

3. Волков Н. Г., Христофоров В. А., Ушакова Н. П. Методы ядерной спектрометрии. М., 1990.
4. Гольданский В. И., Куценко А. В., Подгорецкий М. И. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц. М., 1954.
5. Дементьев В. А. Измерение малых активностей радиоактивных препаратов. М., 1967.
6. Абрамов А. И. и др. Основы экспериментальных методов ядерной физики. М., 1985.
7. Практическая гамма-спектрометрия // АНРИ. 1994. № 1. С. 52–64.
8. Романцов В. П. Статистические методы обработки данных в экспериментальной ядерной физике. Обнинск, 1993.

*О. М. КХАЙНАВА, У. М. КХАЙНАУ*

## EVALUATION OF RADIONUCLIDE ACTIVITY USING TIME SLICES

### Summary

We realized more than eight thousand measurement by series with different duration. Confidence intervals of activity estimation were calculated. Experimental results confirm convergence of confidence intervals width with time and it can be describes with function  $t^{0.5}$ . Findings can be used for construction of an algorithm of accelerated evaluation of activity which can help to shorten measurements and to raise their accuracy.

УДК 678.02

### *Е. З. ХРОЛ*

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ

*Белорусский государственный технологический университет, Минск*

Ротационное формование – уникальный метод переработки полимерных материалов. С его помощью можно получить из термопластичных материалов крупногабаритные полые изделия, которые нельзя изготовить другими методами.

Процесс ротационного формования начинается с загрузки дозы порошкового материала в формующий инструмент. Форма закрывается и начинает вращаться относительно двух взаимноперпендикулярных осей. Оснастка вместе с полимерным материалом помещается в печь, где происходит ее нагревание. За счет теплопроводности стенки формы тепло передается и полимерному материалу. Вращаясь и перемешиваясь в форме, полимерный материал постепенно нагревается, а по достижении некоторой температуры частицы порошка начинают сплавляться между собой. В результате нагревания и вращения формующего инструмента материал образует на внутренней поверхности формы пленку, толщина которой постепенно увеличивается. После того, как весь полимер перешел в вязкотекучее состояние и изделие отформовалось, форму извлекают из печи и начинают охлаждать. При этом пленка на внутренней поверхности формы переходит в твердое агрегатное состояние, а толщина ее определяет толщину стенки готового изделия.

Процесс ротационного формования протекает без дополнительного воздействия, кроме термического, на материал, поэтому наиболее существенным технологическим параметром является температура. Она определяет время цикла формования ( $a$ , следовательно, и производительность процесса), а также качество готового изделия. Важным параметром является также скорость вращения оснастки.

Как было отмечено ранее, определяющим параметром ротационного формования является температура (в процессе формования температура полимерного материала постоянно изменяется). Процесс проводится до тех пор, пока весь материал не перейдет в вязкотекучее состояние. Изучение изменения температуры полимера в формующем инструменте позволяет найти еще один важный технологический параметр – время формования.

В работе было исследовано изменение температуры формующего инструмента в процессе ротационного формования, а также рассчитано изменение температуры материала в форме. Раз-

ность значений этих температур на протяжении всего цикла ротационного формования составляет всего 5–10 °С (см. таблицу). Эта разность и составляет движущую силу теплопередачи при ротационном формовании [1, 2].

Т а б л и ц а. Значения температур в течение цикла ротационного формования

Время, мин	Температура печи, °С	Температура внешней поверхности формы (измеренная), °С	Температура внутренней поверхности формы, °С	Температура материала (рассчитанная), °С
0	250	30	30	30
3	290	75	70	60
5	290	105	100	90
10	290	125	120	110
13	290	140	135	125
15	290	150	145	135

На основании измеренных температур в печи, формы и материала была определена и подтверждена зависимость для расчета времени формования изделия с заданной толщиной стенки [2]:

$$\tau = \frac{C_m \cdot \delta_m \cdot \rho_m \cdot (t_{\text{мн}} - t_{\text{мк}})}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}},$$

где  $\tau$  – время формования, с;  $C_m$  – теплоемкость полимера (для полиэтилена  $C_m = 1,70$  кДж/кг·К);  $\delta_m$  – толщина слоя материала (толщина стенки отформованного изделия), м;  $\rho_m$  – плотность полимера, кг/м<sup>3</sup> (для полиэтилена  $\rho_m = 900$  кг/м<sup>3</sup>);  $t_{\text{мн}}$ ,  $t_{\text{мк}}$  – начальная и конечная температура материала, град;  $K$  – коэффициент теплопередачи, Вт/м<sup>2</sup>·град;  $\Delta t_{\text{ср}}$  – средняя разность температур, град.

Существенное влияние на качество готовых изделий оказывает скорость вращения формирующего инструмента, а также соотношение скоростей вращения относительно двух осей. Следует отметить, что вращение продолжается на протяжении всех стадий нагрева и охлаждения. Угловая скорость вращения не велика, обычно она составляет не более 15 об/мин. Однако еще большее значение имеет соотношение скоростей вращения, поскольку оно определяет, как регулярно каждая точка на поверхности формы контактирует с полимером и отдает последнему тепло, что в конечном итоге определяет равномерность распределения толщины стенки готового изделия. Соотношение скоростей в основном зависит от геометрии формируемого изделия и колеблется от 1:1 до 1:8. Эти параметры выбираются в основном эмпирическим путем. В настоящее время разрабатываются рекомендации по подбору скорости вращения формирующего инструмента и отношения скоростей вращения относительно двух осей.

## Литература

1. Хрол Е. З. // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: материалы IV Гомельской региональной конф. молодых ученых. Гомель, 2008. С. 183–184.
2. Ревяко М. М., Хрол Е. З. // Труды БГТУ. Серия IV. Химия и технология органических веществ. 2008. № 16. С. 113–115.

*E. Z. KHROL*

## SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR THE ROTATIONAL MOLDING PROCESS

### Summary

The most important parameters of the rotational molding process are considered in the article: molding temperature, molding time, speed of the mold rotation and the ratio of rotation speeds concerning two axes. Dependence of molding time on characteristics of initial materials is resulted.