مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (23) العدد (10) 2001
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research-Engineering Science Series Vol (23) No (10) 2001

تأثير التباين في أقطار كريات البولي ستيارين الممددة على المنتج النهائي

الدكتور رامي منصور*

(قبل للنشر في 2001/1/29)

الملخّص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير عملية تمدد البولي ستيارين على الكثافة الحجمية للكريات الممددة، وللمنتج النهائي . تظهر النتائج أن الكثافة الحجمية للكريات الممددة، تتأثر مباشرة بفترة استراحة هذه الكريات في مستودعات الترييح (Expanded Bead storage *) ، وأن الكريات الممددة، تكون ذات أقطار مختلفة، وهذا يعتبر من العيوب التي ينبغي تجنبها . تظهر النتائج أيضاً أن التباين في أقطار الكريات، يؤثر على قيم كثافة العينات المقتطعة من المنتج النهائي ، وأنه من الضروري البحث عن نظام تصنيعي أمثل بقصد الحصول على كريات متساوية الأقطار ، أو ضرورة البحث عن مواد أولية جديدة تحقق هذا الهدف*

*مدرس في قسم التصميم والإنتاج – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سوريا

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (23) العدد (10) 2001
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research-Engineering Science Series Vol (23) No (10) 2001

The Effect of Diameter 's Different of Expanded Polystyren Bead on the Finale Product

Dr. Rami H. Mansour*

(Accepted 29/1/2001)

□ ABSTRACT □

This resarch studies the effect of expansion operation of the expandable polystyrene on the apparent density of the expanded bead, and on the finale product.
The results shows that the density of expanded bead connected directly with the staying time (Relaxation time) in the bead storage, and the bead's diameter are different.
The results show also that this different among diameter's bead will be give a clear effect On the density in the finale product, and we can obtain the best result when the diameter's Bead is nearly equal.

***Lecturer at Department of Design and Production Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering,Tishreen University, Latakia, Syria**

مقدمة :

تشغل المنتجات البلاستيكية مكانة متقدمة في الحياة الصناعية، حتى أصبحت تشكل البديل للكثيرمن المنتجات التقليدية السائدة الاستخدام في التطبيقات الإنشائية، والصناعية مثل : قساطل الصرف الصحي ، وأنابيب التمديدات الصحية ورقائق العزل المائي ، وألواح العزل الحراري ، وقطع الربط والوصل ....الخ . في الحقيقة يكمن السبب الرئيسي في انتشار هذه المنتجات إلى الخواص الفيزيائية – الميكانيكية التي تجعلها تتميز بخواص استثمارية عالية ، وإلى الجهود الكثيفة، والأبحاث المستمرة الهادفة إلى تحسين جودة هذه المنتجات ، وتحقيق الوثوقية المطلوبة فيها [1,2,3,4,5,6]

تقسم المواد البلاستيكية المستخدمة في الصناعة استناداً للأسلوب التكنولوجي الواصف لعملية التصنيع إلى مجموعتين رئيستين :

1 –مواد البلاستيك الحراري (Thermoplastic) : وتنتمي لها جميع مواد البلاستيك القابلة لإعادة التصنيع وتحتل هذه المجموعة في وقتنا المعاصر مكانة هامة، ولاسيما في الصناعات الخدمية مثل القساطل، والرقائق، والألواح، والصفائح والأنابيب ... .الخ [7,8,9,10]

2 – مواد البلاستيك المتصلبة حرارياً (Thermosetting):وتتميز مواد هذه المجموعة بالمتانة العالية ، ومقاومتها للحمولات المختلفة ، وتنتمي لها جميع المواد غير القابلة لإعادة التصنيع مثل البولي استر غير المشبع ، والبولي فورمالدهيد ، وراتنجات الإيبوكسي ....الخ وتستخدم على نطاق واسع في صناعة المنتجات التي تتطلب عازلية كهربائية عالية ، ومقاومة كبيرة للحموض والقلويات ، وخواص ميكانيكية – فيزيائية خاصة ، [11,12]

تشكل المنتجات ذات البنية المسامية فصيلة مستقلة في حقل الصناعات البلاستيكية . يعود السبب في هذا إلى الخواص المميزة، التي تحتلها هذه المنتجات في التطبيقات الهندسية، ولاسيما في مجالات العزل الحراري، والصوتي، وتخميد الإهتزازات ، وفي المجال الإنشائي. فالخواص العديدة التي تمتلكها هذه المنتجات من مقاومة للضغط وللصدمات وللعوامل الجوية المختلفة ، ومقاومتها للاهتراء بسبب التقادم ....الخ ، تجعلها تحتل مكانة رائدة في الحياة التطبيقية إذا ماقورنت هذه الخواص مع كثافتها الظاهرية المنخفضة .

