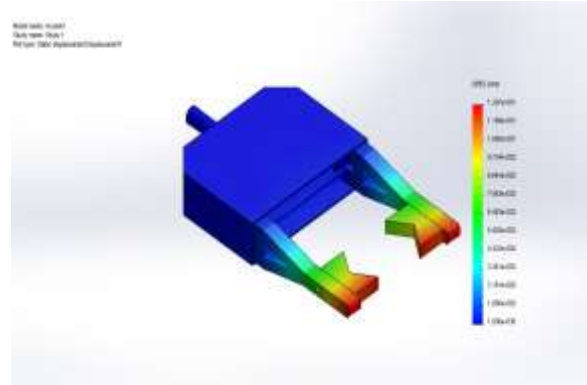
الشكل (d-9) مخطط الإجهادات عند تصنيع المقبض من مادة Plastic - PVC Rigid



الشكل (c-9) مخطط الإزاحة عند تصنيع المقبض من مادة Plastic - PVC Rigid



الشكل (f-9) مخطط الإجهادات عند تصنيع المقبض من مادة Aluminum - 1060 Alloy



الشكل (e-9) مخطط الإزاحة عند تصنيع المقبض من مادة Aluminum - 1060 Alloy

الشكل (9) نتائج اختبار النموذج المقترح باستخدام برنامج الـ SolidWorks

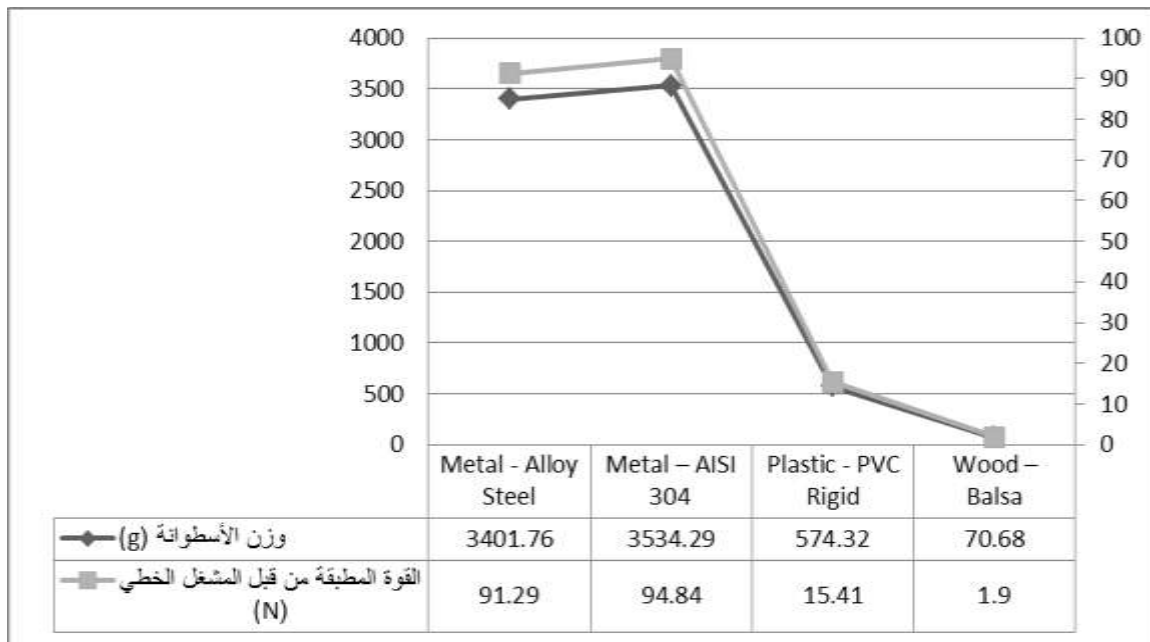
5.2. اختبار استقرار عملية الالتقاط:

كما ذكر سابقاً تم الاعتماد على برنامج الـ SolidWorks لتقييم عملية النقاط أسطوانيات ذات أحجام ومواد مختلفة وذلك بتطبيق قوة عبر المشغل الخطي وذلك بالاعتماد على العلاقة الرياضية (15) لاستنتاج مقدار هذه القوة، حيث يبين الجدول التالي نتائج عملية الاختبار.

