إنتاج خيوط نانوية للطباعة ثلاثية الابعاد باستخدام خامات طبيعية

Production of Nano Filaments for 3D Printing by using Natural Materials

ا.د/ منى عبد الحميد العجوز

استاذ بقسم الطباعة والنشر والتغليف - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Prof. Mona Abdel Hamid Al-Agouz

Professor, Department of Printing, Publishing and Packaging - Faculty of Applied Arts - Helwan University

dr_monaelagoz@yahoo.com

ا.د/ نيفين عبد العزيز

استاذ بقسم الطباعة والنشر والتغليف - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان

Prof. Neven Abdelaziz

Professor, Department of Printing, Publishing and Packaging - Faculty of Applied Arts - Helwan University

Nevine_saleh@a-arts.helwan.edu.eg

ا.د/ منال عبد الرحمن سرور

وكيل معهد بحوث تكنولوجيا الأغذية لشئون البحوث- معهد بحوث تكنولوجيا الاغذية - مركز البحوث الزراعية

Prof. Manal Abdel Rahman Sorour

Deputy of research - Food Technology Research Institute ARC

Manal.sorour@yahoo.com

الباحث/ احمـد فـاروق عويـس

مهندس تصميم بهيئة الرقابة الإدارية

researcher/ Ahmed Farouk Ewais

Design engineer at Administrative Control Authority

ahmedfarouk@a-arts.helwan.edu.eg

الملخص:

يعتبر متعدد حمض اللاكتيك أو Polylactic acid (PLA) بوليمر شائع الاستخدام في الكثير من التطبيقات، حيث يتم إنتاجه من المنتجات الزراعية مثل النشا أو الذرة، ومن أجل محاولة التوسع في استخدامه عن طريق مواد صديقة للبيئة تم تحضير مادة ثاني أكسيد السيليكا من أصل طبيعي وتحضير السيليكا الطبيعية النانوية المستخلصة منها، حيث تم استخدام مسحوق ثاني أكسيد السيليكا النانوية كمواد تدعيم طبيعية لمادة متعدد حمض اللاكتيك من أجل منح خصائص محددة ولتحسين خصائص موجودة بالفعل. حيث تم انتاج خيوط متراكبة من مادة متعدد حمض اللاكتيك مع نسبة من مسحوق ثاني أكسيد السيليكا الطبيعية وذلك بطريقتين، الطريقة الأولي باستخدام طارد صغير محلي الصنع مجمع بطريقة بدائية، والطريقة الثانية باستخدام طارد احادي اللولب مستورد ذو خط انتاج كامل، وبمقارنة نتائج الطريقتين وجدنا ان الطارد الأحادي اللولب المستورد أفضل بكثير، وذلك لأنه يعطي جودة جيده وسمك ثابت للخيوط، وعدم تكون فقاعات في الخامة، أما الخيوط المنتجة من الطارد الصغير محلي الصنع نحصل منه على خيوط مختلفة السمك بالإضافة الي احتواءها على بعض الفقاعات والنتوءات مما يتسبب في العديد من المشاكل أثناء استخدام تلك الخامة في الطباعة ثلاثية الأبعاد. الجدير بالذكر انه تم إضافة

زيت البرافين بنسبة قليلة للمواد سالفة الذكر حيث يعمل زيت البرافين علي التشتت والتوزيع الجيد لمسحوق ثاني أكسيد السيليكا النانوية مع مادة متعدد حمض اللاكتيك. كما نجحت السيليكا الطبيعية في تحضير بعض المتراكبات ذات خواص جيدة تكون مقاومة لظروف الاجهاد أثناء الاستعمال بالإضافة الي انها غير مضرة للبيئة والقدرة على استخدامها في الطباعة ثلاثية الابعاد لإنتاج بعض المنتجات الصديقة للبيئة والتي تنافس العديد من المواد التقليدية والتي تكون مضرة للبيئة.

كلمات مفتاحية:
تكنولوجيا النانو – الطباعة ثلاثية الابعاد – خامات الطباعة ثلاثية الابعاد.

Abstract:

Polylactic acid (PLA) is a polymer commonly used in many applications, as it is produced from agricultural products such as starch or corn, and in order to try to expand its use through environmentally friendly materials, silica dioxide was prepared from natural origin and prepared The natural silica nanoparticles extracted from it, where the silica dioxide Nano powder was used as a natural support material for the polylactic acid material in order to give specific properties and to improve the existing ones.

Where superimposed strands of polylactic acid were produced with a percentage of natural silica dioxide powder in two ways, the first method was by using a small homemade extruder assembled in a primitive way, and the second method was by using an imported single-screw extruder with a complete production line, and by comparing the results of the two methods, we found that the extruder The imported single-screw is much better, because it gives good quality and the same thickness of the filament, and there are no bubbles in the material. As for the filament produced from the small homemade extruder, we get filament of different thicknesses in addition to containing some bubbles and bumps, which causes many problems during use This material is in 3D printing.

