

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

©2016 Е.А. Ковалькова

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### COMPUTER-AIDED DESIGN OF OBJECTS WITH AVIATION SHAPE FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS

Kovalkova E.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*This work is devoted to improve the quality of aviation facilities Form is manufactured using injection of molding polymer composites. To solve this problem has been developed a method of assessing the quality of molded article of the FRP for structural strength analysis based on the orientation of the reinforcing fibers and tested method of determination of rational modes for injection molding based on the Taguchi robust planning and analysis of the quality of the molded article of the FRP on the virtual model.*

Разработанная методика определения параметра качества армирования полимерного композиционного материала по усредненным значениям тензора ориентации армирующего волокна [3,5] состоит из следующих этапов:

1. Выбор характерных сечений для анализа картины распределения армирующего волокна.

1.1 Разбиение пластины на характерные области  $A_{ij}$  (рис. 1), где  $i$  - индекс долевого сечения плоскости пластины в плане;  $j$  - индекс поперечного сечения плоскости пластины в плане.

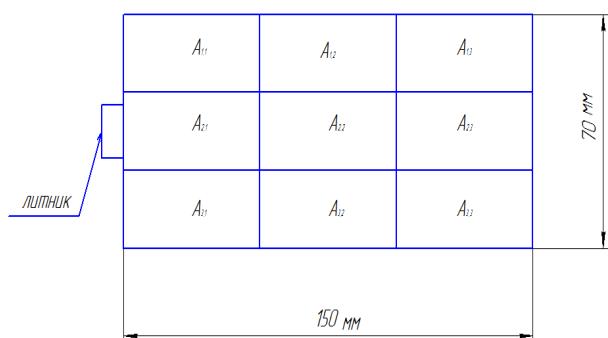


Рис. 1. Схема областей измерений ориентации волокон

2. Расчёт усредненного по объёму значения тензора ориентации для группы поименованных областей  $A$

В связи с тем, что тензор ориентации меняется в основном в долевым направлении для оценки параметров качества были выбраны три долевыми полосы (центральная и

две периферийные), в которых рассматривается направление ориентации волокон.

Результаты имитационного моделирования ориентации волокна в сечении представлены в виде распределения по площадям, окрашенным в различные цвета. Каждому цвету соответствует определенная вероятность значения тензора ориентации. Цветовая шкала определена в диапазоне от 0 до 1 значений тензора ориентации.

1. Определение средней величины тензора ориентации  $F_a$  для каждой области  $A_{i,j}$ :

$$F_a = \frac{\%кр + \%зел + \%желт + \%гол + \%син}{100\%}, \quad (2.1)$$

где  $\%кр$  - процент площади красного цвета;  $\%зел$ ,  $\%желт$ ,  $\%гол$ ,  $\%син$  - аналогично для зеленого, желтого, голубого, синего цветов.

2. Определение среднего значения тензора ориентации для группы долевыми областей - центральной и периферийной (математическое ожидание в каждой строке  $j$ ):

$$M(j) = \sum_{i=1}^N \frac{Fm(i; j)}{N}. \quad (2.2)$$

3. Построчно ( $j = in \text{ var}$ ) для каждой группы долевыми областей производим расчет дисперсии, используя усредненные в пределах области  $A_{ij}$  ( $i = var$ ) величины тензора ориентации:

$$\sigma_{Fa} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n=N} \frac{(Fm(i, j) - M(j))^2}{N}}. \quad (2.3)$$

4. Определяем характеристики качества армирования дискретным волокном.

Для каждой долевой области (центральная и две периферийные области) структура армирования в зависимости от технологических режимов литья будет наилучшей, если рассчитанное математическое ожидание по (2.2) средней величины тензора ориентации будет максимальным, а дисперсия этой величины, рассчитанная по зависимости (2.3), будет минимальной. Таким образом, в качестве параметров качества по трём рассмотренным областям ( $j = 1, 2, 3$ ) можно предложить: а) математическое ожидание  $M(j)$  среднего значения тензора ориентации; б) величину  $1 - \sigma_{Fa}$ , где  $\sigma_{Fa}$  - дисперсия среднего значения тензора ориентации. В этом случае к параметрам качества можно применить принцип оценки Тагучи «больше-лучше».

