دراسة سلوك بعض المواد المثخنة وخلائطها المستخدمة في معاجين الطباعة على الأقمشة

زياد سفور *

(الإيداع: 9 آيلول 2025، القبول: 6 تشرين الثاني 2025)

الملخص:

تُعدّ الطباعة حالياً من أبرز العمليات المستخدمة لتزيين الأقمشة، وهي عملية شهيرة تُستخدم كمرحلة من مراحل صناعة النسيج لتعزيز المظهر الجمالي للقماش وإرضاء ذوق المشتري. تحوي معاجين الطباعة على مكونات عديدة، ومن هذه المكونات المواد المثخنة المسؤولة عن إعطاء اللزوجة للمعاجين من أجل التحكم بتغلغل المعجونة ضمن القماش والحصول على حواف دقيقة للرسوم المطبوعة. تبرز أهمية المواد المثخنة الطبيعية كمواد متوفرة وبديلاً أكثر ملائمة مقارنة بالمواد المثخنة التركيبية. يركز البحث على دراسة سلوك لزوجة معاجين بعض المواد المثخنة الطبيعية، كصمغ الغوار والنشاء وألجينات الصوديوم، وذلك تبعاً لإجهادات القص المطبقة، إذ تتعرض المعجونة خلال إجراء الطباعة إلى إجهادات قص مطبقة من قبل المقشطة، مما يؤدي إلى انخفاض لزوجتها. كما تمت دراسة سلوك خلائط ثنائية من المواد المثخنة. وُجد أن سلوك معجونة حاوية على خليط من صمغ الغوار/ألجينات الصوديوم بنسبة 50/50 أعطى سلوكاً وقيماً للزوجة مناسبة لإجراء الطباعة.

الكلمات المفتاحية: معجونة الطباعة – مادة مثخنة – صمغ الغوار – النشاء – ألجينات الصوديوم – لزوجة – إجهاد قص

*أستاذ مساعد– كلية الهندسة الكيميائية والبترولية – جامعة حمص

Studying the behavior of some thickeners and their mixtures used in printing pastes on fabrics

Dr. Ziad SAFFOUR

(Received: 9 September 2025, Accepted: 6 November 2025)

Abstract:

Printing is currently one of the most prominent processes used for fabric decoration. It is a popular process used as a step in the textile manufacturing process to enhance the aesthetic appearance of fabrics and satisfy the buyer's taste. Printing pastes contain several components, including thickeners, which are responsible for imparting viscosity to the pastes, controlling the paste's penetration into the fabric and achieving fine edges for the printed designs. Natural thickeners are important as readily available materials and a more suitable alternative to synthetic thickeners. This research focuses on studying the viscosity behavior of pastes containing some natural thickeners, such as guar gum, starch, and sodium alginate, depending on the applied shear stresses. During the printing process, the paste is exposed to shear stresses applied by the scraper, leading to a decrease in its viscosity. The behavior of binary mixtures of thickeners was also studied. It was found that a paste containing a 50/50 mixture of guar gum and sodium alginate exhibited behavior and viscosity values suitable for printing.

Keywords:Printing paste - thickener - guar gum - starch - sodium alginate - viscosity - shear stress

***Assistant Professor - Chemical and Petroleum Engineering Faculty – Homs University.**

1–المقدمة:

تُعدُّ طباعة الأقمشة الطريقة الأكثر تنوعاً وتوفراً لإدخال الألوان إلى مناطق مختارة من الأقمشة. تُعرف الطباعة من الناحية التحليلية بأنها عملية تركيب لعناصر عديدة وهذه العناصر هي: فكرة تصميمية، ومعاجين تحوي ملونات (أحادية أو متعددة الألوان)، وركيزة نسيجية، وتقنية طباعة قد تكون يدوية أو آلية. يمكن أن تطبق عملية الطباعة على مختلف أنواع الأقمشة سواء كانت منسوجة أم محاكة أم غير منسوجة [1].

تُعدُّ معاجين الطباعة من العناصر الأكثر أهمية وتؤثر مواصفاتها كثيراً في جودة الطباعة. يجب أن يتواجد في معاجين الطباعة (بالإضافة إلى الصباغ والمواد المساعدة الضرورية لتثبيتها) مواداً أخرى، لكل منها دوره في الوصول إلى النتيجة المرغوبة من عملية الطباعة، ومن هذه المواد يمكن ذكر المواد المبللة والمواد المرطبة والمواد المثخنة والمواد المانعة للرغوة...الخ. تعد المواد المثخنة من المواد الأساسية التي لا يمكن الاستغناء عنها في معاجين الطباعة، وهي مواد تضاف إلى معجونة الطباعة لتثخينها، أي إعطاؤها قواماً لزجاً. إن دور المادة المثخنة هو حجز الصباغ، وتقليص انتشاره ضمن القماش المراد طباعته إلى أقصى حد [2،3].