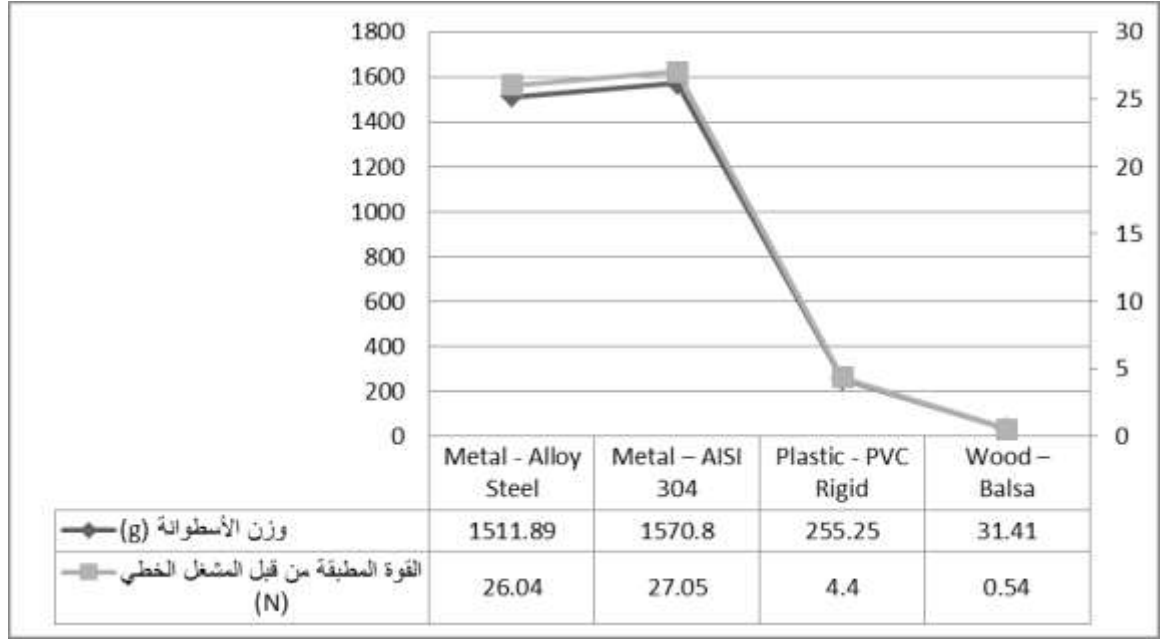
يوضح الجدول (3) والشكلين (10) و(11) مواصفات أجسام أسطوانية مختلفة والتي تم اختبار المقبض المدروس عليها وذلك لإيجاد مقدار القوة الدنيا الواجب توليدها من قبل المشغل الخطي وذلك لالتقاط الجسم الهدف ومنع انزلاقه ففي حال صحة العلاقات المستنتجة يجب أن تكون مقدار القوة كاف لحمل الجسم ومنع انزلاقه.

الجدول (2) مقدار القوة الواجب تطبيقها لالتقاط جسم واختبار نجاح العملية باستخدام برنامج ال Solidworks (✓: نجاح)

رقم حالة الاختبار	نوع مادة الأسطوانة	معامل الاحتكاك μ	قطر الأسطوانة (mm)	وزن الأسطوانة (g)	القوة المطبقة من قبل المشغل الخطي (N)	نجاح عملية الالتقاط (عدم انزلاقه)
1	Metal – Alloy Steel	0.8	75	3401.76	91.29	✓
2	Metal – Alloy Steel	0.8	50	1511.89	26.04	✓
3	Metal – AISI 304	0.8	75	3534.29	94.84	✓
4	Metal – AISI 304	0.8	50	1570.80	27.05	✓
5	Plastic – PVC Rigid	0.8	75	574.32	15.41	✓
6	Plastic – PVC Rigid	0.8	50	255.25	4.4	✓
7	Wood – Balsa	0.8	75	70.68	1.9	✓
8	Wood – Balsa	0.8	50	31.41	0.54	✓



الشكل (10) مقدار القوة الواجب تطبيقها لالتقاط جسم أسطواني قطره (50 mm) ومعامل احتكاك ($\mu = 0.8$) عند تصنيعه من مواد مختلفة.



الشكل (11) مقدار القوة الواجب تطبيقها لالتقاط جسم أسطوانتي قطره (75 mm) ومعامل احتكاك ($\mu = 0.8$) عند تصنيعه من مواد مختلفة.

