

## *Abstract*

The present work investigates methods for curing composite materials that may be used as procedures to enhance properties of the fabrication systems. Curing of composite materials is an important process in enhancing the properties of the material for its final application.

In the present work laminate-shaped fiber reinforced composites were manufactured by using epoxy resin (Epon 828) cured with TETA (tri ethylene tetra amine) reinforced with carbon fiber.

The influence of the processing parameters (pressure, temperature) known as a "cure cycle" on the composite properties was studied.

Modeling of the curing process is required to predict the variation of the different properties of the material and help control the process better.

In this research, a comprehensive numerical model was developed to study the thermochemical properties of the composite material in the autoclave process. The numerical model involves solving the unsteady-state energy equation with heat generation for a laminate system based on one-dimensional geometry.

Chemical kinetic analysis for reaction model of the resin system was performed with the differential scanning calorimeter (DSC) to obtain the chemical kinetic parameters as input data for the thermal model. The numerical model is used to predict temperatures and degrees of cure as a function of position and time.

A number of tests were made on specimens taken from composites. Brinell hardness, impact strength, the modulus of elasticity, compressive

strength and flexural strength of all the composites were found to be clearly enhanced with selected cure cycle.

The temperature profile used to polymerize the resin must be carefully chosen to reduce thermal gradients within the composite while ensuring satisfactory processing times. If not properly controlled, these high temperatures within a part can lead to polymer degradation or even vaporization of components within the resin system.

It is necessary to include a post-cure stage, in order to complete the cure and minimize any additional cure leading to a change in sample properties during service.

Pressure has to be applied in order to; reduce the void content of the laminate, to squeeze excess resin out of laminate, and to consolidate the plies.

The suggested cure cycle is curing temperature is 70 °C, for 1 hour, post curing temperature is 150 °C, for 6 hours, applied pressure is 6 bar.

# تأثير دورة الإنضاج على بعض الخواص الميكانيكية

## لمتراكبات الايبوكسي

### الخلاصة

تم في هذا البحث استخدام طريقة الإنضاج (Curing) كوسيلة لتحسين مواصفات المواد المتراكبة والتي تعتبر من الوسائل المهمة المستخدمة لهذا الغرض .

المتراكب المستخدم في هذا البحث عبارة عن راتنج الايبوكسي نوع ( Shell 828 ) والمصلد باستخدام ( TETA ) والمدعم بالألياف الكربونية .

تم دراسة تأثير درجة الحرارة و الضغط و التي تعرف بدورة الإنضاج ( cure cycle ) على المواصفات الميكانيكية للمواد المتراكبة و هي : فحص الصلادة بطريقة ( Brinell ) وفحص متانة الصدمة وفحص متانة الانضغاط وفحص متانة الانحناء ومعامل يونك ( E ) ووجد أن هنالك تحسناً في المواصفات لدورة الإنضاج المختارة .

تم إيجاد موديل رياضي يقوم بحساب درجات الحرارة و درجة الإنضاج كدالة من الزمن و الموضع ويشمل هذا الموديل على حل معادلة الطاقة ( un steady state energy equation ) مع إضافة حدود تمثل الحرارة المتولدة ( generated heat ) نتيجة تصلب الراتنج . ويعتمد الموديل الرئيسي على موديل ديناميكية التفاعل للراتنج والذي تم دراسته باستخدام جهاز المسح التفاضلي ( DSC ) وقد وجد أن هنالك تطابق بين الموديل المقترح و النتائج العملية .

وجد في هذا البحث أن منحنى درجة الحرارة في دورة الإنضاج والذي يستخدم لينمسة الراتنج يؤثر على مواصفات المواد المتراكبة ويجب أن يختار بصورة صحيحة وذلك للتقليل من التدرج الحراري ( thermal gradient ) وأن عدم السيطرة عليها يؤدي إلى حدوث تحلل في مادة الايبوكسي . يجب إضافة مرحلة بعد الإنضاج حيث يتم رفع درجة الحرارة أعلى من درجة الحرارة الإنضاج وتم دراسة الضغط ووجد بأنه يؤثر على مواصفات المادة المتراكبة

أن دورة الإنضاج المقترحة هي :

1. درجة حرارة الإنضاج بحدود  $70^{\circ}\text{C}$  لمدة ساعة واحدة .
2. درجة حرارة بعد الإنضاج  $150^{\circ}\text{C}$  لمدة ستة ساعات .
3. الضغط المستخدم 6 bar .