تصنع المنتجات البلاستيكية المسامية من معظم مواد البلاستك الحراري ، والبلاستيك المتصلب حراريا، ويتم الحصول على البنية الخلوية (cellular structure) بعدة طرق أهمها استخدام مواد اضافية خاصة، تساهم بتشكيل البنية الفراغية، أو الخلوية تدعى بعوامل النفخ (Blowing agent) . حيث تخلط هذه المواد مع المادة البلاستيكية (مادة الأساس)، إما خلال عملية التحضير الكيميائي ، أوقبل عملية التصنيع، وخلال عمليات التصنيع تساهم هذه المواد بتشكيل الغاز ضمن كتلة المنتج مسببة بذلك تشكل الخلايا، أو الفراغات في المنتج النهائي . [13]

تصنف المواد البلاستيكية المسامية إلى البلاستيك الرغوي، والبلاستيك النفاش (أو الممدد) ، ويتم اعتماد هذا التصنيف استناداً إلى طبيعة مادة الأساس الأولية المستخدمة . تتكون البنية الرغوية عادةعندما تكون مادة الأساس البلاستيكية بالحالة السائلة ، كما هو الحال في البولي أوريتان الرغوي (Fomed polyurethan)، أما البنية النفاشة فتتكون من جراء استخدام مواد إضافية، تخلط مع مادة الأساس الصلبة ، وهذه المواد تتحول إلى الحالة الغازية أثناء عملية التصنيع مشكلة بذلك الخلايا داخل المنتج النهائي ، كما هو الحال في البولي فينيل كلوريد النفاش ، والبولي ستيارين النفاش [14]

تشكل البنية المسامية في المنتج النهائي الأساس الحقيقي لمجمل خواصه . فنوع الخلايا وحجمها ، وتجانس شكلها وانتظام توزعها ، وطبيعة الترابط فيما بينها ، ونوع المواد المالئة، والمقوية المضافة لمادة الأساس ، وطبيعة المواد المسببة للتمدد، أوالانتفاخ المستخدمة ، وأسلوب التصنيع المستخدم ....الخ ، كلها عوامل تساهم بشكل أو بآخر في التحكم بنوعية المنتج وبخواصه الاستثمارية ، وتوجيهها بالاتجاه المرغوب فيه [15]

يحتل البولي ستيارين الممدد (Expandable polystyrene EPS) مكانة هامة في التطبيقات الهندسية ، ويعتبر من أكثر المواد استخداماً في العزل الحراري والصوتي ، ولاسيما في صناعة البرادات الكبيرة المستخدمة لحفظ الخضار والفاكهة لهذا

السبب فإنه من الضروري ، عند التعامل مع منتجاته ، المعرفة المسبقة لنوعية هذه المواد من قبل المستخدمين وذلك بهدف معرفة خواص العزل والمقاومة، وتحقيق الاستخدام الأمثل لهذه المواد من الناحية الهندسية [16]توجد مادة البولي ستيارين الأولية على شكل حبيبات بلورية المظهر قابلة للتمدد ، حيث يتم معالجتها بالتسخين بالبخار لتعطي منتجات خفيفة . في الحقيقة توجد طريقتان أساسيتان لإنتاج كريات البولي ستيارين القابلة للتمدد [13]

1 – البلمرة وانحلال الغاز في الكريات خلال طور واحد

2 – بلمرة الستيارين، ثم وضع الكريات في وسط ذي ضغوط، ودرجات حرارة مرتفعة ، وفي كلتا الحالتين، فإن الغاز المستخدم هو البنتان تمرعملية تشكيل كريات البولي ستيارين في القوالب بثلاثة أطوار : التمدد الأولي –النضوج–التشكيل . تكون المادة الأولية ، لمادة البولي ستيارين القابلة للتمدد ، على شكل بلورات صغيرة متماثلة الشكل والأبعاد، ويمكن تلخيص هذه العمليات بالمراحل التالية [13] :

v تتم عملية التمدد الأولية (التنفيش) للبلورات في القسم الأول من الخط الإنتاجي في آلة التنفيش، حيث تتعرض المادة إلى درجات حرارة وضغوط عالية .

v تخرج الحبيبات من آلة التنفيش على شكل كريات ممددة (Expanded Bead) لتمر بعد ذلك إلى مستودع ترييح الكريات الممددة (Expanded Bead storage) حيث الشروط مطابقة للوسط الجوي المحيط . نتيجة للاختلاف في درجة الحرارة، تتعرض الكريات الممددة لعملية التبريد، ويتكاثف عامل النفخ داخلها مشكلاً بذلك الفراغ الجزئي . تدعى هذه العملية بمرحلة النضوج ، وفيها تصبح الحبيبات سريعة العطب . خلال فترة النضوج يدخل الهواء إلى الكريات الممددة بهدف تحقيق توازن الضغط الداخلي للكريات مع الضغط الجوي المحيط .

v بعد التحقق من انتهاء عملية النضوج، يتم ملء القالب حتى نهايته بالكريات الممددة ، ثم يغلق ويسخن بواسطة البخار المحمص ، نتيجة لتأثير البخار يتمدد الهواء وعامل النفخ المتبقي مسبباً تمدد الكريات من جديد وملء الفراغات المحصورة بينها . في هذه المرحلة يحدث التصاق الكريات بعضها ببعض ، وتتشكل بنية متلاصقة من الكريات الممددة نبرد القالب، ونخرج القطعة المصبوبة [17].

