

Konstantin A. Afanasenko,
Lecturer,

Aleksandra P. Mihaylyuk,
ScD, professor,

Yuriy P. Klyuchka,
ScD (Doctor of Technical science),
Senior researcher,
National university of civil defense of Ukraine

Identification of Fibreglasses Fire Danger Indicators and Strength Characteristics Dependences from Formation Conditions

Key words: *C/H ratio, the coke rest, oxygen index, ignition temperature, bending strength, molding parameters*

Annotation: *It is investigated fiberglass molding on an example the epoxyphenol binder. It is established that fiberglass oxygen index, ignition temperature and bending strength based on the examined binders depends on the molding parameters. The dependences regression models are developed. It is performed formation parameters optimization.*

Постановка проблемы. В настоящий момент использования стеклопластиковых систем на основе полимерных связующих промышленности и строительстве приняло массовый характер. Вместе с тем, исходя из условий эксплуатации изделий из стеклопластиков, к ним выдвигаются все более жесткие требования в плане снижение ряда показателей пожарной опасности полимеров, применяемых во всех отраслях промышленности и строительства.

В качестве сырьевых материалов (компонентов) при получении связующих для слоистых пластиков чаще всего используют эпоксидные смолы. Преимущества этих смол выражены в достаточной технологичности при их получении, высоких показателях адгезии, термо- и теплостойкости, стойкости к агрессивным средам.

Известно, что при производстве стеклопластиков методом автоклавно-вакуумного формования варьируется температура и давление, что существенно влияет на физико-химические характеристики конечных изделий (1, 2).

Так, в работах (3, 4, 5) указана связь способов и параметров изготовления полимерных композиционных материалов и их горючести.

Однако, ряд вопросов остается до сих пор не ясен. А именно, характер влияния параметров автоклавно-вакуумного формования композитов на параметры их горючести и прочностные характеристики.

Анализ последних исследований и публикаций. Полученные результаты по определению показателей пожарной опасности для сшитых полимеров и композитов свидетельствуют о существенном влиянии на их значение как направления процесса горения, так и толщины, а, следовательно, и параметров изготовления образцов.

Постановка задачи и ее решение. Задачей данной работы является исследование параметров формования стеклопластика на основе эпоксицированных динафтолов для оценки их влияния на показатели горючести и прочности стеклопластиков.

Процесс формования проводился следующим образом. Для изготовления препрегов (слойпрегов) применяли стеклоткань марки Т-10 (ГОСТ 17653-88), которую перед применением предварительно отжигали при температуре 350°C в термошкафу в течении не менее одного часа. Полученный материал (препрег) перерабатывали в изделие в виде листа методом автоклавно-вакуумного формования.

При таком виде производства для систем эпоксицированных олигомеров, отвержденных отвердителями фенольного типа время конверсии эпоксидных групп в режиме ступенчатого отверждения традиционно составляет 2 часа при температуре 100°C (до гелеобразования), а на последующей ступени также 2 часа при варьируемой для различных полимеров температуре и давлении.

Для определения исходных параметров формования композита и получения оптимальных физико-механических характеристик проведены экспериментальные исследования с планированием полнофакторного эксперимента (кодирование факторов, уровни варьирования прив. в табл. 1).

Таблица 1

Кодирование факторов эксперимента

Интервал варьирования и уровень факторов	Давление (x_1), МПа	Температура (x_2), °C
Нулевой уровень $x_i = 0$	0,4	140
Интервал варьирования δ_i	0,2	20
Нижний уровень $x_i = -1$	0,2	120
Верхний уровень $x_i = +1$	0,6	160

Испытания по определению кислородного индекса проводились согласно ГОСТ 21793-76* «Пластмассы. Метод определения кислородного индекса». Испытания на воспламенение проводились согласно ГОСТ 12.1.044-89* «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».

По результатам проведенных исследований разработаны регрессионные модели зависимости кислородного индекса, температуры воспламенения и прочности при изгибе стеклопластика на основе эпоксицированного динафтола от давления и температуры формования:

$$KI = -109,19 + 18,4785p + 1,945 \cdot t + 0,0594 \cdot pt - 65,2075 \cdot p^2 - 0,007 \cdot t^2. \quad (1)$$

$$T_{\text{воспл.}} = -465,39 + 452,5 \cdot p + 13,442 \cdot t + 0,875 \cdot pt - 716,6675 \cdot p^2 - 0,0492 \cdot t^2. \quad (2)$$

$$\sigma = -2522,81 + 207,95 \cdot p + 39,8 \cdot t + 3,5625 \cdot pt - 925 \cdot p^2 - 0,1462 \cdot t^2. \quad (3)$$

где p – давление формования композиционного материала, МПа, t – температура в автоклаве, °С.