تستخدم معاجين الطباعة في تقنيات محددة للطباعة ومنها: الطباعة بالأسطوانات المعدنية المحفورة Roller printing، الطباعة بالشبلونات (الشاشة الحريرية) Flatbed screen printing، الطباعة بالشبلونات الدوارة Rotary screen printing. في حين لا تتطلب التقنيات الأخرى للطباعة استخدام معاجين لزجة، وإنما تستخدم أحبار سائلة، وذلك كما في تقنيتي الطباعة بالانتقال (الترانسفير) Transfer printing والطباعة الرقمية Digital printing [2،3].

من الضروري أن تكون لزوجة معجونة الطباعة مضبوطة ضبطاً مناسباً. إذا كانت اللزوجة غير كافية فإن الطباعة لن تكون دقيقة، وسوف يحدث انتشارٌ عرضيٌ ملحوظٌ. بالمقابل إذا كانت لزوجة المعجونة مرتفعة فلن تقوم المعجونة بتبليل القماش، ولن تتغلغل تغلغلاً كافياً فيه، وسوف تبقى المعجونة على سطح القماش فقط، فتؤدي إلى ثباتية سيئة تجاه الاحتكاك. تبرز نتيجة لذلك أهمية خاصية اللزوجة في معاجين الطباعة، إذ لابد من معرفة كيفية الوصول إلى خصائص اللزوجة المطلوبة. تمت الإجابة عن ذلك في الماضي انطلاقاً من الخبرة العملية أكثر من المعرفة العلمية، ولكن مع توفر الأدوات الحديثة، والحاجة إلى تحسين الإنتاجية، وتكرار الحصول على القماش المطبوع المُنتَج لم تعد الخبرة كافية، ولابدّ من المعرفة العلمية لتحديد خواص اللزوجة، ومن ثم معرفة السلوك الريولوجي لمعاجين الطباعة. يجب أن تكون لزوجة معجونة الطباعة مناسبة للتقنية المستخدمة، وخصوصاً أن الآلات الحديثة لها سرعات عالية، وبالتالي تتطلب خصائص ريولوجية دقيقة جداً لمعاجين الطباعة [2،3].

إنّ قياس لزوجة معجونة الطباعة ضروريٌ ومطلوبٌ، لأن لزوجة المعجونة خلال القص المطبق في أثناء إجراء الطباعة سوف تحدد جودة الطباعة. وقياس اللزوجة مطلوب من أجل التأكد من أنه سيتم الحصول على النتيجة نفسها لكل مجموعة من المواد المثخنة أو المعاجين المخصصة لتكرار المنتج. فقد يُطلب طباعة قماش محدد برسوم محددة خلال فترات زمنية متباعدة، وللحصول على منتجات متطابقة من حيث عمق اللون ودقة الطبعة لابدّ أن تكون اللزوجة مضبوطة خلال هذه الفترات [2،3].

توصف معاجين الطباعة بأنها غير نيوتونية نظراً لتغيّر لزوجتها مع تغيّر معدل القص. وبذلك يكون قياس لزوجة المعاجين غير دقيق لصعوبة معرفة إجهاد القص المطبق بدقة. على الرغم من ذلك لابدّ من الحصول على معلومات عن لزوجتها لأنّ لزوجة المعاجين خلال القص الحاصل في إجراء الطباعة سوف يحدد جودة الطباعة [2،3].

تعد المواد المثخنة المسؤولة عن منح القوام اللزج لمعاجين الطباعة وتحديد خاصية اللزوجة والسلوك الريولوجي للمعاجين. تُضفي المواد المثخنة اللزوجة والمرونة على معجونة الطباعة، مما يُتيح تطبيقها على سطح القماش من دون أي سيلان، ويكون قادراً على الحفاظ على دقة خطوط التصميم [1].