الهدف من البحث :

تتيح دراسة تسلسل العملية الإنتاجية في خط إنتاجي لتصنيع البولي ستيارين الممدد إلى تجزئة بارمترات العملية الإنتاجية على الشكل التالي :

1 –البارمترات المرتبطة بآلة التنفيش (الضغط ودرجة الحرارة وزمن البقاء بالآلة)، وتعتبر من العوامل الهامة، والمؤثرة على عملية تمدد المادة الأولية ، لهذا السبب ينبغي تحديدها بدقة ، بما يتوافق وطبيعة المادة الأولية المستخدمة ، ومعرفة مدى تأثيرها على الكثافة الحجمية للكريات الممددة

2 –أقطار الكريات الممددة، وكثافتها، ومدى تأثير فترة الاستراحة على هذه البارمترات (التي سنطلق عليها في بحثنا البارمترات غير المباشرة). فنتيجة لتباين الظروف بين آلة التنفيش، ومستودعات التخزين، تتعرض الكريات لعملية التقلص، ونتيجة لهذا تتغير كثافتها

3 –بارمترات آلة التشكيل، وأهمها الضغط، ودرجة حرارة البخار المستخدم بعملية التشكيل استناداً إلى هذه المقدمة النظرية البسيطة، حرصنا في بحثنا على دراسة تأثير البارمترات غير المباشرة على العملية الإنتاجية ، آخذين بعين الاعتبار ثبات بارمترات كل من آلتي التنفيش، والتشكيل في الخط الإنتاجي . انطلاقاً من هذا حددنا مراحل الدراسة التجريبية بالنقاط الرئيسة التالية :

1 –منحني العلاقة الواصف لتغير كثافة الكريات الممددة بدلالة فترة الاستراحة في مستودع التخزين

2– منحني العلاقة الواصف لتغير أقطار الكريات الممددة بدلالة فترة الاستراحة

3 –دراسة التباين في أقطار الكريات الممددة

4 – تأثير تباين أقطار الكريات الممددة على المنتج النهائي

المواد المستخدمة في الاختبارات:

– منتجات مصنعة في معمل (المثنى بلاست – الريحانية)الواقع بمدينة طرطوس – سوريا . يستخدم المعمل مادة البولي ستيارين القابلة للتمدد الفرنسية الصنع – ماركة :

DA – Expandable polystyrene –P 543 B

المادة الأولية صلبة تطلق بخاراً أثقل من الهواء ، سريع الاشتعال . لذلك تخزن في مستودعات باردة ومهواة.

تمت عملية تمدد المادة الأولية في آلة إيطالية الصنع – ماركة Berndorf بالظروف التالية :

1 –ضغط البخار العامل في آلة التنفيش (أو التمدد) P= 0.5 bar

2 –درجة حرارة التنفيش في الآلة t = 90 درجة مئوية

تمت عملية تشكيل المنتج النهائي على آلة إيطالية الصنع – ماركة Bendorf مخصصة لتصنيع صناديق حفظ الخضار والفاكهة المستخدمة بكثرة في أسواقنا المحلية .

– منتجات مصنعة في معمل الشرق الأوسط –طرطوس –طريق طرابلس القديم . يستخدم المعمل مادة البولي ستيارين القابلة للتمدد Polystyren Beads –إنتاج سعودي ذات أبعاد للحبيبات البلورية 0.9mm ماركة – IMDG code UN-No:2211, class 9 . تمت عملية التنفيش والتصنيع على آلات ألمانية المنشأ نوع PAN TEL .عملية التنفيش تمت بالظروف التالية :

- الضغط المستخدم في آلة التنفيش P=0.5 bar
- درجة الحرارة المستخدمة t = 60 درجة مئوية . في حال استخدام درجة حرارة أكبر من هذه القيمة فإن المادة تصل لحالة التجبل والالتصاق بعضها ببعض
- زمن التنفيش 0.5 hour لكل نصف طن من المادة

المعمل ينتج صناديق لحفظ الخضار والفاكهة بأبعاد مطابقة للمعمل الأول .

آدوات القياس المستخدمة بالعمل :

–تم تحديد الكثافة الحجمية للكريات الممددة بالطريقة الوزنية [18] ،وذلك باستخدام وعاء قياسي سعته lit1

– تم تحديد وزن العينات بواسطة ميزان رقمي بدقة 0.01 g

–تم قياس أبعاد العينات المقتطعة من المنتج النهائي بواسطة ميكرومتر رقمي بدقة 0.01 mm (Electronic Digital Caliper) صناعة ألمانية .

طرائق القياس :