It is worth noting that paraffin oil was added in a small percentage to the aforementioned materials, as the paraffin oil works on dispersion and good distribution of nano-silica dioxide powder with polylactic acid. Natural silica has also succeeded in preparing some compounds with good properties that are resistant to stress conditions during use, in addition to being harmless to the environment and being able to be used in 3D printing to produce some environmentally friendly products that compete with many traditional materials that are harmful to the environment.

Keywords:

Nanotechnology - 3D printing - 3D printing materials.

مقدمة:

تشهد اليوم تكنولوجيا النانو أو التقنيات متناهية الصغر تطورًا سريعًا لم تحظى به أي تكنولوجيا أخري، وهي من التقنيات النشطة والسريعة في شتى مجالات البحث، حيث نجد اهتمام كبير بها من قبل الدول المتقدمة والعلماء والباحثين، وذلك لأنها تعمل على حل كثير من المشاكل الصعبة والمعقدة التي تعاني منها البشرية.

وأيضا اكتسبت الطباعة ثلاثية الأبعاد أو ما يطلق عليها التصنيع الإضافي اهتمامًا كبيرًا في جميع أنحاء العالم كطريقة تطوير لإنتاج منتجات ثلاثية الأبعاد معقدة قابلة للتطبيق في الكثير من الصناعات، وذلك لأنها توفر حلولًا سريعة وسهلة وأقل تكلفة، بالإضافة انها قادرة على بناء مجموعة متنوعة من الأشكال المعقدة التي يصعب انتاجها بواسطة عمليات الإنتاج التقليدية.

- **مشكلة البحث:**

القصور في استخدام تكنولوجيا النانو في إنتاج خيوط للطباعة ثلاثية الابعاد من مواد طبيعية تحمل خصائص تشغيلية جيدة.

- **هدف البحث:**

١- إنتاج خيوط نانوية للطباعة ثلاثية الابعاد باستخدام مواد طبيعية

٢- تحسين خصائص خيوط الطباعة ثلاثية الابعاد

- **محاور البحث:**

محور نظري: تكنولوجيا النانو – خامات الطباعة ثلاثية الابعاد

محور تطبيقي: تجارب إنتاج خيوط نانوية باستخدام ثاني اكسيد السيليكون النانوية.

أولا: المحور النظري:

١- تكنولوجيا النانو:

تعريف تكنولوجيا النانو:

تعرف تكنولوجيا النانو بأنها تلك التكنولوجيا المتقدمة القائمة على تفهم ودراسة علم النانو والعلوم الأساسية الأخرى التي تساعد على تصنيع مواد نانوية يمكن التحكم في حجمها وشكلها وخصائصها، وذلك عن طريق ترتيب الذرات والجزيئات المكونة لها مما ينتج عن ذلك مواد ذات خصائص فريدة حيث تختلف عن خصائص المواد الأولى بحيث يتراوح أبعادها ما بين واحد نانوميتر إلى مائة نانومتر. حيث ان المواد في هذا الحجم تسلك سلوكًا مغايرًا للمواد التقليدية كبيرة الحجم، وتمتاز بصفات أفضل لا يمكن أن توجد في المواد التقليدية، على سبيل المثال الفحم والماس كلاهما يتكون من ذرات الكربون ولكن يوجد فرق كبير بين خواص المادتين، فالماس أشد صلابة وقوة، أما الفحم فهو هش وسهل الكسر، والسبب في هذا الفرق هو اختلاف ارتباط ذرات الكربون بعضها ببعض في المادتين.(نوار, ٢٠١٣)

أهمية تكنولوجيا النانو:

لقد حظيت تكنولوجيا النانو باهتمام كبير نظرًا لما أبدته هذه التكنولوجيا من تطبيقات كثيرة شملت العديد من المجالات المختلفة سواء في الطب أو المجال العسكري أو الزراعي أو الحوسبة والفضاء. ومن فوائد ومميزات الوصول الي حجم النانو عديدة منها:(الحبشي, ٢٠٠٩)

- إمكانية بناء وتشكيل أي مادة مهما كانت لأن تقنية النانو تستطيع ان تلعب في الذرات والذرة هي وحدة البناء لكل المواد.
- معرفة مميزات وخصائص العديد من المواد التي يستفاد منها في كثير من الاختراعات والتطبيقات في شتي المجالات.
- عند الوصول الي حجم النانو تصبح خصائص المواد أفضل وأقوي وأرخص وأقل استهلاكًا للطاقة.

- عند طريقة تقنية النانو تم تحويل الخيال العلمي لواقع حقيقي ملموس.
- تربط العديد من العلوم ببعضها وتشجع جميع التخصصات المختلفة للتعاون فيما بينهم.
- تحسين أساليب التصنيع وزيادة قدرتها النظيفة وذات الكفاءة العالية.
- زيادة سعة تخزين المعلومات.
- وفرة المواد الصديقة للبيئة والمستخدمة في توفير موارد غير ضارة للبيئة.
- تحسين طرق إنتاج الأغذية وزيادة الإنتاج الزراعي والمحاصيل الزراعية.
- تصنيع الأجهزة التفاعلية الذكية

خواص المواد النانوية:

ان تصغير المواد لتصبح مادة نانوية، يؤثر على خواص المادة ويميزها عن غيرها من المواد التي لها التركيب الكيميائي نفسه، وأهم خواص تلك المواد تتمثل فيما يلي:(حسين, ٢٠٢١)

- **الخواص الميكانيكية:** حيث تأتي الخواص الميكانيكية من ضمن تلك الخواص، فترتفع قيمة الصلابة للمواد الفلزية وسبائكها، وأيضًا تزداد مقاومتها للإجهادات الأحمال المختلفة وزيادة متانتها.