يمكن تصنيف المواد المثخنة إلى أنواع عديدة هي:

– مواد مثخنة طبيعية

– مواد مثخنة محولة (مواد طبيعية معدلة كيميائياً)

– مواد مثخنة تركيبية

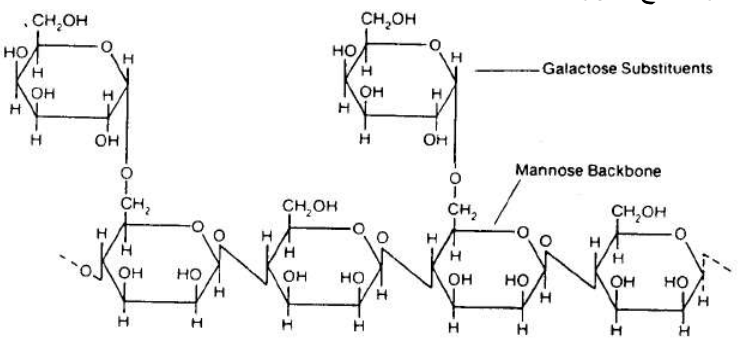
– مستحلب (من نوع زيت/ماء أو ماء/زيت)، أو نصف مستحلب [2،3].

1–1– الدراسة المرجعية :

وقد أشارت دراسات عديدة (Abd El-Rahman وزملاؤه 2022؛ و Hamdy 2021؛ و Harlapur وزملاؤه 2020) إلى أن استخدام المواد المثخنة التركيبية في الطباعة يؤدي إلى عدد من الآثار الضارة على البيئة، وقد تعرضت المواد المثخنة التركيبية لانتقادات شديدة لتسببها بالتلوث البيئي المرتفع في مراحل تصنيعها وخلال تطبيقها، بالإضافة إلى التكلفة العالية. تعد المواد المثخنة الطبيعية أكثر ملائمة بيئياً، إذ تُفضَّل المواد المثخنة الطبيعية على المواد المثخنة التركيبية نظراً لرخص ثمنها وسهولة توفرها وعدم تسببها في تهيج الجلد. كما تُعد المنتجات الطبيعية مصادر متجددة غير ملوثة عموماً، مما يضمن إمداداً مستداماً [4،5،6]. وقد حثت الكثير من الدراسات على استخدام المواد المثخنة الطبيعية في معاجين الطباعة كالنشاء نظراً لتوفره وانخفاض تكلفته كبدائل عن المواد المثخنة التركيبية للأسباب نفسها المذكورة سابقاً، إلا أن احتواء النشاء في بنيته على الكثير من المجموعات الهيدروكسيلية جعله غير مرغوب في الطباعة بالأصبغة الفعالة لإمكانية التفاعل معها. فقام Nuru وزملاؤه (2025) بتحضير مثخن طبيعي بروتيني مستخلص من بقايا جلود الحيوانات وهو الجيلاتين، وتم خلطه مع ألجينات الصوديوم بنسب مختلفة، وقد أظهرت النتيجة التحليلية تحسنًا في قوة اللون وخصائص ثبات اللون لقماش القطن المطبوع [7].

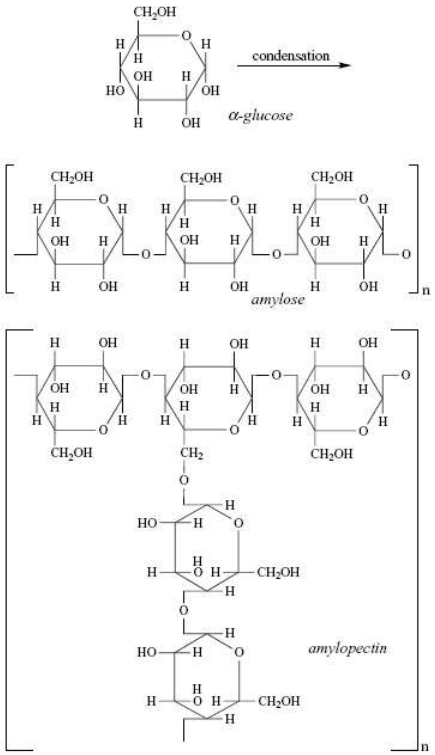
سوف يركز البحث على المواد المثخنة الطبيعية، إذ توفر الطبيعة كميات كبيرة من البوليميرات التي يمكن أن تكون منحلة أو معلقة في الماء لتعطي معاجين لزجة. تُنتِج الكثير من المجموعات النباتية عديد السكاريد (Polysaccharides)، وهي إما مستخلصة من الحبوب، أو من الأصماغ، أو مشتقة من السيللوز، أو مستخلصة من الطحالب، أو عبارة عن كربوهيدرات معدلة. سوف يتم فيما يلي الإشارة إلى بعضٍ من هذه المواد:

– صمغ الغوار Guar gum: يُستخرج صمغ الغوار من نبتة الغوار والتي تُزرع في الهند والباكستان. يتكون من سكرين أحاديين هما المانوز (Mannose) والذي يشكل السلسلة الرئيسية المستقيمة، والغالاكتوز (Galactose) والذي يشكل السلاسل الجانبية. يكون التركيب الكيميائي في صمغ الغوار على شكل حلقة غالاكتوز جانبية في كل حلقتي مانوز من السلسلة الخطية (الشكل 1). يُعد صمغ الغوار من السكاكر المتعددة والذي يحتوي عدداً هائلاً من المجموعات الهيدروكسيلية التي يمكن أن تتفاعل مع الأصبغة الفعالة، مما يخفض من قوة اللون ويزيد من صلابة القماش المطبوع، مما استدعى إلى تحضير صمغ الغوار المعدل كيميائياً [1،3].



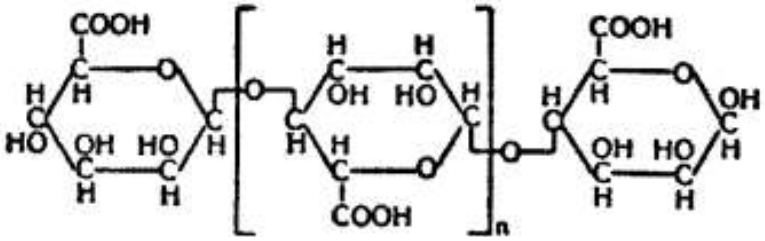
الشكل رقم (1) : بنية صمغ الغوار

– النشاء Starch: توجد مصادر عديدة للنشاء كنشاء الذرة، والقمح، والأرز، والبطاطا وغيرها. تتكون معظم النشويات من (20–30%) من بوليمير خطي معروف باسم الأميلوز (Amylose)، وبوليمير غير منتظم متشعب هو الأميلوبكتين (Amylopectin) (الشكل 2) [3].



الشكل رقم (2): التركيب الكيميائي لكل من الأميلوز والأميلوبكتين في النشاء

– ألجينات الصوديوم Sodium alginate: يُعدّ حمض الألجينيك المكون الكربوهيدراتي الأساسي للطحالب السمراء من فصيلة (Phaeophyca). يكون لحمض الألجينيك الصيغة الموضحة في الشكل 3. إن ألجينات الصوديوم عبارة عن الملح الصوديومي لحمض الألجينيك وله الصيغة العامة $C_{10}H_{18}O_{10}(COONa)_2$، وهي قابلة للانحلال في الماء البارد [3].



الشكل رقم (3): حمض الألجينيك

ما زالت الدراسات تتوالى للبحث عن مواد مثخنة جديدة متوفرة ومتاحة على مستوى بعض البيئات المحلية، فقد قام Islam وزملاؤه (2024) بتحضير معجونة طباعة للطباعة بالأصبغة الفعالة على الأقمشة القطنية، وقد تم تثخينها بمسحوق ناعم من درنة نبات القلقاس، وهي نبتة واسعة الانتشار في بنغلادش وتستخدم في الغذاء. تبيّن أن المعجونة الحاوية على مسحوق درنة نبات القلقاس تعطي لزوجة مناسبة وتحقق دقة ووضوح في الرسوم وتحافظ على قوة اللون، كما أنها أكثر اقتصادية مقارنة بألجينات الصوديوم [8].

نظراً لكون دور المادة المثخنة في معجونة الطباعة هو حجز الصباغ، وتقليص انتشاره ضمن القماش إلى أقصى حد بهدف الحصول على حواف دقيقة للرسم المطبوع، فلابد من إزالة المواد المثخنة الطبيعية من على القماش بعد تثبيت الطبعة عليه، إذ يتسبب تركها على القماش بقساوة وخشونة الملمس في مواضع الرسوم المطبوعة. تتم إزالة المواد المثخنة والمواد الأخرى الزائدة من القماش المطبوع عن طريق عملية الغسيل النهائي بالماء. إن استخدام مادة مثخنة وحيدة في تكوين معجونة الطباعة قد لا يساهم في إعطاءها السلوك الريولوجي وخواص اللون واللزوجة اللازمة لإجراء الطباعة، كما يكون من الصعب إزالتها بعملية الغسيل النهائي نظراً لترابط سلاسلها البوليميرية بروابط فيزيائية جانبية نظراً لامتلاكها المجموعات الوظيفية نفسها. في حين أن استخدام خليط من أكثر من مادة مثخنة في المعجونة قد يساهم في تحسين السلوك الريولوجي وخواص اللزوجة، كما تسهل من إزالتها بعملية الغسيل النهائي نظراً لقلة الروابط الفيزيائية العرضية المتشكلة بين سلاسلها البوليميرية، وذلك لاختلاف البنية الكيميائية لكل مادة مثخنة.