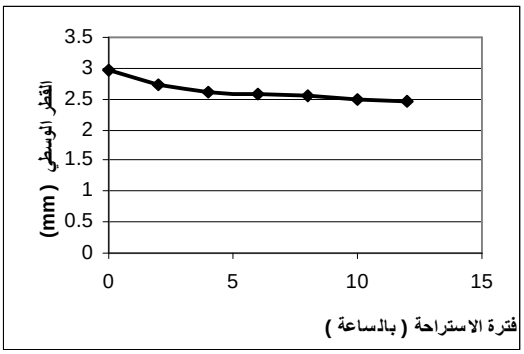
- لتحديد تغير الكثافة الحجمية للكريات الممددة بدلالة فترة الاستراحة، كان من الضروري عزل كمية كبيرة ، من الكريات المحضرة بنفس الظروف التكنولوجية ، كافية لأخذ عدد من القراءات (10 قراءات على الأقل لكل نقطة) بهدف تحديد قيمة المتوسط الحسابي .
- لتحديد الوزن، تم أخذ عدد من القراءات (10 قراءات على الأقل) ، واعتماد قيمة المتوسط الحسابي .
- لتحديد القطر الوسطي للكريات الممددة، تم عزل مجموعة منها لحظة خروجها من آلة التنفيش، وقياس أقطار هذه الكريات ، واعتماد المتوسط الحسابي لهذه القراءات .
- لتحديد أبعاد العينات المقتطعة من المنتج النهائي ،تم أخذ عدد من القراءات(5 قراءات على الأقل لكل بعد) وحساب المتوسط الحسابي . فيما يتعلق بالسماكة كان من الضروري أخذ عدد كبير من القراءات بمواقع مختلفة في العينة الواحدة (حوالي 20 قراءة) .

- المراقبة البصرية أجريت بواسطة ميكروسكوب روسي الصنع ماركة (يونات – 2 3-π) مقدار التكبير من 80 حتى 400 مرة .

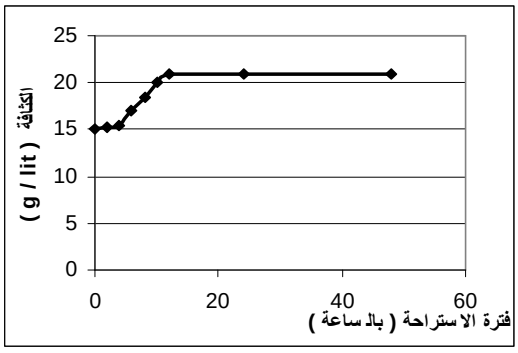
النتائج والمناقشة:

كما هو معلوم أنه من الضروري الحصول على كتلة حجمية ظاهرية مناسبة للكريات أثناء عملية التمدد الأولية (Pre-expansion) في آلة التنفيش . يعود السبب في هذا إلى أن التغير الوحيد الذي يحدث أثناء عملية التشكيل النهائية، هو تمدد الكريات لتشغل فراغات هواء القالب ، علماً أن وزن القطعة المصبوبة يساوي وزن الكريات الممددة مسبقاً والمستعملة لملء القالب [13] .

يبين الشكل (1) أن كثافة الكريات الممددة، تتأثر بشكل واضح بزمن الاستراحة ، وهو الزمن اللازم لوصول الكريات إلى الحالة المستقرة ، حيث يلاحظ تزايد بافي كثافة من15.2 g/lit حتى الوصول إلى قيمة ثابتة21 g/lit . تبين هذه النتيجة أن الزمن اللازم للوصول إلى حالة الاستراحة الكاملة حوالي(12 hour) ،وهذا يعني عملياً امكانية استخدام هذه المواد بعملية التشكيل اللاحقة بعد مرور هذا الزمن .



الشكل (2) –تغير القطر الوسطي لكريات البولي ستيارين الممددة بدلالة فترة الاستراحة



الشكل (1) –تغير الكثافة الحجمية للكريات الممددة بدلالة فترة الاستراحة

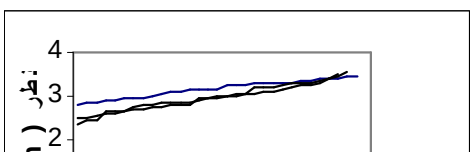
إن التفسير الوحيد لتزايد الكثافة الحجمية، هو التناقص الحاصل في حجم الكريات الممددة بمرور الزمن ، لهذا السبب كان من الضروري مراقبة التغيرات التي تتعرض لها أقطار الكريات بدلالة فترة الاستراحة .

يبين الشكل (2) منحني تغير القطر الوسطي بدلالة فترة الاستراحة . كما هو واضح أن القطر الوسطي للكريات يتناقص بشكل واضح بدلالة الزمن ، حيث تتناقص قيمته الوسطية من3mm لتصل2.465mm بعد مرور زمن قدره12 hour .إن هذه النتيجة منطقية ومتوقعة ، ويمكن تفسيرها استناداً للتغير الحاصل بظروف الوسط المحيط بالكريات بين آلة التنفيش، ومستودع التخزين . فالفرق الحراري الواضح بينهما، يكون سبباً لحدوث التقلص الحجمي، الذي بدوره يؤدي إلى حدوث التزايد في الكثافة الظاهرية للكريات الممددة

إن هذه النتائج، تبين ضرورة الالتزام بفترة الاستراحة التي تحقق الاستقرار الحجمي للكريات . فالتعامل مع كريات مستقرة الأبعاد، يعني من الناحية العلمية التعامل مع كريات في حالة الاسترخاء ، ومحررة من الإجهادات الداخلية .

بينت المراقبة التجريبية للكريات الممددة وجود اختلاف في أقطارها ، لهذا السبب كان من الضروري إجراء المراقبة التجريبية لأقطار الكريات ، المحضرة بنظام عمل ثابت لآلة التنفيش ، بعد مرور عدة أيام على زمن الاستراحة .