- **الخواص المغناطيسية:** تزداد القوة المغناطيسية عندما تكون المادة في حجم النانو، حيث تعتمد القوة المغناطيسية على أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس.

- **الخواص الكهربائية:** تزداد قدرة المادة على التوصيل للكهرباء كلما صغرت أحجام الحبيبات النانوية، لذلك تستخدم المواد النانوية في صناعة الحاسبات الدقيقة والشرائح الالكترونية الهواتف الخلوية.

- **الخواص الكيميائية:** كلما صغر حجم المادة ووصل الي حجم النانو يزداد تفاعلها.

- **الخصائص الضوئية:** تتغير الخصائص الضوئية أيضا للمواد النانوية حيث يصبح الجسم شفاف إذا كان حجم الجسيمات النانوية أقل من الطول الموجي الحرج للضوء.

٢- خامات الطباعة ثلاثية الابعاد:

تعريف الطباعة ثلاثية الأبعاد: الطباعة ثلاثية الأبعاد هي تقنية مبتكرة يمكن عن طريقها إنشاء مجسمات ثلاثية الأبعاد من خلال نموذج رقمي، حيث يتم تصنيع القطع عن طريق تقسيم التصميم ثلاثي الأبعاد إلى طبقات صغيرة باستخدام برامج الحاسوب، ثم طباعته عن طريق إضافة طبقات متعاقبة صغيرة جدًا من المواد حتى يتم إنشاء النموذج ثلاثي الأبعاد باستخدام عدد من التقنيات المختلفة.

خصائص الطباعة ثلاثية الأبعاد:

هناك العديد من الخصائص التي تتميز بها عمليات التصنيع بالإضافة مثل سرعة التصنيع، والجودة، والتكلفة، وحجم البناء، وتشطيب الأسطح، بالإضافة الي القوة الميكانيكية للأجزاء.

ويمكن تلخيص خصائصها في **التالي:**

- تكنولوجيا التصنيع بالإضافة أو الطباعة ثلاثية لا تتطلب قوالب أو أدوات معينة لإنتاج شكل معين، وهذا يجعل الإنتاج أسهل وأرخص بالإضافة الي وقت انتاج أقل، حيث تستطيع انتاج قطعة واحدة فقط من أي منتج.
- يمكن إنتاج أشكال معقدة للغاية في الطباعة ثلاثية الأبعاد، حيث ان بناء نموذج مطبوع عن طريق طبقة تلو الأخرى يُمكِّن من إنتاج تصميمات يصعب إنتاجها عادة بالطرق التقليدية.
- في بعض الأحيان يتم اضافة دعائم للمنتج أثناء الطباعة ثلاثية الأبعاد، وذلك لان بعض عناصر المنتج تكون عبارة عن بنية معلقة أو عائمة لا يمكنها تحمل وزنها، ثم يتم إزالة تلك الدعائم بعد الانتهاء من الطباعة.
- دقة الطباعة ثلاثية الابعاد تعتمد بشكل أساسي علي سمك الطبقة الواحدة في الطباعة.
- في الطباعة ثلاثية الابعاد نجد في الغالب أن القوة الميكانيكية للمادة بين الطبقات في اتجاه Z أقل من قوة المادة في اتجاهات X وY، ولابد من أخذ ذلك في الاعتبار عندما يخضع الجزء لأحمال أو ضغوط.
- حجم وسمك جدران النموذج يساهمان بشكل أساسي في التكاليف الإجمالية في الطباعة ثلاثية الأبعاد، ولكن عملية إنتاج نموذج معقد أو بسيط ليست عاملا يؤثر في التكلفة في الطباعة ثلاثية الابعاد، وذلك علي عكس الانتاج بالطرق التقليدية.(مبارك, ٢٠٢٢)

المواد المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد:

على الرغم من أن معظم طابعات المنازل المكتبية ثلاثية الأبعاد تكون محدودة فى الطباعة بأنواع محددة من اللدائن مثل PLA و ABS والنايلون، الي ان هناك العديد من الخامات التي يمكن استخدامها في الطابعات ثلاثية الأبعاد التجارية، حيث يتم الطباعة بمواد مثل الاسمنت والحجر الرملي والورق والخشب والفضة والسيليكون والطمي والألمنيوم واللدائن ومواد أخرى.

وبشكل عام تنقسم المواد المستخدمة في الطابعة ثلاثية الأبعاد الى ثلاثة أنواع رئيسية: **مواد سائلة**: وهي الراتنجات السائلة الحساسة للضوء والتي تستخدم في العديد من التقنيات مثل SLA، DLP **مواد صلبة**: وهي خيوط ال Filament المستخدمة في تقنية FDM. **مسحوق**: وهي مواد عبارة عن مسحوق وتستخدم في تقنية SLS على سبيل المثال.