فقد قام Islam وزملاؤه (2016) باستخدام خليط من جِل صبار الأوليفيرا وألجينات الصوديوم لتثخين معجونة طباعة لطباعة أقمشة قطنية بالبيغمنت، وتمت مقارنتها مع معجونة حاوية على مثخن تركيبي. أظهر استخدام جِل صبار الأوليفيرا تأثيراً إيجابياً في خصائص القماش المطبوع من حيث دقة حواف الرسوم والثباتية تجاه الاحتكاك والنعومة، بالإضافة إلى الميزة الاقتصادية التي تمت دراستها، إلا أن قوة اللون كان أقل مقارنة بالمعجونة الحاوية على مثخن تركيبي [9].

وقد أثبتت الدراسات مزايا استخدام خليط من المواد المثخنة وفوائدها، فقد وجد Akter وزملاؤه (2023) أن استخدام خليط من المواد المثخنة من ألجينات الصوديوم مع مادة مثخنة أخرى يحسن من جودة الطباعة باستخدام الأصبغة الفعالة وخصوصاً قوة اللون، ولم تؤثر سلباً في ثباتية اللون للرسوم المطبوعة [1].

وقد قام SHAHIDULLAH وزملاؤه (2008) بدراسة طباعة أقمشة الجوت والقطن بمعاجين حاوية على نشاء الذرة أو ألجينات الصوديوم أو خليط منهما، وقد تم تحضير معاجين حاوية على نسب محددة من هذه المواد المثخنة إما مفردة أو على شكل خليط. أثبتت التجارب إمكانية الحصول نتائج جيدة إلى ممتازة من حيث دقة الحواف والثباتية تجاه الغسيل والاحتكاك [10].

نظراً للمزايا التي ذكرت سابقاً عند استخدام خليط من المواد المثخنة في تكوين معاجين الطباعة، فيمكن القول أن استخدام خليط من المواد المثخنة في معاجين الطباعة يحقق بعض الفوائد التي لابد من دراستها.

1-2- هدف البحث :

يهدف البحث إلى ما يلي:

- دراسة سلوك لزوجة بعض المواد المثخنة الطبيعية المصنفة كسكاكر متعددة (صمغ الغوار، النشاء، ألجينات الصوديوم) تجاه إجهادات القص المطبقة.
- دراسة سلوك لزوجة خلائط من مكونين من هذه المواد المثخنة الطبيعية.

2- المواد وطرائق البحث

2-1- المواد المستخدمة:

1. قماش قطني 100% مجهز (مبيض ومنزوع النشاء) تركيبه النسيجي سادة (1/1) ووزن المتر المربع (150 g/m^2)
2. صمغ الغوار Guar gum
3. النشاء Starch
4. ألجينات الصوديوم Sodium alginate

5. ماء مقطر

2–2– الأدوات والأجهزة المستخدمة:

1. خلاط مغناطيسي لتحضير معاجين المواد المثخنة
2. جهاز قياس اللزوجة ذو قرص دوار من نوع (Visco easy R, Wira)

2–3– التجارب والاختبارات:

2–3–1– تحضير معاجين المواد المثخنة:

تُحضر عادة معاجين من المواد المثخنة أو ما يسمى بالمعاجين البيضاء، وهي على شكل محاليل أو معلقات مائية من المواد المثخنة وذلك تبعاً لقابلية المادة المثخنة للانحلال في الماء. اعتاد العاملون في مجال الطباعة تحضير المعاجين البيضاء للمواد المثخنة وتركها تستريح لعدة ساعات قد تصل إلى 24 ساعة، وذلك بهدف السماح للسلاسل البوليميرية لهذه المواد المثخنة بالتباعد عن بعضها أو ما يعرف بظاهرة الانتفاخ بهدف الوصول إلى اللزوجة المطلوبة للمعاجين قبل استخدامها في تحضير المعاجين الملونة النهائية. تمت دراسة سلوك لزوجة هذه المعاجين قبل مزجها مع الأصبغة والمواد المساعدة الأخرى التي تشكل معجونة الطباعة الملونة النهائية، إذ إن هذه المكونات الأخرى لا تؤثر في لزوجة المعجونة، باستثناء الأملاح (الكهرليتات) والتي تؤثر في لزوجة بعض المواد المثخنة، ولن تستخدم الأملاح في تكوين معاجين الطباعة في هذا البحث.