يوضح الشكل (3) تدرج أقطار الكريات الممددة ، وذلك عند الترتيب التصاعدي لقيم هذه الأقطار . أجريت الدراسة على ثلاث مجموعات من الكريات الممددة (كل مجموعة تتكون من 30 عينة) .



بينت الدراسة أنه على الرغم من إجراء القياس بعد وصول الكريات إلى حالة الاستقرار بشكل كامل وجود اختلاف واضح في أقطارها . ربما يعود السبب في هذا إلى كون نظام العمل المستخدم بآلة التنفيش غير مناسب للمادة الأولية أو إلى عدم انتظام توزع المادة الغازية المسببة لعملية التمدد فيها . إن هذا يستدعي بالواقع الدراسة الدقيقة لمدى تأثير بارمترات آلة التنفيش (ضغط – درجة حرارة – زمن البقاء في الآلة) بشكل دقيق على أقطار الكريات بهدف اختيار نظام العمل الأمثل المحقق لأصغر تباين بينها ، وهذا ماسيكون محوراً لأبحاث لاحقة .

بينت المراقبة التجريبية ،أن الشكل العام للكريات الممددة كروي منتظم ، وأن الاختلاف الوحيد بينها، يكمن فقط في اختلاف أقطارها . إن الشكل الكروي المنتظم للكريات الممددة، يؤول إلى الضغط المطبق في آلة التنفيش ، الذي يقوم بإبطال تأثير التوتر السطحي، الذي تتعرض له الكريات أثناء تمددها ، وهذا يعني أن قوى الإعاقة التي تتعرض لها كل الكريات أثناء تمددها واحدة في جميع الاتجاهات . من جهة أخرى يمكن أن نقبل أن الشكل المنتظم للكريات، يعني أن سرعة انتشار الغاز الناشئ ضمن كل كرية ثابت في كل الاتجاهات، وأن الضغط المتشكل داخل الكرية الواحدة ذو قيمة ثابتة . إن هذه المناقشة، تؤكد من وجهة نظرنا، أن سبب عدم تساوي أقطار الكريات، هو عدم انتظام توزع مادة الإضافة المستخدمة المسببة لتشكل الغاز ضمنها .

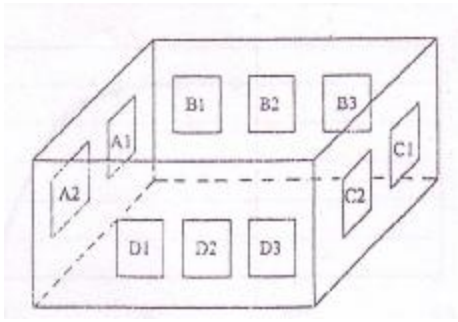
يؤكد هذا تجربة بسيطة أجريت على حبيبات المادة الأولية عند غمرها في وعاءٍ سطحه مفتوح، يحوي ماءً مغلياً درجة حرارته100 درجة مئوية ، لمدة نصف ساعة ، حيث تبين عدم انتظام أقطار الكريات على الرغم من انتظام الظروف المحيطة بها . إن هذه التجربة تثبت أن عامل الحرارة لايؤثر على قطر الكريات المتمددة، كما هو الحال بالنسبة للضغط . من هنا أصبح واضحاً ،أنه من الضروري البحث عن مواد أولية، تحقق أقل تباين في أقطار الكريات، وذلك كي نتمكن من الحصول على منتجات_ قدر الإمكان _ متجانسة البنية .

سمحت لناهذه النتيجة التساؤل حول مدى تأثير إختلاف أقطار الكريات الممددة على المنتج النهائي .

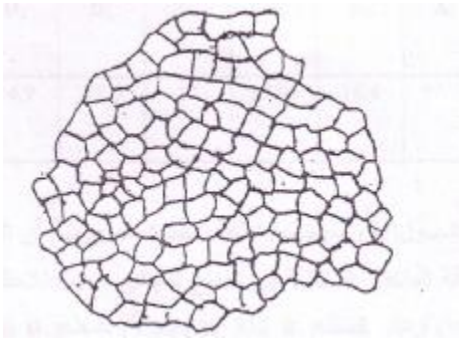
يبين الشكل (4) رسماً يدوياً لصورة ميكروسكوبية لشريحة صغيرة مأخوذة من سطح منتج نهائي بتكبير حتى 400 مرة أن البنية الداخلية للكريات الممددة، تتكون من نسيج متشابك غير منتظم ، شديد الكثافة عند محيط الحبيبة ، وذات كثافات متابينة في باقي المناطق ، كما ونلاحظ من الشكل أن النسيج المتشابك غير المنتظم ،يرتبط بعضه ببعض بوساطة شعيرات دقيقة . إن هذا يؤكد، أن عملية انتشار الغاز داخل الكرية في المرحلة الأخيرة من عملية التشكيل هي عملية عشوائية ، وترتبط مباشرة بمقدار استجابة مادة الأساس اللدنة لتأثير ضغط الغاز المتشكل أثناء عملية التمدد ، وبمقدار الفراغ المحيط بها الذي يسمح لها بالتمدد . فالبنية المتشابكة المتماثلة من حيث العشوائية بمستوياتها الفراغية الثلاثة تتكون من مادة الأساس، وتباين كثافة هذه البنية، يؤكد إما عشوائية انتشار الغاز ضمن كتلة الكرية ، أو عدم تجانس عملية تسخين كامل نقاط الكرية الداخلية والخارجية .