Экстремумы функций найдены в точках $KI_{\max}|_{P=0,3806;T=140,1}=30,6$ %, $T_{\text{восп.}\max}|_{P=0,4013;T=140,3}=568,1$ °С и $\sigma_{\max}|_{P=0,3835;T=140,8}=318,6$ МПа.

На рис. 1 приведены относительные значения прочности при изгибе, кислородного индекса, температуры воспламенения (σ^* , T^* , KI^*), которые определяются как:

$$\sigma^* = \frac{\sigma}{\sigma_{\max}}; KI^* = \frac{KI}{KI_{\max}}; T_{\text{воспл}}^* = \frac{T_{\text{сп.}}}{T_{\text{сп.}\max}}. \quad (4)$$

Анализ рис. 1 показывает, что значения σ^* , T^* и KI^* имеют различную скорость снижения при отдалении от точки максимума.

С целью определения параметров формования, с учетом одновременно показателей пожарной опасности и прочности материала была проведена оптимизация параметров формования по критерию максимума следующей функции:

$$A(P, T) = \alpha_{KI} \cdot \frac{k_{KI}(P, T)}{k_{KI(\max)}} + \alpha_T \cdot \frac{k_T(P, T)}{k_{T(\max)}} + \alpha_\sigma \cdot \frac{k_\sigma(P, T)}{k_{\sigma(\max)}} \quad (5)$$

где α_{KI} , α_T та α_σ - весовые коэффициенты. При этом

$$\alpha_{KI} + \alpha_T + \alpha_\sigma = 1, \quad \alpha_i \in [0;1], \quad \alpha_T \in [0;1], \quad \alpha_\sigma \in [0;1] \quad (6)$$

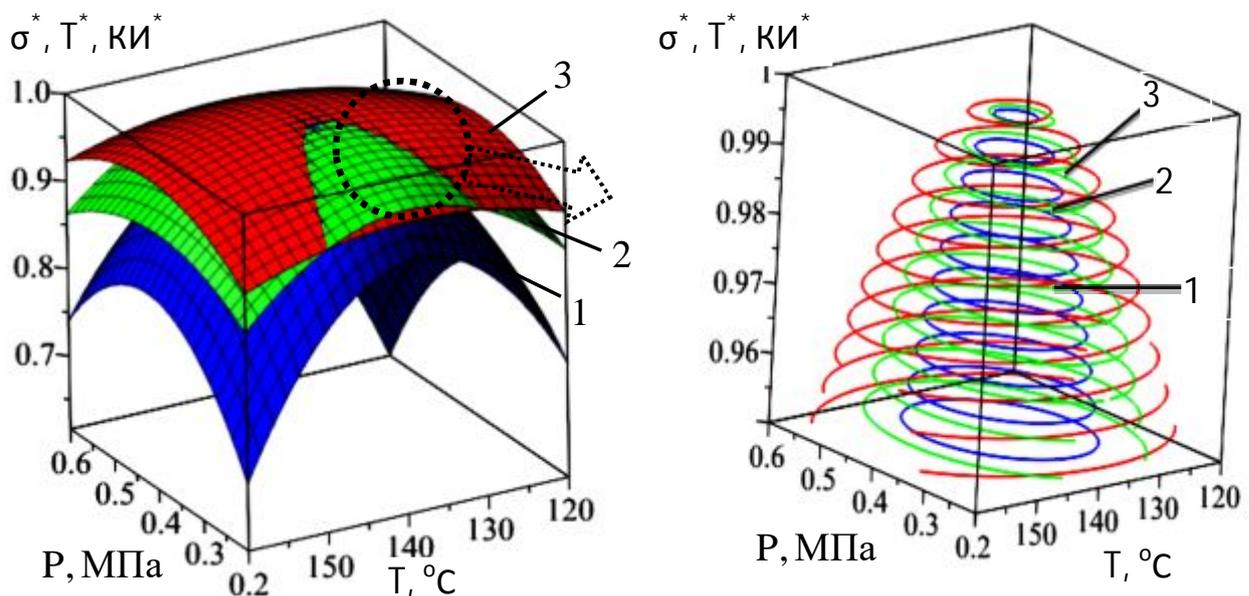


Рис. 1. Зависимость относительной температуры и давления формования при максимальных значениях: 1 – прочность при изгибе; 2 – кислородный индекс; 3 – температура воспламенения

На рис. 2 приведены зависимости $A(P, T)$ при различных значениях коэффициентов.

Анализ рисунка показывает, что при рассмотрении значения весовых коэффициентов $A(P, T)$ находится практически в одной точке.