ويحتوي كل نوع على أنواع مختلفة من المواد مثل المواد البلاستيكية والمعادن والسيراميك بالإضافة الي المركبات الناشئة من خلط مواد مختلفة معًا. ويوجد العديد من أنواع المواد البلاستكية والتي توجد في حالات مختلفة، حيث قد تكون في شكل مسحوق، أو خيوط، أو كريات، أو حبيبات، أو راتنجات. ويتم تصنيف هذه المواد البلاستكية تبعًا لاستخدامها في كل تقنية من تقنيات الطباعة ثلاثية الأبعاد مثل FDM و SLA و SLS.

وتعد تقنية الـ FDM الأكثر شهرة في استخدام المواد البلاستيكية للطباعة ثلاثية الأبعاد، تستخدم أنواع عديدة من البلاستيك ذات خصائص مختلفة، ويتم تحديد نوع البلاستيك طبقا للنموذج المصمم ووظيفته.

أنواع البلاستيك المستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد بتقنية الـFDM :

- متعدد حمض اللبنيك أو متعدد حمض اللاكتيك PLA
- أكريلونتريل بوتادين ستايرين ABS
- البولي اميد (النايلون Nylon)
- البولي إيثيلين تيريفثالات PET

- بولي فينيل الكحول PVA (يوسف, ٢٠٢٠)

الطباعة ثلاثية الأبعاد وتقنية النانو:

ان لتكنولوجيا النانو تطبيقات متزايدة في الأسواق لا سيما في الطباعة ثلاثية الأبعاد، فالطباعة ثلاثية الأبعاد وتكنولوجيا النانو هما مجالان جديدان نسبيًا يتم استخدامهما معًا لإنشاء مجموعة واسعة من التقنيات الجديدة المثيرة للاهتمام.. حيث يتم استخدامهما في المنتجات الاستهلاكية والأجهزة الطبية والبناء والبحث والتطوير وصنع النماذج الأولية وغيرها الكثير. يتم اضافة المواد النانوية في الطباعة ثلاثية الأبعاد لما تحتويه هذه المواد من قدرة علي تحسين خصائص المواد الأساسية المستخدمة في عمليات الطباعة ثلاثية الأبعاد، وتُعزى هذه التعديلات إلى التفاعل الفريد للجسيمات النانوية المرتبطة بصغر حجمها ومساحة سطحها الكبير التي تعمل علي تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية بالإضافة لمقاومة البكتريا الي جانب الاستدامة وتقليل او انعدام تلوث البيئة.(Taylor, 2021)

ومن المواد النانوية الشائعة المستخدمة في الطباعة ثلاثية الأبعاد أكاسيد الألومنيوم وثاني أكسيد الزنك وثاني أكسيد السيليكا واكسيد الجرافين وانابيب الكربون النانوية. الخ ويمكن استخدام الطباعة ثلاثية الأبعاد وتكنولوجيا النانو لتطوير مواد جديدة عالية القوة للاستخدام في تطبيقات عديدة حيث استخدام مميزات المواد النانوية في مواد مطبوعة ثلاثية الأبعاد تمنح المواد الموجودة خصائص ميكانيكية كانت مستحيلة سابقًا. ويمكن أن تكون هذه الخصائص قوة، أو صلابة، أو حتى زيادة في مرونة الشد، وكلها قد تكون مفيدة للعديد من القطاعات.

• ثانيا: المحور التطبيقي:

إنتاج خيوط نانوية بإضافة مادة ثاني أكسيد السليكون النانوية Nano-SiO2 على متعدد حمض اللاكتيك:

يعتبر متعدد حمض اللاكتيك أو Polylactic acid (PLA) بوليمر شائع الاستخدام في الكثير من التطبيقات، ويتم إنتاجه من المنتجات الزراعية مثل النشا أو الذرة، ومن أجل محاولة التوسع في استخدامه عن طريق مواد صديقة للبيئة تم إضافة السيليكا الطبيعية النانوية المستخلصة من قشر الرز كمواد تدعيم طبيعية من أجل منح خصائص محددة أو لتحسين خصائص موجودة بالفعل.

وتهدف هذه التجربة الى تحضير متراكبات من مادة متعدد حمض اللاكتيك (PLA) من أصل طبيعي، مع السيليكا النانوية الطبيعية (مادة ثاني أكسيد السليكون النانوية Nano-SiO2).

١- توفير مادة متعدد حمض اللاكتيك وتحضير مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية.

- وصف التجربة:

في هذه التجربة تم استيراد مادة متعدد حمض اللاكتيك من احد المواقع الشهيرة، وذلك بسبب ان هذه الماده غير متوفرة في السوق المصري علي شكل حبيبات نقية، كما انه تم تحضير مادة ثاني أكسيد السيليكا من أصل طبيعي، وذلك بهدف استخدام تلك المواد في تجارب لاحقة مبنية علي هذه التجربة.