تم في هذا البحث تحضير معاجين مواد مثخنة عديدة ومعاجين أخرى مكونة من خليط من مكونين، وكان تركيز المواد المثخنة في كل المعاجين ككتلة جافة يساوي 3%، وهو التركيز الموصى به عادة في الصناعة، وقد تم تحضيرها كلها في الماء المقطر. يوضح الجدول 1 مكونات المعاجين المدروسة.

الجدول رقم(1): مكونات معاجين المواد المثخنة المدروسة

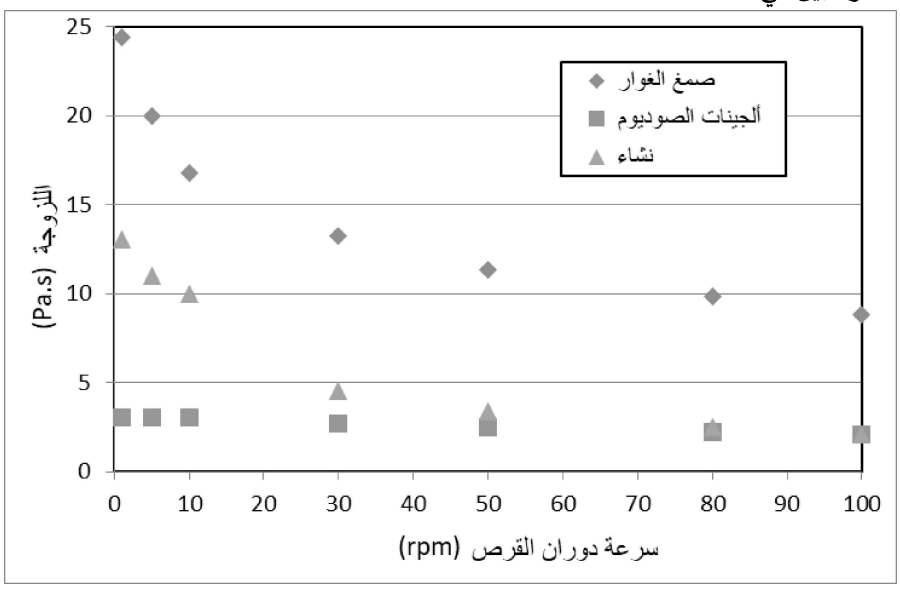
الرقم	نوع المواد المثخنة	نسبة المواد المثخنة إلى بعضها في الخليط	نسبة المواد المثخنة في المعجونة
1	صمغ الغوار		%3
2	ألجينات الصوديوم		
3	النشاء		
4	صمغ الغوار/النشاء	50/50	
5	صمغ الغوار/ألجينات الصوديوم	50/50	

2–3–2– قياس لزوجة معاجين المواد المثخنة:

تم قياس لزوجة المعاجين المدروسة باستخدام جهاز قياس اللزوجة ذو قرص دوار من نوع (Visco easy R, Wira)، تكون أداة القياس فيه عبارة عن قرص دوار يتم غمره في بيشر مملوء بالمعجونة. تم قياس عزم المزدوجة اللازم لتدوير القرص ضمن المعجونة بسرعة ثابتة، بمعنى آخر قياس الإجهاد اللازم للتغلب على المقاومة التي تعيق حركة القرص، والتي تعبر عن اللزوجة. ومن الممكن في مثل هذه الأجهزة اختبار أقراص بأقطار متعددة وسرعات مختلفة. يمكن بواسطة الاختبارات على هذا الجهاز رسم سلسلة من المنحنيات، توضح تغيّر اللزوجة تبعاً للإجهاد.

3- النتائج والمناقشة:

تم تسجيل قيم اللزوجة تبعاً لسرعة دوران القرص الدوار من أجل معاجين المواد المثخنة الحاوية على مادة مثخنة واحدة، وتم تمثيلها كما هو مبين في الشكل 4.