С целью определения влияния весовых коэффициентов на максимальное значение $A(P, T)$ во всем диапазоне формования определим $A_{\max}(\alpha_{KI}, \alpha_T, \alpha_\sigma)$.

На рис. 3 приведена зависимость максимального значения A_{\max} в диапазоне формования от весовых коэффициентов α_{KI} та α_T .

Анализ рис. 3 показывает, что величина $A_{\max}(\alpha_{KI}, \alpha_T, \alpha_\sigma)$ у во всем диапазоне существования α_{KI} , α_T та α_σ отличается не более чем на 0,017 %. Таким образом, можно говорить об инвариантности величины $A_{\max}(\alpha_{KI}, \alpha_T, \alpha_\sigma)$ к значениям этих коэффициентов.

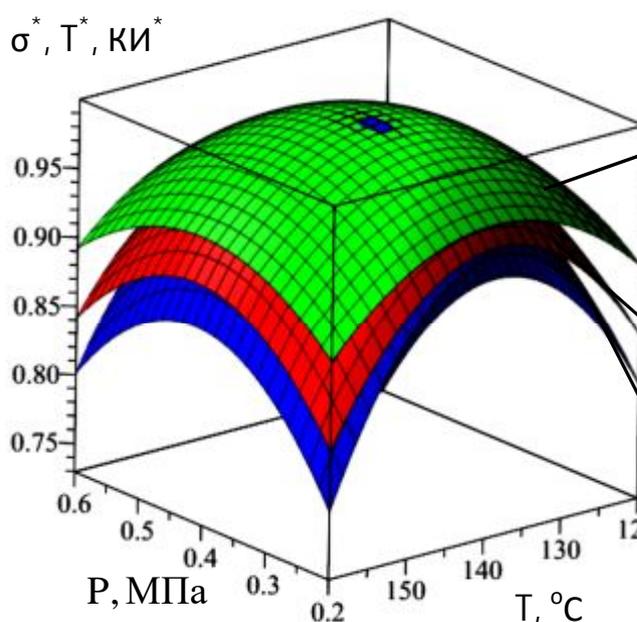


Рис. 2. Зависимость относительной температуры и давления формования при максимальных значениях: 1 – прочность при изгибе; 2 – кислородный индекс; 3 – температура воспламенения

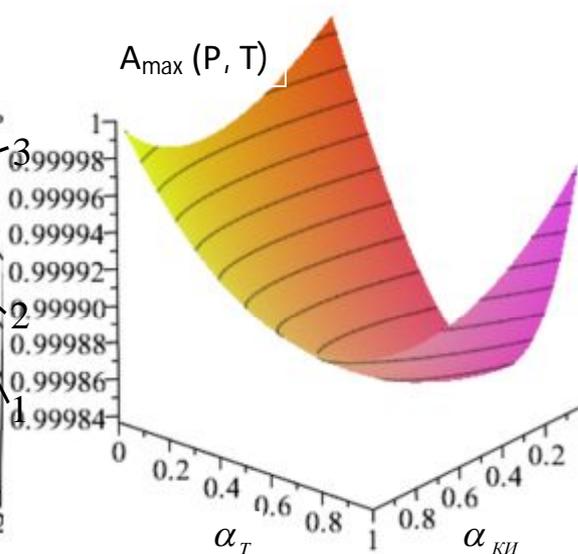


Рис. 3. Зависимость максимального значения A_{\max} от весовых коэффициентов α_{KI} и α_σ

Выводы. В результате проведенной работы получен комплекс математических моделей по описанию воздействия влияния температуры и давления при автоклавно-вакуумном способе формования (изготовления) на величину кислородного индекса, температуры воспламенения и прочности при изгибе стеклопластика на основе нафталенсодержащего связующего.

References:

1. *Composite polymeric materials creation principles: AA. Berlin, AA. Volfson, VG. Oshmyan, NS. Enikolopov. Moscow, Chemistry, 1990; 240.*
2. *Mihaylin YuA. Constructional polymeric composite materials. Moscow, Scientific bases and technologies, 2008; 822.*

3. Afanasenko KA. *Decrease in indicators of fire danger of polymeric composite materials by application binding, inclined to carbonization: KA. Afanasenko, PA. Bilyim, AP. Mihaylyuk: Fire safety problems, 2013, № 34; 12-17.*
4. Afanasenko KA. *Binding for fibreglasses with the lowered fire danger indexes: KA. Afanasenko, PA. Bilyim: "Technologies of a Technosphere" Safety Internet magazine (<http://ipb.mos.ru/ttb>), 2014, № 6 (58).*
5. Lapitskiy VA. *Physicomechanical properties of epoxy polymers and fibreglasses: VA. Lapitskiy, AA. Kritsuk. Kiev, Scientific thought, 1986; 96.*