في الحقيقة يسبب اختلاف أقطار الكريات الممددة اختلافاً في الحجوم الحرة المحصورة بينها عند توضعها ضمن حجم محدد ، كما هو الحال عند تواجدها في قالب التشكيل ، وهذا الاختلاف في حجم الفراغات سوف يؤثر بشكل واضح على تمدد الكريات عند تسخينها بالبخار ضمن القالب . فإذا اعتبرنا أن مقدار استجابتها لعملية الإنتفاخ في القالب ثابتة ، فإن انتفاخاتها، سوف تكون غير متجانسة نتيجة لاختلاف الحجوم الحرة المحصورة بينها .

كما هو معلوم أن الكريات تتعرض للانتفاخ مرة أخرى في قالب التشكيل، حتى تصبح حدود كل كرية ملاصقة للكريات



الشكل (5) –المخطط التوضيحي لمواقع عينات الإختبار المأخوذة من صندوق من البولي ستيارين الممدد



الشكل (4) –صورة فوتوكوبية توضح الحدود الفاصلة بين الكريات الممددة مأخوذة من عينة مصنعة جاهزة

المحيطة بها كي تتحقق عملية التلاصق، فيما بينها .ونتيجة لاختلاف أقطارها، ولاختلاف الحجوم الحرة المحصورة بينها فإن هذه الكريات، تتمدد بشكل غير متماثل، وهذا ماتؤكده المراقبة البصرية لسطح منتج نهائي تم تحديد الحدود الفاصلة بين الكريات الممددة فيه. يبين الشكل (4) صورة فوتكوبي لسطح عينة حددت فيها الحدود الفاصلة.

في الحقيقة إن هذا الاختلاف الواضح في حجوم الكريات، يؤدي بالضرورة إلى نشوء عدم تجانس في بنية المنتج النهائي وهذا بدوره سيقود بالضرورة إلى اختلاف في الخواص الفيزيائية – الميكانيكية لهذا المنتج . للتحقق من هذا لجأنا إلى قياس الكثافة في مواقع مختلفة من منتج نهائي ، وهو عبارة عن صندوق لحفظ الخضار والفاكهة ، حيث تم اقتطاع عينات الاختبار وفق المخطط المبين في الشكل (5) . يعطي الجدول (1) قيم كثافة العينات بحسب موقعها الموافق للشكل (5) .

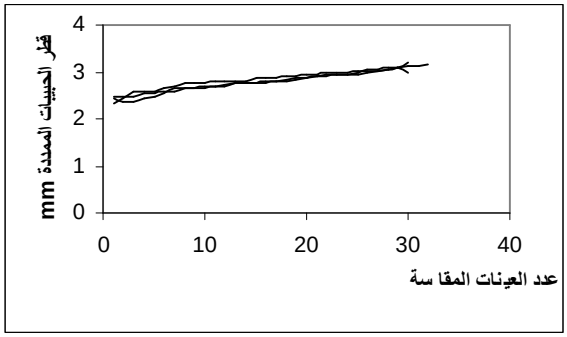
الجدول (1) كثافة العينات المقتطعة من المنتج النهائي بدلالة الموقع

رمز العينة	A_1	A_2	B_1	B_2	B_3	D_1	D_2	D_3	C_1	C_2
G/lit	17.25	17.05	16.4	17.05	17	17.3	16.9	17	18	17.8

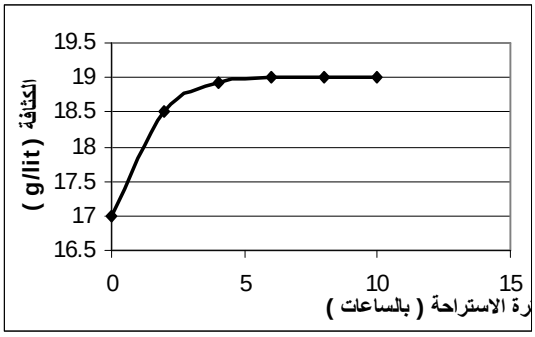
تؤكد النتائج المعطاة في الجدول(1) ،والموضحة لكثافة العينات المدروسة، أن الاختلاف في أقطار الكريات، يقود إلى اختلاف واضح في كثافة المناطق المختلفة في المنتج النهائي . حيث نلاحظ أن الاختلاف النسبي في الكثافة على السطح A تبلغ1% ،وعلى السطح B تبلغ 3.81 % ، والسطح D تبلغ 2.3% وعلى السطح C تبلغ 1.11 % .إن هذه القيم صغيرة ويمكن اعتبارها ضمن الخطأ المقبول أثناء الاختبارات ، حتى الاختلاف النسبي الأعظمي الذي تبلغ قيمته 9%،يمكن اعتباره أيضاً مقبولاً . ولكن عندما نتحدث عن أوزان تصل إلى عدة غرامات لليتر الواحد، فإن وجود مثل هذا الاختلاف الأعظمي النسبي، يعتبر خطأً ،ينبغي قراءة أسبابه . من هنا أصبح واضحاً ،أن الاختلاف الحاصل في أقطار الكريات منذ البداية، كان السبب في الاختلاف الواضح بقيم الكثافة في المنتج النهائي بإختلاف موقع عينة الإختبار