Данная методика была апробирована для робастного плана Тагучи из серии 18 опытов. Картина ориентации армирующего волокна (тензор ориентации) в меридиональном сечении для 2-х из 18 режимов робастного плана Тагучи приведена на рис. 2.

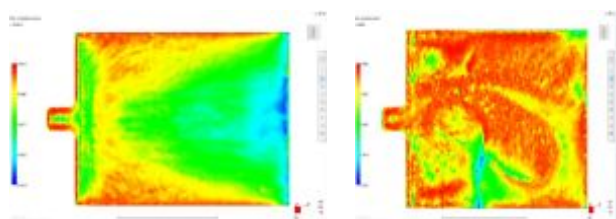


Рис. 2. Ориентация волокна для 16 и 18 технологических режимов литья

На рис. 3 показана таблица, которая содержит технологические режимы в соответствии с уровнями плана и результаты расчёта параметров качества  $\text{Eta} = -10 \times \log_{10} [(1/n) \times (1/y_i^2)]$  метода Тагучи. Видно, что в соответствии с принципом решения проблемы «больше-лучше» из 18 режимов виртуального эксперимента оптимальным будет тот, для которого значение  $\text{Eta}$  больше. Это будет режим 18:  $\text{Eta}(\max) = -3,3933$ . Следовательно, параметры этого режима можно считать оптимальными. Данный метод может быть реализован с использованием методик САПР [1,2,4].

Design Summary (Spreadsheet 1d)									
Run	Давление на шнеке, бар 1	Давление подпрессовки, бар 2	Скорость впрыска, см/сек 3	Время опрессовки, с 4	Температура на шнеке, С 5	Время цикла, с. 6	Относительный объем впрыска, см3 7	V0 8	Eta
1	1000	1000	7	20	340	100	30	1	-13,3780
2	1000	1000	20	25	355	120	60	2	-15,3366
3	1000	1000	30	30	370	140	70	3	-15,4776
4	1000	1250	7	20	355	120	70	3	-15,4051
5	1000	1250	20	25	370	140	30	1	-16,5643
6	1000	1250	30	30	340	100	60	2	-15,9445
7	1000	1500	7	25	340	140	60	3	-9,3400
8	1000	1500	20	30	355	100	70	1	-6,9306
9	1000	1500	30	20	370	120	30	2	-9,0613
10	1250	1000	7	30	370	120	60	1	-10,7122
11	1250	1000	20	20	340	140	70	2	-6,6594
12	1250	1000	30	25	355	100	30	3	-9,3931
13	1250	1250	7	25	370	100	70	2	-10,0969
14	1250	1250	20	30	340	120	30	3	-9,2335
15	1250	1250	30	20	355	140	60	1	-7,1568
16	1250	1500	7	30	355	140	30	2	-10,5963
17	1250	1500	20	20	370	100	60	3	-9,8212
18	1250	1500	30	25	340	120	70	1	-3,3933

Рис. 3. Сводная таблица

Вывод:

1. Разработана методика оценки качества литого изделия из ПКМ по конструкционной прочности на основе анализа ориентации армирующего волокна
2. Апробирована методика определения рациональных режимов инжекционного литья на основе робастного планирования по Тагучи и анализа качества литого изделия из ПКМ по виртуальным моделям.

Библиографический список

1. Хаймович И.Н., Хаймович А.И. Проектирование и реализация системы автоматизированного проектирования штамповки компрессорных лопаток из титановых сплавов // Известия вузов. Цветная металлургия. 2015. №2. С.37-43.
2. Хаймович И.Н., Фролов М.А., Ковалькова Е.А., Дровяников В.И. Совершенствование организации литейного производства авиационного предприятия на основе имитационного моделирования // "Фундаментальные исследования" № 2 (Ч.14) 2015. С. 3023-3028.
3. Хаймович И.Н., Степаненко И.С. «Исследование процесса заполнения прессформы при инжекционном литье лопаток из композиционных материалов» // Фундаментальные исследования, №7 (Ч.2), 2015. С. 293-297.
4. Haimovich I.N (2014). Computer aided design of blanks and dies compressor blades of aircraft engines//Russian Aeronautics (Iz VUZ) 2014. No. 2, P. 72-80.
5. Ковалькова Е.А. Исследование метода инжекционного литья из полимерных композиционных материалов статистическими методами. // Автореферат дисс. на зв. магистра, Самара: СГАУ, 2015. 16с.