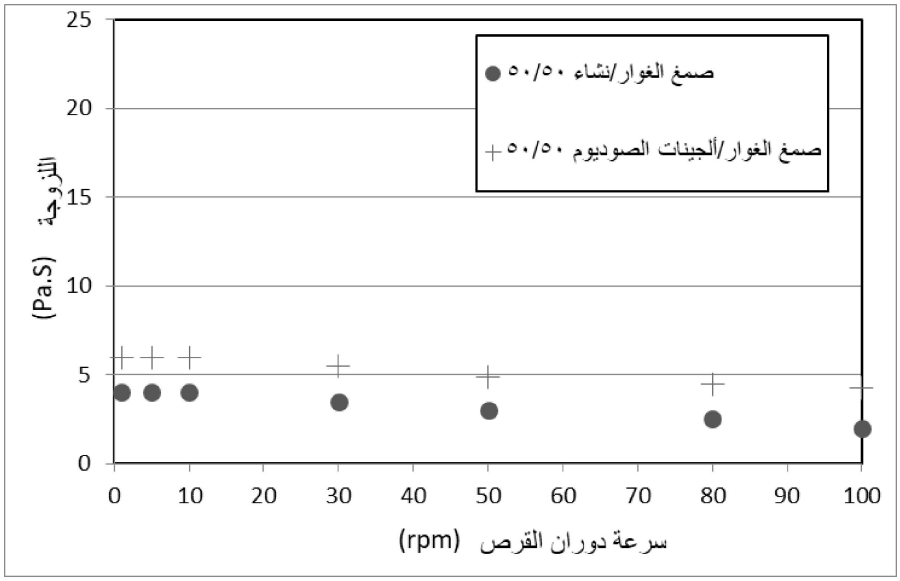
الشكل رقم(4): العلاقة بين اللزوجة وسرعة دوران القرص لمعاجين المواد المثخنة المستخدمة

يبين الشكل 4 أن معاجين المواد المثخنة المدروسة تمتلك سلوكاً نمطياً للسلوك المعتاد لمثل هذه البوليميرات، إذ إن سلوكها غير نيوتوني، واللزوجة تتغير مع تغير إجهاد القص المطبق (تتناقص اللزوجة مع ازدياد إجهاد القص المطبق)، ويشار إلى هذا السلوك على أنه سلوك تترقق فيه المادة مع ازدياد إجهاد القص (Shear thinning)، وهو السلوك المرغوب في معاجين الطباعة [3]، وهذا يشارك في تسهيل نفوذ المعجونة عبر مسامات الشبلون بتأثير إجهادات القص المطبقة من قبل المقشطة أثناء مد المعجونة خلال إجراء الطباعة يدوياً أو آلياً.

في حال المعجونتين الحاويتين على كل من النشاء وألجينات الصوديوم، لوحظ أن لزوجتهما تقعان ضمن المجال المتعارف عليه للزوجة معاجين الطباعة والتي تقع ضمن المجال (3–12 Pa.s) [3]، وذلك على كامل مجال إجهاد القص المدروس. فيما كانت لزوجة معجونة صمغ الغوار متوافقة مع هذا المجال بدءاً من إجهاد القص الموافق لسرعة دوران القرص (30 rpm)، إذ كانت قبلها أعلى من القيم الموصى بها.

كما لوحظ أن لزوجة معجونتي صمغ الغوار والنشاء تتأثر بوضوح بتغير إجهاد القص ، إذ تتناقص اللزوجة بوضوح مع ازدياد إجهاد القص المطبق، في حين تبدي معجونة ألجينات الصوديوم سلوكاً أقل تأثراً بإجهاد القص، إذ لا تتناقص لزوجتها كثيراً مع ازدياد إجهاد القص، وذلك يسمح بالقول بأن سلوكها أقرب إلى سلوك المائع النيوتوني.

نظراً لكون البحث يهدف إلى تطبيق خليط من المواد المثخنة لما له من فوائد تمت الإشارة لها مسبقاً، فقد تم تحضير معجونتين تحويان خليطاً من مادتين: تحوي الأولى صمغ الغوار/نشاء بنسبة (50/50)، وتحوي الثانية صمغ الغوار/ألجينات الصوديوم بنسبة (50/50). وقد تم اختيار صمغ الغوار كمادة مشتركة في كلا الخليطين لكونها المادة المثخنة التي تتمتع باللزوجة الأعلى، وهذا يقلل من استخدام تراكيز أعلى من المادة الجافة للمادة المثخنة في معجونة الطباعة لما له من سلبيات على إجراء الطباعة، إذ تصبح إزالتها بالغسيل أصعب بعد انتهاء الطباعة، وتؤثر في المردود اللوني للطباعة. يوضح الشكل 5 العلاقة بين اللزوجة وسرعة دوران القرص لمعاجين خليط من المواد المثخنة المستخدمة.