تعود جميع النتائج التي حصلنا عليها للمادة الأولية الفرنسية المنشأ المستخدمة في معمل المثنى بلاست . للتحقق من صحة هذه النتائج أجرينا مقارنة للنتائج السابقة الذكر مع النتائج التي أجريت على مادة البولي ستيارين السعودية المنشأ المصنعة في المعمل الآخر ، مع مراعاة المحافظة على التسلسل الوارد للنتائج .

يبين الشكل(6) تغير كثافة الكريات الممدة بدلالة فترة الاستراحة ، وكما هو واضح من الشكل ،إن مسار المنحني الواصف لهذه العلاقة مشابه لمسار المنحني الوارد بالشكل (1) .



الشكل (7) –الترتيب التصاعدي لأقطار الكريات الممددة
(كل منحني يمثل عدد من القراءات مقداره 30 قراءة)



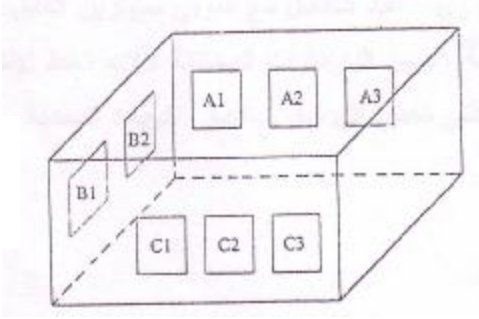
الشكل (6) –تغير كثافة الكريات الممددة بدلالة فترة الاستراحة
–المادة الأولية سعودية المنشأ –

إن هذه النتيجة، تؤكد ضرورة الالتزام بفترة استراحة كافية لوصول الكريات الممددة لحالة الاستقرار الحجمي ، وتبين أن هذا الزمن يرتبط بشكل مباشر بنوعية المادة الأولية المستخدمة بالعملية التصنيعية . فإذا قارنا منحنيات الشكلين (1، 6) لوجدنا أن المادة الفرنسية، تتطلب زمن استراحة قدره 12 hour في حين تتطلب المادة السعودية المنشأ زمن قدره حوالي 5hour .

فيما يتعلق بأقطار الكريات السعودية المنشأ ،فقد بينت الدراسة الاحصائية وجود تباين صغير في أقطارها، بالمقارنة مع الكريات الفرنسية المنشأ ، وهذا مايبينه الشكل (7) الذي يمثل الترتيب التصاعدي لأقطار االكريات لثلاث مجموعات مستقلة (كل مجموعة تتألف من 30 عينة) .

لقد بينت الدراسة التجريبية، أنه على الرغم من اختلاف نوعية المادة الأولية ، واختلاف ظروف عملية التنفيش المستخدمة، فإن الاختلاف الحاصل في أقطار الكريات الممددة حقيقة، لايمكن تجاهلها ، إنما ينبغي التوقف على أسبابها بالعودة إلى منحنيات الشكلين (3,7) وإجراء المقارنة بينهما، نجد أن مقدار التباين الحاصل في أقطار الكريات السعودية المنشأ أقل من مثيلاتها الفرنسية ، فالشكل (7) يظهر أن الاختلاف في أقطار الكريات صغير ، وأنه يلاحظ وجود تطابق نسبي تقريباً في مسارات المنحنيات الثلاثة ، ولاسيما في الجزء الأوسط منها . إن هذا يؤكد أن أقطار الكريات الممددة السعودية المنشأ أكثر تجانساً من الكريات الفرنسية .

للتحقق من تأثير تباين أقطار الكريات الممددة السعودية المنشأ على كثافة المنتج النهائي، تم اقتطاع عينات الاختبار من منتج نهائي، كما هو موضح بالشكل (8) . ويبين الجدول (1) قيم كثافة العينات المقتطعة من المنتج النهائي.



الشكل (8) – مخطط توضيحي لمواقع عينات الإختبار المأخوذة من صندوق مصنع من البولي ستيارين القابل للتمدد

قتطعة من منتج نهائي حسب توزعها بالشكل (8)

العينة							
B_2	B_1	C_3	C_2	C_1			

الكثافة g/lit	16.98	17.16	17.26	16.86	16.68	16.88	17.15	17.21

استناداً إلى الجدول (2) نرى أن مقدار الاختلاف النسبي في الكثافة على السطح A يبلغ 1.6% ،وعلى السطح C يبلغ 1.2% ،وعلى السطح B يبلغ 0.34% ،وأن الاختلاف الأعظمي النسبي بين السطوح كافة، يبلغ 3.07% . فإذا قارنا هذه القيم مع القيم الموافقة للجدول (1) لوجدنا أنها أصغر ، وأنه يمكن اعتبارها ضمن الخطأ المرتكب المقبول . في الحقيقة إن هذه النتيجة، كانت متوقعة، لأنه واستناداً إلى تجانس أقطار الكريات، فإن الفراغات المحصورة بينها، ستكون متجانسة ، وبالتالي فإن انتفاخات الكريات في آلة التشكيل سوف تكون متماثلة ومتجانسة ، وهذا مايؤدي بالضرورة إلى نشوء بنية في المنتج النهائي أكثر تجانساً، وانتظاماً من سابقتها .