- خطوات التجربة:

١- توفير مادة متعدد حمض اللاكتيك علي شكل حبيبات.

٢- تحضير مادة ثاني أكسيد السيليكا من أصل طبيعي.

- تم توفير مادة متعدد حمض اللاكتيك علي شكل حبيبات من أحد الشركات استيراد المواد الكيميائية والبلاستيكية، وكانت كثافته ١,٢٥ جرام لكل سنتيمتر مكعب والشكل (١) يوضح شكل الحبيبات.

شكل (١) يوضح حبيبات متعدد حمض اللاكتيك

- تحضير مادة ثاني أكسيد السيليكا من أصل طبيعي.

وذلك عن طريق عدة خطوات سوف يتم شرحها في النقاط التالية:

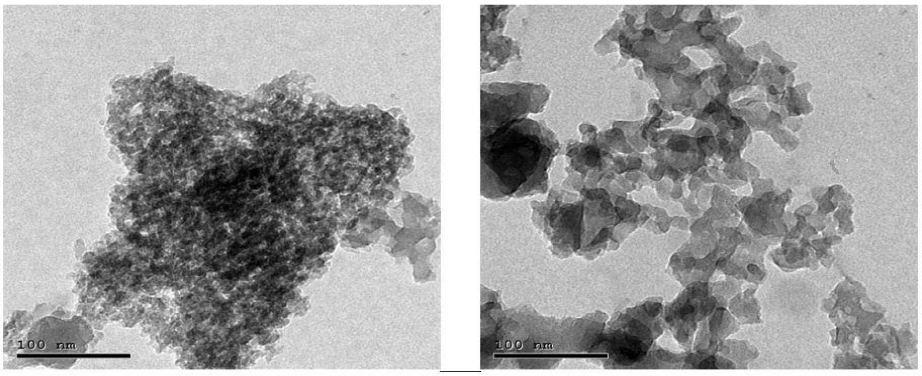
أ- استخلاص السيليكا الطبيعية

تم استخلاص السيليكا الطبيعية عن طريق غسل السيليكا بالماء المقطر ثم تجفيفها بفرن معملي laboratory oven (memmert)) عند درجة حرارة سليزية ٨٠ لمدة ٢٤ ساعة، ثم تم اضافة السيليكا مع حامض HCl4M فى دورق٢٥٠ ملي مجهز بمكثف وتسخين المحلول لدرجة حرارة ١٠٠ سليزية لمدة ساعتين، ثم تم غسل السيليكا بالماء المقطر وذلك لطرد الحامض وذلك حتي PH 7، ثم يتم حرقها عند درجة حرارة ٥٥٠ سليزية وذلك لمدة ساعتين.

ب- تحضير النانو سيليكا

تم تحضير النانو سيليكا في المعمل بطريقة الجرف بالأمواج فوق الصوتية باستخدام جهاز الموجات فوق الصوتية Ultrasonic homogenizer UP400S وباستخدام مادة أسيتايل ثلاثي برومو أمونيوم (CTBA) كمادة مانعة للتكتل، وذلك لمدة ساعة، ثم تم ترشيح السيليكا وتجفيفها عند درجة حرارة ٥٠ سليزية ولمدة ٨ ساعات. حيث كانت النتيجة علي شكل مسحوق بحجم ٣٥ ± ٥ نانو متر، (Ogaili, Al-Ameen, Kadhim, & Mustafa, 2020)،

وباستخدام المجهر الإلكتروني للإرسال كما هو مبين في الشكل (٢) ، تظهر جزيئات السيليكا النانوية المحضرة أن الشكل السائد للعينة هو شكل كروي، وأن متوسط حجم الجسيمات حوالي ٣٥ ± ٥ نانومتر.



شكل (٢) لصورة مجهرية لجزيئات السيليكا النانوية

٢- إضافة مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية الي متعدد حمض اللاكتيك بنسب مختلفة.

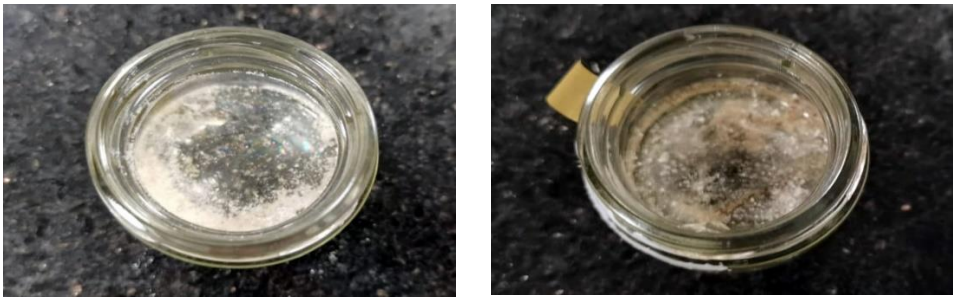
- وصف التجربة:

في هذه التجربة يتم إضافة مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية الي متعدد حمض اللاكتيك، وذلك بنسب مختلفة من مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية، بهدف الحصول علي أفضل نسبة تعطي أفضل نتيجة.