الشكل رقم (5): العلاقة بين اللزوجة وسرعة دوران القرص لمعاجين خليط من المواد المثخنة المستخدمة

لوحظ بالنسبة للمعجونتين أن لزوجتهما انخفضت مع ازدياد إجهاد، وكانت المعجونة الحاوية على خليط من صمغ الغوار/ألجينات الصوديوم ذات قيم لزوجة أعلى على كامل مجال إجهاد القص المدروس وتتراوح بين (4–6 Pa.S)، وهي تقع ضمن المجال الموصى به للزوجة معاجين الطباعة.

4– الاستنتاجات:

يمكن استنتاج الأمور الآتية:

– لوحظ تفاوتاً ملحوظاً في لزوجة المعاجين الحاوية على مادة مثخنة واحدة عند إجهادات قص منخفضة، إذ إن بعضها كصمغ الغوار والنشاء يحتاجان إلى إجهادات قص معتبرة لتنخفض اللزوجة، ويمكن عدّ ذلك ميزة من أجل إجراءات الطباعة الآلية التي يحتاج تطبقيها إجهادات قص مرتفعة.

– أظهرت معاجين خلائط المواد المثخنة السلوك النمطي المعتاد نفسه لمثل هذه البوليميرات عند استخدامها فردياً، وهو سلوك تتناقص فيه اللزوجة مع ازدياد إجهاد القص المطبق، وإن كان بصورة أقل، وهذا يشير إلى عدم حدوث تأثيرات متبادلة غير متوقعة بين السلاسل البوليميرية لهذه المواد المستخدمة.

– كان تغير اللزوجة بالنسبة لخلائط المواد المثخنة أقل وضوحاً مع ازدياد إجهادات القص المطبقة، وذلك مقارنة مع المواد المثخنة نفسها عندما استخدمت فردياً. يمكن أن يعزى ذلك إلى نشوء تداخلات وتشابكات إضافية بين السلاسل البوليميرية لمختلف المواد المثخنة المستخدمة.

– يوصى باختبار هذه المعاجين في طباعة الأقمشة، وإجراء مقارنة بين تقنيات الطباعة المختلفة، واختبار مواصفات الرسوم المطبوعة من حيث نقاء الطباعة ودقتها، والثباتيات، وعمق اللون وغيرها.

5- المراجع

[1] Akter N., Pervin M., Repon Md. R., (2023). The influence of mixed thickeners on printing over lyocell knitted fabric, Heliyon 9 ,e14175
[2] Choudhury A K R, (2023). Principles of Textile Printing. published by CRC Press, first edition
[3] Miles L. W. C., (2003). Textile printing. Published by Society of Dyers and Colourists, England, 3rd edition
[4] Abd El-Rahman A. A., Nassar S. H., El-Sayad H., Elshemy N. S., (2022). Advancements in Thickening Agents Used in Textile Printing, Egypt. J. Chem., Vol. 65, No. 1, pp. 565 - 579
[5] Hamdy D. M., Hassabo A. G., Osman H. A., (2021). Recent Use of Natural Thickeners in the Printing Process, J. Text. Color. Polym. Sci., Vol. 18, No. 2, pp. 75-81
[6] Harlapur SF, Airani NR, and Gobbi SS, (2020). Appliance of Natural Gums as Thickeners in the Process of Cotton Printing, Adv Res Text Eng, Volume 5 Issue 2
[7] Nuru A. M., Ahmmed A. S., Gudayu A. D., (2025). Eco-Friendly Thickening Agent for Cotton Fabric Reactive Dye Printing, AATCC Journal of Research Vol. 12 (1) 1–13
[8] Islam S., Akter N., Repon Md. R., Al Mamun Md. A., (2024). Effect of natural thickener on printing performance over cotton woven fabric, Heliyon 10, e31224
[9] Islam M. T., Khan S. H., Hasan Md M., (2016). Aloe vera gel: a new thickening agent for pigment printing, Coloration Technology 132, 255–264
[10] SHAHIDULLAH M., AHMED H.U., UDDIN M. M., HALIM A., ANWER M. M., (2008). FORMULATION OF PRINT PASTE USING NATURAL AND INDIGENOUS THICKENER- MAIZE (ZEA MAYS L.) STARCH GUM, J. Soil. Nature. 2 (2):05-08