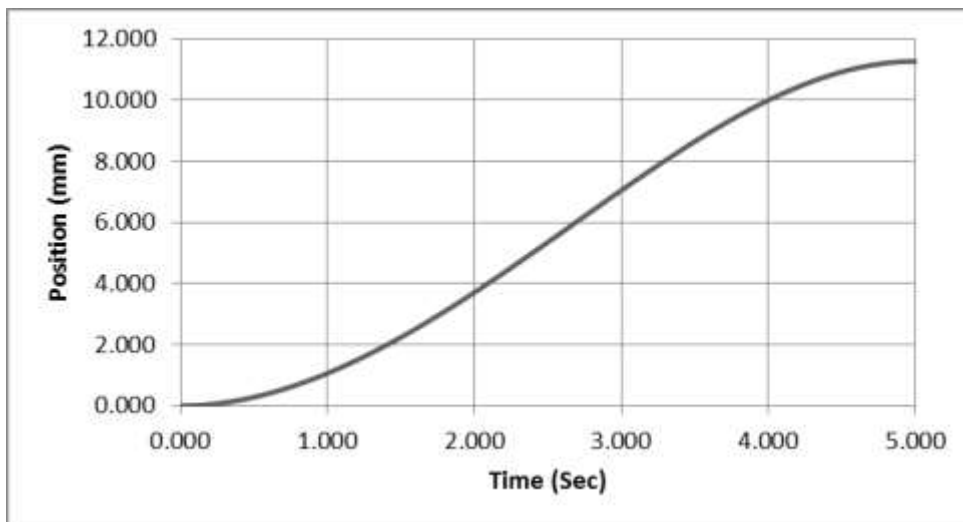
6.2. إشارات التحكم للمقبض:

يتم التحكم بنموذج المقبض المدروس من خلال مشغل خطي وحيد بحيث تتحول حركته الخطية إلى إغلاق أو فتح لفكي المقبض تبعاً لاتجاه حركة المشغل، يتم اختيار المشغل من حيث قدرته على توليد القوة F_g اللازمة للإطباق فكي المقبض على الجسم الهدف، أما التحكم بهذا المشغل فيتم من خلال المتحكمات المنطقية (PLC, PIC, Arduino etc).

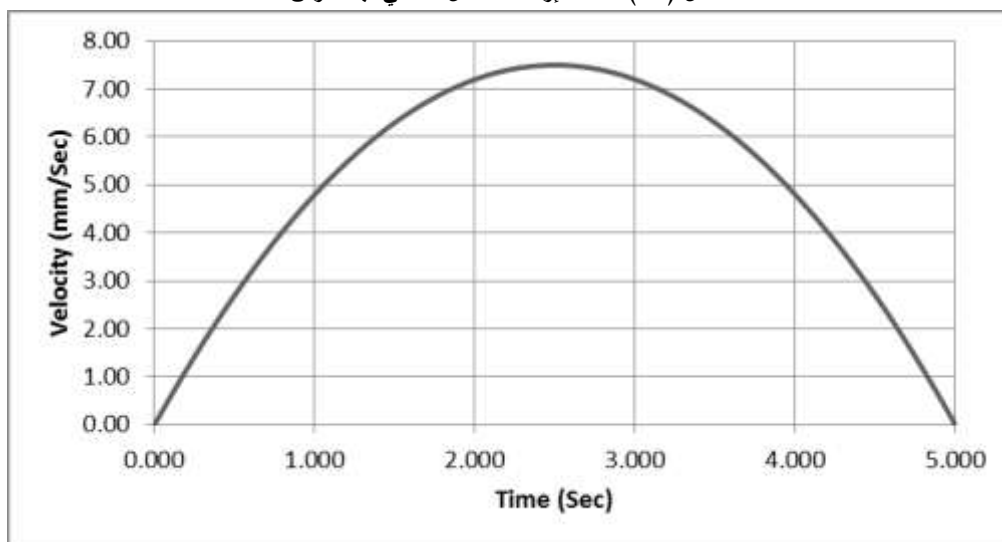
توضح الأشكال (12)، (13) و(14) إشارات التحكم المطبقة على المشغل الخطي للمقبض (موضع وسرعة وتسارع) وبينما يوضح الشكل (15) حركة فكي المقبض الناتجة وذلك بالاعتماد على برنامج الـ Solidworks من خلال اعتماد البارامترات التالية:

(1) الزمن اللازم ليطبق فكي المقبض 5Sec.

