

перемещение $u'_i = u'_i(x, \varepsilon'_x, \varepsilon'_y, I, a'_k)$, то соответствующее перемещение $u_i^* = u_i^*(x, \varepsilon_x^*, \varepsilon_y^*, I, a_k^*)$, а искомое перемещение при повторном знакопеременном нагружении определяется из соотношения (5): $u_i'' = u_i' - u_i^*$.

УДК 620.192.32

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ АНТИКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Л. В. САМУСЕВА, А. С. НЕВЕРОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

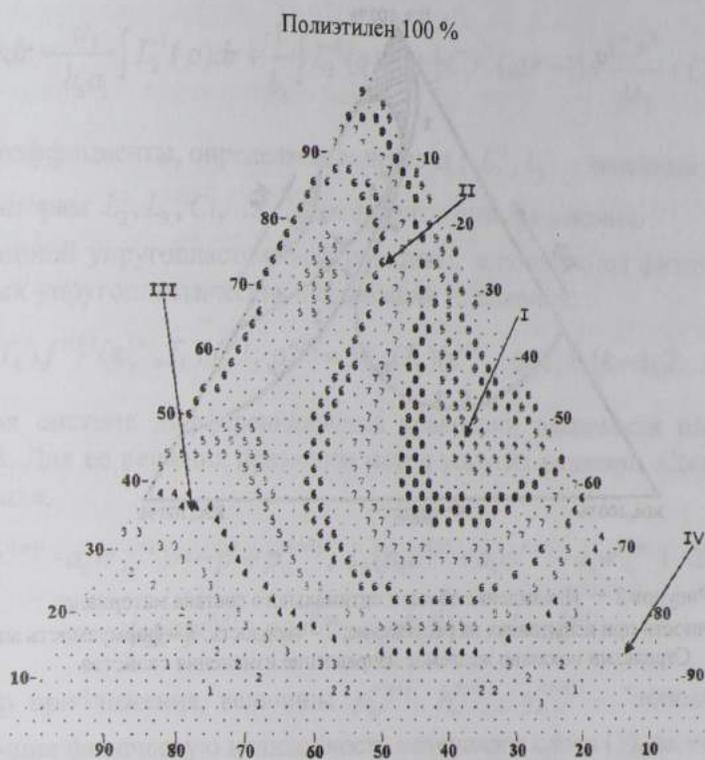
Большинство применяемых в промышленной индустрии металлов в той или иной мере подвержены разрушению под действием агрессивных факторов внешней среды. В ряде случаев, когда покрытия (металлические, лакокрасочные, полимерные) оказываются недостаточно эффективными для защиты строительных изделий и конструкций, целесообразно применение ингибиторов (замедлителей) коррозии.

Исследуемые в данной работе ингибированные полимерные пленки и волокна представляют собой трехкомпонентную систему. В состав такой системы входит полиэтилен низкого давления, антикоррозионная добавка (карбамид), и низкомолекулярная жидкость (пластификатор) – носитель ингибитора. Нахождение оптимального состава тройной системы полиэтилен – карбамид – минеральное масло представляет собой самостоятельную задачу, связанную с достаточно большим объемом экспериментальных исследований. Это определило выбор метода симплекс – решетчатого планирования для нахождения искомых зависимостей, позволяющих существенно сократить число экспериментов, оптимизируя при этом исследуемый материал по всем важнейшим эксплуатационным показателям. Таковыми для исследуемого материала являются прочностные характеристики при испытаниях на разрыв и сжатие, формуемость и относительное удлинение, в значительной мере определяющие перспективы его использования в качестве антикоррозионного материала. Для определения зависимости физико-механических характеристик от состава было использовано уравнение полинома 4-й степени Шефе, позволяющее решить задачу построения для многокомпонентных систем математической модели состав-свойство.

В данном случае под формуемостью будем понимать способность исследуемых составов при нагревании растекаться, заполняя зазоры формы, и при последующем охлаждении изделия, образовывать сплошной бездефектный барьер, обладающий удовлетворительными физико-механическими характеристиками. Для каждой исследуемой системы полиэтилен – карбамид – минеральное масло подготавливалось 15 составов, отвечающих определенным точкам на треугольнике (симплексе) составов, лежащих в узлах соответствующей симплексной решетки. Изготавливалось по 10 образцов каждого из составов, и оценивалась в баллах их формуемость, прочность и твердость. Средние величины этих показателей обрабатывались на компьютере по специально разработанной программе с выводом графической информации в виде треугольных диаграмм с нанесенными на них изолиниями постоянного значения свойства. Результаты исследования формуемости композиций на основе полиэтилена приведены на рисунке 1. Анализ диаграмм позволяет определить, что для обеспечения хорошей формуемости образцы состава полиэтилен – карбамид – минеральное масло должны содержать не более 15 % карбамида и не более 50 % минерального масла.

Аналогичные диаграммы были построены для зависимости от состава образцов прочности на разрыв и твердости. Анализ диаграмм показал, что наибольшей прочностью обладают составы с содержанием полиэтилена 70 %, карбамида 30 %, минерального масла 0 %, которые не очень удовлетворительны в антикоррозионном отношении, поскольку не содержат транспортирующего ингибитор агента – минеральное масло. Поэтому необходимо подобрать состав, обладающий удовлетворительными физико-механическими характеристиками и содержащий минеральное масло в количествах, достаточных для транспортирования ингибитора. Этому условию удовлетворяют составы, прочность

которых близка к прочности чистого полиэтилена. Содержание минерального масла в них составляет 15–20 %. Учитывая результаты коррозионных испытаний, можно заключить, что оптимальным, с точки зрения защиты от коррозии, является содержание карбамида 1–2 %. В этом случае, оптимальным по критериям физико-механических и антикоррозионных свойств является состав тройной системы: полиэтилена 80 %, карбамида 1–2 %, минеральное масло остальное (18–19 %). Этому составу отвечает также удовлетворительная твердость исследуемых образцов.