- خطوات التجربة:

- تم تحضير عينتين بتركيزات مختلفة من مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية ومتعدد حمض اللاكتيك لمعرفة درجة تشتت المادة الأولي في المادة الثانية (خاصة ان المادة الأولي عبارة عن مسحوق أما المادة الثانية عبارة عن حبيبات) وذلك عن طريق خلط المادتين ووضعهم في فرن معملي (laboratory oven (memmert عند درجة حرارة ١٧٠ سيليزية وعينة اخري عند ١٨٠ سيليزية ولمدة ١٠ دقائق بهدف انصهارهم.

- بعد اخراج العينتان اتضح من خلال النظر ان مسحوق ثاني أكسيد السيليكا النانوية لم يتوزع بشكل متساوي علي حبيبات ومتعدد حمض اللاكتيك والشكل (٣) يوضح ذلك.



شكل (٣) يوضح العينتان بعض انصهارهم في الفرن

- تم إضافة زيت البرافين بنسبة ٢% من وزن حبيبات مادة متعدد حمض اللاكتيك المستخدمة وخلطهم مع مسحوق مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية، حيث تكمن أهمية إضافة زيت البرافين في أنه يجعل مسحوق ثاني أكسيد السيليكا النانوية يلتصق بحبيبات مادة متعدد حمض اللاكتيك ، بالإضافة الي ان زيت البرافين غير سام علاوة علي ذلك فان زيت البرافين لا يتفاعل مع المواد الأخرى ويعمل كمادة ملدنة ، بالإضافة الي انه مقاوم للماء. (Wood & Maguire, 2011)

تم وضع المخلوط في الفرن عند درجة حرارة ١٨٠ درجة سيليزية لمدة ١٠ دقائق، وكانت النتيجة تشتت جيد للمواد والشكل (٤) يوضح هذه النتيجة.

شكل (٤) يوضح تشتت المواد متجانس بعد إضافة زيت البرافين لهم

وعلي هذا تم البدء في التجارب الفعليه بالنسب المطلوبة لانتاج الخيوط عن طريق جهاز الطارد، حيث تم عمل تجربتين، كان لكل تجربة نسبة مختلفة من النانو سيليكا كالتالي (١%، ٢%) بالإضافة الي تجربة ثالثة تحتوي علي مادة متعدد حمض اللاكتيك بدون مواد نانو كما يلي:

- تم احضار مادة متعدد حمض اللاكتيك، واضافة مسحوق ثاني أكسيد السيليكا النانوية ، بنسب (١%، ٢%).
- تم وضع المواد السالفة الذكر بالنسب المقررة في أوعية كل نسبة علي حدة وخلطها باستخدام جهاز الخلط الكهربائي Electric Overhead Stirrer عند سرعة ١٢٠٠ لمدة ٣٠ دقيقة وعند درجة حرارة الغرفة. والشكل (٥) يوضح ذلك.

شكل (٥) يوضح جهاز الخلط الكهربائي Electric Overhead Stirrer

- ينتج عن هذه السرعة توزيع جيد لمسحوق ثاني أكسيد السيليكا النانوية في حبيبات متعدد حمض اللاكتيك، ولكن لكي يبقي المسحوق موزع بشكل متساوي عند إدخاله في الطارد Extruder لابد من إضافة زيت البرافين بنسبة قليلة لا تتعدي ال٢% من وزن مادة متعدد حمض اللاكتيك. ثم تم رفع درجة الحرارة الي ١٢٥ درجة سليزية، وسرعة ٨٠٠ ل/د لمدة ٤ دقائق، حيث كان الهدف منها توزيع الزيت علي كامل الكمية وبالتساوي بالإضافة الي انه عند درجة حرارة ١٢٥ سليزية يحدث

بعض الليونة للحبيبات ويلتصق المسحوق بها بشكل جيد، كما انها تعمل علي امتصاص زيت البرافين. (Wood & Maguire, 2011)

- تم احضار متعدد حمض اللاكتيك النقي بدون أي إضافات أخري، ووضعه في فرن عند درجة حرارة ٨٥ لمدة أربع ساعات وذلك لإزالة أي رطوبة موجودة بالمادة، وهو بذلك يكون جاهز لوضعة في جهاز الطارد Extruder.

٣- انتاج الخيوط filament من تراكب مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية مع مادة متعدد حمض اللاكتيك باستخدام جهاز الطارد Extruder.