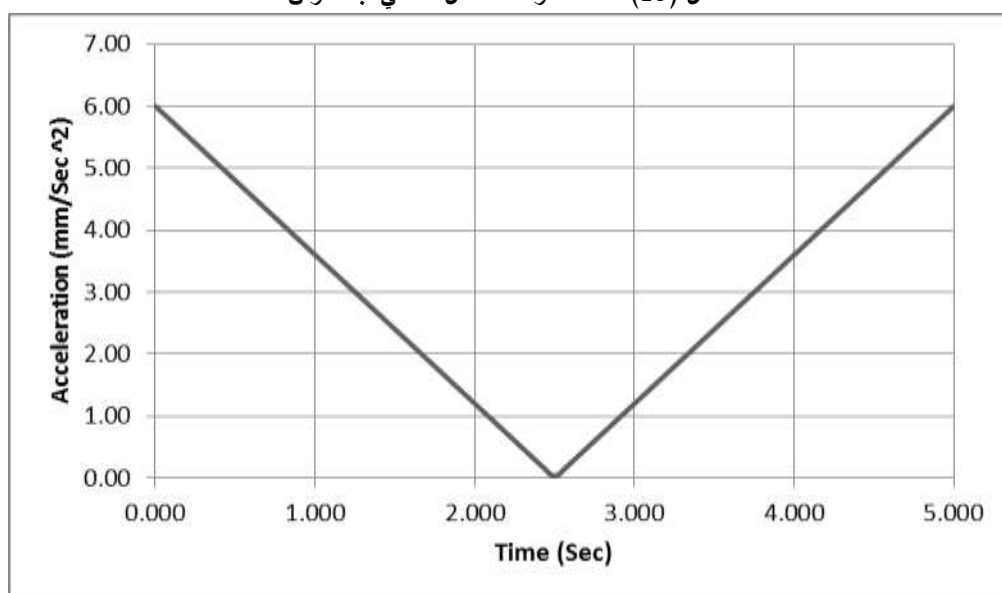
(2) المسافة الواجب لفكي المقبض قطعها تساوي 11.6mm.



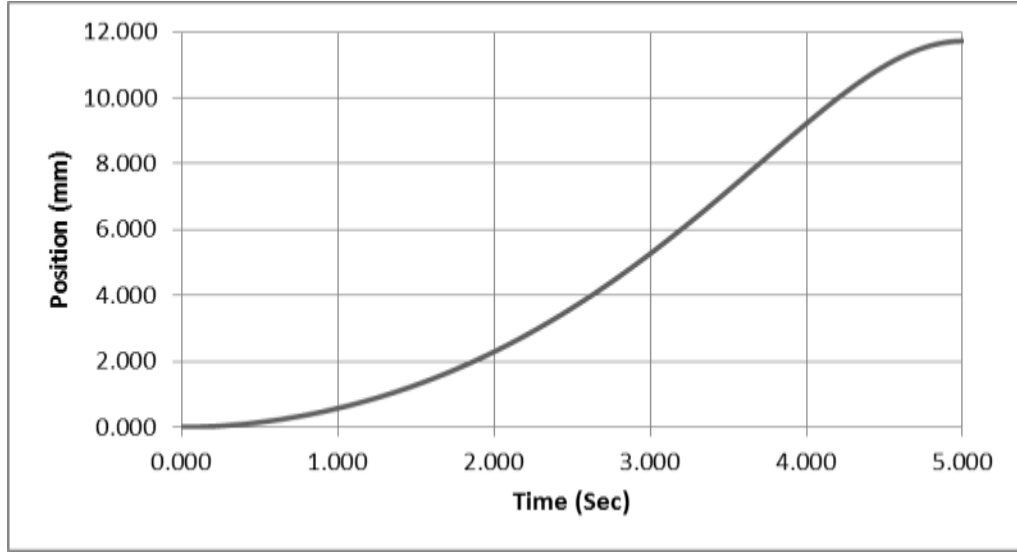
الشكل (12) مخطط إزاحة المشغل الخطي تبعاً للزمن



الشكل (13) مخطط سرعة المشغل الخطي تبعاً للزمن



الشكل (14) مخطط تسارع المشغل الخطي تبعاً للزمن



الشكل (15) مخطط إزاحة فكي المقبض تبعاً للزمن

الاستنتاجات والتوصيات:

تم إجراء دراسة تحليلية ونمذجة مقبض ثنائي الفكوك ذو مشغل خطي وحيد، وبالاستناد على مخطط هذا المقبض تم استنتاج العلاقات الرياضية التي تصف إزاحة وسرعة وتسارع المشغل الخطي.