النتيجة :

- تظهر الدراسة التجريبية ضرورة إنشاء المنحنيات الواصفة لعلاقة بارمترات آلة التنفيش بقطر الكريات الممددة ، وذلك بهدف اختيار النظام التكنولوجي الأمثل الموافق للمادة المستخدمة، والذي يحقق أصغر تباين في أقطار الكريات الممددة
- تبين النتائج التجريبية ضرورة تحديد فترة الاستراحة اللازمة لاسترخاء الكريات الممددة قبل عمليات التشكيل اللاحقة
- تدل الدراسة أن الحصول على كريات متساوية الأقطار ، أو ذات درجة تباين صغيرة ، ينبغي أن يكون هدفاً أساسياً عند التعامل مع مادة البولي ستيارين القابلة للتمدد
- تظهر التجربة أنه عندما تكون درجة التباين في أقطار الكريات صغيرة ،فإن الكثافة الحجمية للمنتج النهائي، تكون متساوية تقريباً في المواقع المختلفة من المنتج النهائي

الخلاصة :

مما سبق نستنتج أنه من الضروري ، عند التعامل مع البولي ستيارين القابل للتمدد ، الربط العملي بين خواص المادة الأولية المستخدمة ، وبين البارمترات المختلفة لآلات الخط الإنتاجي ، وذلك بهدف تحديد البارمترات التكنولوجية المثلى التي تحقق أقل تباين في أقطار الكريات الممددة .

المراجع:

.....

1 – د.فواز الديري – " الجزيئات الضخمة والصناعات البلاستيكية " – منشورات جامعة دمشق 1996 – 1995 ، ص:412

2 –محمد زهير الحمصي – " موسوعة اللدائن " – مطبعة الهندي ، 1990 ، ص: 129

3 –ي.ا. براتسيخين ، س.س ميندليف ، ك.ن. سترلتسوف – " تصنيع المواد البلاستيكية في منتجات " لينغراد ، 1966 ، ص: 188 (اللغة روسية) .

4 –تامار غانتشفا – " المواد البلاستيكية وتطبيقات مواد البلاستيك الحراري السريعة التبلور " – صوفيا 1983 ، ص : 39 (اللغة بلغارية) .

5 –ك.ا. موسكاتوف – " المعالجة الحرارية لأجزاء الآلات المصنعة من المواد البلاستيكية والريزينات " موسكو ، 1976 ، ص: 130 (اللغة روسية) .

6 –ب.ي. فيلاتوف – " التحضيرات التكنولوجية اللازمة لإنتاج قطع من المواد البلاستيكية " – (قسم بناء الآلات) – لينغراد 1976 (اللغة روسية)

7–ي . بانيوتوف ، س.فاكيروف ، ب.خريستوفا – " كيمياء البوليميرات "1990 ، ص: 35 ، صوفيا(اللغة بلغارية)

8–ي.ب. لوسيف ، ي.ب.تروستيانكا – " كيمياء البولميرات الصناعية " – 1971 ، موسكو(اللغة روسية) .

9 –ا.ا. تاكر – " فيزياء البوليميرات " – 1978 ، موسكو (اللغة بلغارية) .

10 –ج.م. بارتينف ، يو.ف. زلينف – " فيزياء وميكانيكا البوليميرات " – 1983 ، موسكو .

11 –ا.ي. ليونوف ، ن.ي. باسوف ، يو.ب. كازانكوف – " أساسيات تصنيع مواد البلاستيك المتصلب حرارياً والريزينات بطريقة الحقن بالضغط " – 1977 – موسكو (اللغة روسية) .

12 –" البلاستيك تصميم وإنتاج " – ترجمة المهندسان سليمان خليفة وجمال عمران – 1991

13 –د. عيسى عبدالله ملوحي – " تكنولوجيا الصناعات العضوية – البتروكيماويات " – منشورات جامعة حلب ، 1982 ، ص: 207

14 –ا.ب. بيلياكوف ، يو.ف. أوفتشينكوف – " المواد النفاشة المصنعة من البولي فينيل كلوريد الملدن "مجلة المواد البلاستيكية –العدد 4 ، 1987 ، ص: 18 (اللغة روسية) .

15 –ا.ج. دمنتيف ، و.ج. تاراكانوف – " بنية وخواص البلاستيك الخلوي " – 1983 ، موسكو ، (اللغة روسية)

16 –ن.جوديف ، ن. بتروف ، س.بييف – " المواد البلاستيكية في البناء " – صوفيا ، 1966 (اللغة بلغارية)

17- Dominik V, Rosato P.E – " Plastics Processing Data Handbook "pa:445, 1997

18 –د.خريستوف ، ي.ملادينوف وآخرون – " تجارب عملية في الفيزياء " – صوفيا ، 1990 (اللغة بلغارية)