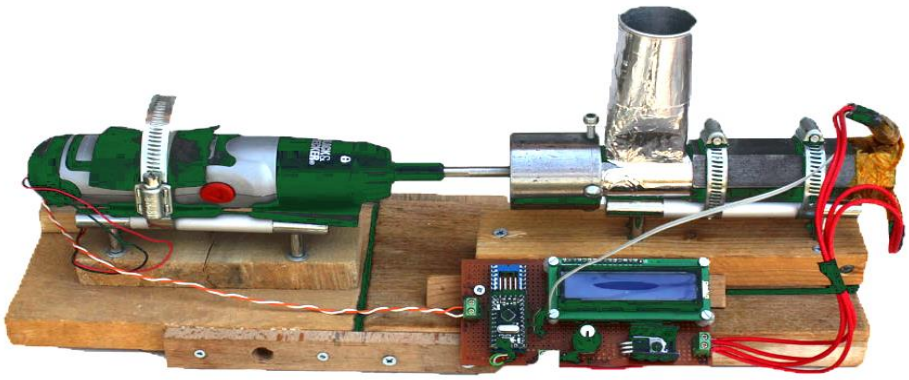
- وصف التجربة:

في هذه التجربة يتم إضافة نسب مختلفة من مسحوق مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية الي متعدد حمض اللاكتيك في جهاز الطارد، وذلك بهدف انتاج خيوط ذات خصائص أفضل تستخدم في الطباعة ثلاثية الأبعاد.

- خطوات التجربة:

أ- استخدام جهاز طارد صغير Lap Extruder محلي الصنع في انتاج الخيوط

تم محاولة استخدام جهاز طارد صغير محلى الصنع كما هو موضح في الشكل (٦) ولكن كانت النتيجة غير مرضية من ناحية سمك الخيوط التي كانت غير منتظمة السمك، وأيضا جودة خامة الخيوط التي كانت تحتوي على بعض النتوءات والفقاعات الهوائية كما هو موضح في الشكل (٧).



شكل (٦) يوضح جهاز طارد Lap Extrouder محلى الصنع

شكل (٧) يوضح عدم انتظام سمك خيوط البلاستيك

ب- استخدام جهاز طارد للإنتاج الكمي في انتاج خيوط الطباعة ثلاثية الابعاد

تم استخدام جهاز طارد أحادى البرغي (اللولب) صيني الصنع من شركة (Suzhou ACC Machine) موديل FLD-45A ، يتميز هذا الطارد بقدرة إنتاجية عالية وأداء إنتاج مستقر للغاية ودقة عالية وضوضاء منخفضة. والشكل (٨) يوضح

الطارد المستخدم، حيث يحتوي هذا الطارد على أربع مناطق للتسخين، كما يوجد به نظام مراقبة لمتابعة جودة وسمك الخيوط أثناء عملية الإنتاج.

شكل (٨) يوضح الطارد (FLD-45A) المستخدم في التجارب

وهو خط إنتاج كامل يتكون من آلة بثق عالية الدقة، وقالب فولاذي عالي الجودة، وخزان ماء بدرجة حرارة ثابتة، وجهاز لف آلي للخيوط.

خطوات إنتاج الخيوط من جهاز الطارد (عملية بثق البلاستيك)

– يتم تشغيل جهاز الطارد وضبط درجة الحرارة للأربع مناطق التسخين المسئولة عن انصهار المادة كما يلي:

منطقة التسخين الأولى (التي هي أقرب إلي القادوس الذي يتم تغذية المادة من خلاله) وذلك عند درجة حرارة ١٧٠ درجة سليزية، ولمنطقة التسخين الثانية والثالثة عند درجة حرارة ٢٠٥ درجة سليزية، ولمنطقة التسخين الرابعة (التي هي أقرب لفوهة الطارد) عند درجة حرارة ١٩٥ درجة سليزية. (Ramachandran & Rajeswari, 2022)

– يتم وضع حبيبات المادة البلاستيكية (مسحوق مادة ثاني أكسيد السيليكا النانوية المدمج مع حبيبات مادة متعدد حمض اللاكتيك) بالقمع.

– يتم التقاط الحبيبات بواسطة اللولب الدوار (البرغي) المحاط بأسطوانة البثق، حيث تم ضبط سرعة دوران اللولب عند ٧,٥ دورة في الدقيقة، ويتم تحريك اللولب باتجاه خروج المنتج.

– عند اندفاع حبيبات البلاستيك إلى الأمام تسخن وتلين ثم تنصهر نتيجة السخانات المحيطة بأسطوانة اللولب، بالإضافة للحرارة الناتجة من احتكاك حبيبات البلاستيك مع جسم اللولب الدوار .

– أثناء حركة المواد البلاستيكية في مسار اللولب الدوار تمتزج وتتجانس وتتماسك مع بعضها، وهذا التجانس يمنع حدوث تموجات في السطح أو عدم انتظام السمك للمنتج النهائي.

– يتم دفع المادة البلاستيكية المنصهرة تحت الضغط العالي عبر مرشح يمنع مرور الشوائب ثم تمر المادة إلي الفوهة nozzle.(Wu, Liu, Jia, & Dai, 2016)

– تخرج المادة المنبثقة من الفوهة بسمك ١,٧٥ مم إلى وحدة تبريد (حمام مائي) لتتصلب متخذة شكلها النهائي ثم يتم لفها على أسطوانات.

– تم قياس سُمك الخيوط المنتجة عدة مرات وخلال جميع التجارب باستخدام القدمة ذات الورنية (Vernier caliper) وكانت النتيجة ١,٧٥ مم كما موضح بالشكل (٩).