تم أيضاً إيجاد النموذج الرياضي الذي يربط مقدار القوة الواجب توليدها من قبل المشغل الخطي للمقبض والقوة الناتجة عن فكي المقبض. كما تم تصميم النموذج المدروس باستخدام برنامج الـ SolidWorks واختبار إشارات التحكم الواجب تطبيقها على المشغل الخطي بالإضافة إلى اختبار الإجهادات المتشكلة على فكي المقبض عند النقاط الجسم الهدف وذلك عند أنواع مختلفة من المواد المقترحة لتشكيل المقبض.

بالإضافة إلى اختبار صحة العلاقات الرياضية المستنتجة بالاعتماد على برنامج الـ Solidworks بحيث تم اختبار عملية النقاط أجسام ذات أقطار ومواد مختلفة وذلك من خلال إيجاد مقدار القوة الدنيا الواجب توليدها من قبل المشغل الخطي وذلك لالتقاط الجسم الهدف ومنع انزلاقه وفق العلاقات الرياضية المستنتجة، ففي حال صحة العلاقات المستنتجة يجب أن تكون مقدار القوة كاف لالتقاط الجسم ومنع انزلاقه.

مما سبق يمكن استنتاج واقتراح النقاط التالية:

1. يمكن بتعديل بسيط على شكل فكي المقبض التعامل مع أشكال وأحجام مختلفة للأجسام.
2. تم اختبار المقبض على جسم شكل أسطوانة فقط، لذلك اختبار المقبض المقترح على أشكال وأحجام مختلفة.
3. يفضل استخدام مادة الألمنيوم أو الحديد لتصنيع المقبض في حال كانت قوة الإطباق الأعظمية 50N أو أعلى وذلك لتحمل الإجهادات الناتجة.
4. بالمقارنة بين الألمنيوم والحديد أثبت الألمنيوم قدرة كبيرة على تحمل الإجهادات قريبة جداً من قدرة الحديد ولكن مع وزن أقل (54% تخفيض بالوزن).
5. يفضل استخدام مادة بلاستيك (Plastic - PVC Rigid) في حال كانت القوة المطبقة أقل من 20N وذلك لخفة وزنها (57% تخفيض بالوزن عن الألمنيوم) (81% تخفيض بالوزن عن الحديد).

المراجع:

- [1]. D. Cekus, and D. Skrobek, Modelling and Simulation Research of the Gripper Manipulator, Machine Dynamics Research, Vol. 39, No 1, 2015.
- [2]. A. Khurshid, A. Ghafoor and M. Afzaal Malik, Robotic Grasping and Fine Manipulation Using Soft Fingertip. INTECH Open Access Publisher, pp.155-172, 2011.
- [3]. M. R. Cutkoski. On Grasp Choice, Grasp Models, and the Design of Hands for Manufacturing Tasks. IEEE Trans. Robot. Automat, 5(3):269–279, 1989.
- [4]. A. Osyczka. Evolutionary algorithms for single and multicriteria design optimization. Heidelberg: Physica-Verlag, 2002.
- [5]. M. Ceccarelli, J. Cuadrado, and D. Dopico. An optimum synthesis for gripping mechanisms by using natural coordinates. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 216(6):643–653, 2002.
- [6]. J. Cuadrado, M. A. Naya, M. Ceccarelli, and G. Carbone. An Optimum Design Procedure for Two-Finger Grippers: A Case of Study. IFToMM Electronic Journal of Computational Kinematics, 15403(1), 2002.
- [7]. C. Lanni and M. Ceccarelli. An Optimization Problem Algorithm for Kinematic Design of Mechanisms for Two-Finger Grippers. Open Mechanical Engineering Journal, 3:49–62, 2009.
- [8]. A. Bicchi, V. Kumar. Robotic grasping and contact: A review. ICRA, 348-353.
- [9]. D. Cekus. Modeling and simulation research of laboratory truck crane motion. Systems. Journal of Transdisciplinary Systems Science, Vol. 16, No 2, 96-103 (in Polish), 2012.
- [10]. D. Cekus , B. Posiadała , P. Waryś. Integration of modeling in SolidWorks and Matlab/Simulink environments. Archive of Mechanical Engineering, Volume 61, Issue 1, 57–74, 2014.
- [11]. D. Cekus, D. Skrobek, P. Waryś. Modeling and Simulation Research of 4 DOF Manipulator. Machine Dynamics Research, Vol. 38, No 1, 5-11, 2014.
- [12]. M. R. Cutkosky. Robotic grasping and fine manipulation. Vol. 6., Springer Science & Business Media, 2012.
- [13]. D. Eizicovits, S. Berman. Efficient sensory-grounded grasp pose quality mapping for gripper design and online grasp planning. Robotics and Autonomous Systems, 1208-1219, 2014.