Карбамид 100 % Масло 100 %

Обозначения изолиний на диаграмме

1:Y= 0,5; 2:Y= 1; 3:Y= 1,5; 4:Y= 2; 5:Y= 2,5; 6:Y= 3; 7:Y= 3,5; 8:Y= 4; 9:Y= 4,5; 0:Y= 5

Рисунок 1 — Трехкомпонентная диаграмма полиэтилен – минеральное масло – карбамид с нанесенными изолиниями

формуемости: Цифры на изолиниях – формуемость (в баллах), умноженная на 2.

I – область хорошей формуемости; II – область удовлетворительной формуемости;

III – область плохой формуемости; IV – образцы не формуются

По симплексам прочностных характеристик и формуемости материала можно выбрать оптимальный состав, исходя из комплексных критериев эффективности защитных свойств. Для этого рассчитывали координаты линий постоянного значения показателей всех исследуемых свойств. Затем на симплекс наносили изолинии предельных значений нескольких наиболее существенных для эксплуатации данного материала параметров, ограничивая, таким образом, область оптимального состава материала. Область оптимального состава не должна выходить, за пределы, ограниченные изолиниями предельно допустимых значений параметров оптимизации.

На диаграмме (рисунок 2) нанесены изолинии предельно допустимых значений параметров оптимизации (предел прочности, твердость и формуемость) стрелками показано желаемое направление изменения параметров. Заштрихованные области отвечают составам, обеспечивающим удовлетворительное сочетание данных свойств у изготовленных из них материалов. Хорошим сочетанием физико-механических характеристик и формуемости обладают две области составов композиции (рисунок 2) на основе полиэтилена, отвечающие следующему соотношению компонентов масс, %: первая – полиэтилена 90–100 %, карбамида 0–10 %, минерального масла 0–10 % и вторая: полиэтилена 50–70 %, карбамида 30–50 %, минерального масла 0–5 %.

Из рисунка 2 видно, что прочность (кривая 1) и твердость (кривая 2) композиционных материалов, которые должны быть, возможно, большими, можно повысить снижением содержания масла и ингибитора, в этом же направлении (в сторону «чистого» полиэтилена) улучшается формоустойчивость. Однако существует область составов, обеспечивающая удовлетворительное сочетание параметров оптимизации при сравнительно большом содержании карбамида.

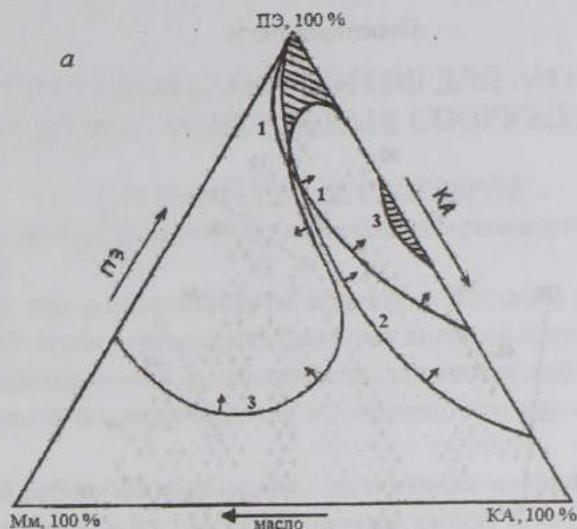


Рисунок 2 — Нахождение области оптимального состава материала:
1 — предел прочности при испытаниях на растяжение; 2 — твердость; 3 — формоустойчивость материала.
Стрелками показано желаемое направление изменения свойства

УДК 539.3

ПОВТОРНОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН

Э. И. СТАРОВОЙТОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Исследовано циклическое деформирование несимметричных по толщине упругопластических трехслойных пластин с жестким наполнителем в температурном поле. Кинематические допущения основаны на гипотезе «ломаной» нормали. Деформации малые. На внешний слой пластины действует распределенная силовая нагрузка $p(r)$, $q(r)$, и тепловой поток плотностью q_1 . Через $w(r)$, $u(r)$ обозначены прогиб и радиальное перемещение срединной плоскости наполнителя, $\psi(r)$ — дополнительный угол поворота нормали в наполнителе. На торце предполагаем наличие жестких диафрагм. В этом случае перемещения в слоях выражаются через три искомые функции $u(r)$, $\psi(r)$ и $w(r)$, компоненты тензора деформаций следуют из соотношений Коши, напряжения — из закона Гука. Температурное поле в стержне считаем известным.

Уравнения равновесия упругой трехслойной пластины получим из принципа Лагранжа:

$$\begin{aligned} L_2(a_1 u + a_2 \psi - a_3 w, r) &= -p, \quad L_2(a_2 u + a_4 \psi - a_5 w, r) - 2cG_3 \psi = 0, \\ L_3(a_3 u + a_5 \psi - a_6 w, r) &= -q, \end{aligned} \quad (1)$$

где a_i — коэффициенты, зависящие от параметров упругости материалов, геометрических размеров слоев и температуры, дифференциальные операторы

$$L_2(g) \equiv \left(\frac{1}{r} (rg) \right)_{,r} \equiv g_{,rr} + \frac{g_{,r}}{r} - \frac{g}{r^2}, \quad L_3(g) \equiv \frac{1}{r} (rL_2(g))_{,r} \equiv g_{,rrr} + \frac{2g_{,rr}}{r} - \frac{g_{,r}}{r^2} + \frac{g}{r^3}.$$