شكل (٩) يوضح سُمك الخيوط باستخدام القدمة ذات الورنية

النتائج:

1. تكنولوجيا النانو تتحكم في حجم وشكل وخصائص المواد.
2. تكنولوجيا النانو توفر خواص تشغيلية أفضل للكثير من المواد الطبيعية.
3. التصنيع بالإضافة يُمكن من انتاج اشكال معقدة للغاية وبكميات قليلة.
4. استخدام تكنولوجيا النانو في الاستفادة من المخلفات الزراعية مثل قشر الارز.
5. تم التخلص من قشر الأرز في إنتاج مواد ذات قيمة أفضل وصديقة للبيئة. حيث يمكن تصنيع مثل هذه المواد النانوية ذات الخصائص المحسنة فيزيائيًا وميكانيكيًا بسهولة من أجل التنفيذ التجاري والصناعي المباشر، مع دمج منهجية قابلة للتطبيق ونظيفة وقابلة للتطبيق عمليًا.

التوصيات:

١- إجراء العديد من الدراسات على خامات طبيعية أكثر لتحسين خواصها.

٢- تعزيز قيمة الطباعة ثلاثية الابعاد لحل كثير من مشاكل الانتاج الغير كمي.

٣- تعزيز مفهوم التخلص من بعض المواد الغير مستخدمة في إنتاج مواد ذات قيمة أفضل وصديقة للبيئة.

٤- المزيد من المساعي البحثية في اتجاه تحسين العملية للاستخدام الصناعي لهذه المواد.

المراجع العربية:

١- الحبشي, نهى علوي أبو بكر. (٢٠٠٩). ما هي تقنية النانو. (السعودية. مطابع وزارة الثقافة والاعلام).
Al7aba4y, Noha 3lwy Abo Bakr. (2009). ma hy t8nyt al nano. (al so3dya. matab3 wzaret alsakafa wa ale3lam)

٢- حسين, الموسوي، إنتظار إبراهيم. (٢٠٢١). تقانات النانو تكنولوجي وأثرها في الإنتاج الزراعي.جامعة ميسان - كلية التربية الأساسية.

7esen, al mosa, entezar ebrahim. (2021). ta8anat al nano teknology wa asaroha fe al entag al zra3y. gam3at mesan- kolet al tarbia al asasaya.

٣- مبارك, مروة محمود. (٢٠٢٢). مشكلات التصميم والإنتاج في الطباعة ثلاثية الأبعاد وأثرها علي رفع جودة المنتج الطباعي مع التطبيق علي الوسائل التعليمية. رسالة ماجستير .جامعة حلوان.

mobarak, marwa ma7mod. (2022). mo4klat al tasmem wa alentag fe al tba3a solasyat al ab3ad wa asaroha 3ala raf3 gawdat almontag al tba3y m3 al tatbek 3la alwasael alta3lemya. resalet magestar. gam3t 7loan.

٤- نوار, ثابت. (٢٠١٣). النانو تكنولوجيا وتطبيقاتها (الطبعة الأولى). الرياض: مكتبة العبيكان.

nawar sabet, (2013). Alnano teknologya wa tatbekatha (altab3a alaola) . alread: maktabet al kabe3an.

٥- يوسف, ريهام. (٢٠٢٠). تطبيق المعايير القياسية لتجهيز ملفات تصميم الطباعة ثلاثية الأبعاد لرفع جودة الانتاج المحلي. ماجستير، فنون تطبيقية، جامعة حلوان.

Yousef, Reham. (2020). tatbek al m3aeer alkyasia letaghez mlfat tasmem al teba3a solaset al ab3ad leraf3 godat alentag alma7aly. magester. gam3t 7loan.

المراجع الانجليزية:

6- Ogaili, Ahmed, Al-Ameen, Ehsan, Kadhim, Mohammed, & Mustafa, Muhanad. (2020). Evaluation of mechanical and electrical properties of GFRP composite strengthened with hybrid nanomaterial fillers. AIMS Materials Science, 7, 93-102. doi: 10.3934/matersci.2020.

7- Ramachandran, M. G., & Rajeswari, N. (2022). Influence of Nano Silica on Mechanical and Tribological Properties of Additive Manufactured PLA Bio Nanocomposite. Silicon, 14(2), 703-709. doi: 10.1007/s12633-020-00878-4

8- Taylor, Alicia A. (2021). Regulatory developments and their impacts to the nano-industry: A case study for nano-additives in 3D printing. Ecotoxicology and Environmental Safety, 207, 111458. doi: https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111458

9- Wood, Weston J., & Maguire, Russ G. (2011). Improved wear and mechanical properties of UHMWPE–carbon nanofiber composites through an optimized paraffin-assisted melt-mixing process. Composites Part B: Engineering, 42(3), 584-591. doi: https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2010.09.006

10- Wu, Gaihong, Liu ,Shuqiang, Jia, Husheng, & Dai, Jinming. (2016). Preparation and properties of heat resistant polylactic acid (PLA)/Nano-SiO2 composite filament. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed., 31(1), 164-171. doi: 10.1007/s11595-016-1347-2