

УДК 678.5.027.74:004.9(075)
ББК 35.710:32.97я7
К93

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

Рецензенты:

*д-р техн. наук, проф. О. С. Сироткин
д-р техн. наук, проф. Э. Р. Галимов*

Курнос В. В.

К93 Основы компьютерного моделирования процессов изготовления изделий из пластмасс литьем под давлением. Интерпретация результатов анализа : учебное пособие / В. В. Курнос, Ю. В. Перухин; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. – 136 с.

ISBN 978-5-7882-2209-7

Представлена интерпретация результатов анализа, который может использоваться для оценки условий литья, прогнозирования продвижения расплава внутри формирующей полости, определения расположения линий соединения потоков расплава, устранения проблем с заполнением за счет определения оптимальных мест впуска и других элементов и явлений еще до изготовления и испытания литьевой формы.

Соответствует государственным образовательным стандартам подготовки по направлениям 18.03.01 «Химическая технология» (бакалавриат) и 18.04.01 «Химическая технология» (магистратура). Предназначено для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплины «Расчет и конструирование изделий из полимеров и оснастки», «Разработка конструции и расчет технологической оснастки».

Подготовлено на кафедре технологии переработки полимеров и композиционных материалов.

**УДК 678.5.027.74:004.9(075)
ББК 35.710:32.97я7**

ISBN 978-5-7882-2209-7

© Курнос В. В., Перухин Ю. В., 2017
© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЦЕССЕ.....	8
1.1 Основы процесса и разновидности методов формования литьем под давлением	8
1.2 Литьевая форма.....	10
2 АНАЛИЗ ЗАПОЛНЕНИЯ ОФОРМЛЯЮЩЕЙ ПОЛОСТИ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ.....	12
2.1 Оптимизация места впуска расплава (Gate location)	15
2.2 Влияние условий литья на качество изделия (Quality)	16
2.3 Зоны окна переработки (Zone (molding window):2D Slice Plot)	19
2.4 Минимальная температура фронта потока расплава (Minimum flow front temperature)	20
2.5 Давление впрыска (Injection pressure).....	22
2.6 Максимальная скорость сдвига (Maximum shear rate)	24
2.7 Максимальное напряжение сдвига (Maximum shear stress).....	25
2.8 Максимальное время охлаждения (Maximum cooling time)	26
2.9 Время заполнения (Fill time).....	27
2.10 «Задержки» (hesitation) расплава.....	30
2.11 Переуплотнение	32
2.12 Сварные швы (линии спая), следы течения и воздушные ловушки	34
2.13 Температура фронта потока расплава (Temperature at flow front)	35
2.14 Давление в момент переключения контроля заполнения скорость/давление (Pressure at V/P switch – over).....	36
2.15 Переключение на выдержку под давлением (Switch over point).....	37
2.16 Температура, усредненная по объему (Bulk temperature)	41
2.17 Скорость сдвига, усредненная по объему (Shear rate, bulk)	44
2.18 Давление в месте впрыска расплава (Pressure at injection location).....	45
2.19 Время охлаждения (Time to freeze)	46

2.20 Доля застывшего слоя «Frozen layer fraction».....	47
2.21 Доля застывшего слоя в конце заполнения (Frozen layer fraction at end of fill).....	49
2.22 Процент заполненного веса детали (% shot weight)	50
2.23 Воздушные ловушки (Air traps).....	51
2.24 Среднее значение скорости (Average velocity)	53
2.25 Центроида усилия смыкания (Clamp force centroid).....	56
2.26 Расход полимера, лучевые элементы (Flow rate, beams).....	61
2.27 Ориентация и внутренние напряжения в изделии.....	64
2.27.1 Остаточные напряжения в полости в направлении ориентации (Residual stress in first principal direction).....	66
2.27.2 Ориентация в центре (Orientation at core).....	67
2.27.3 Ориентация на поверхности (Orientation at skin).....	68
2.27.4 Способы уменьшения коробления, вызванного ориентационными эффектами	69
2.28 Основные факторы влияния на усадку и коробление изделий	70
2.28.1 Температура стенки формы	71
2.28.2 Толщина стенки изделия.....	72
2.28.3 Материал	72
2.28.4 Параметры переработки.....	73
2.28.5 Взаимосвязь между усадкой и короблением.....	73
2.28.6 Ориентационные эффекты.....	75
2.28.7 Меры по устранению коробления.....	75
2.29 Давление (Pressure).....	77
2.30 Рекомендуемая скорость движения шнека (Recommended rat speed XYplot).....	80
2.31 Сдвиговое напряжение на стенке формы (Shear stress at wall).....	81
2.32 Пропускная способность (Throughput)	84
2.33 Сварные швы (Weld lines).....	85
2.34 Усадка	89
2.34.1 Объемная усадка (Volumetric shrinkage).....	89
2.34.2 Объемная усадка при извлечении (Volumetric shrinkage at ejection)	91
2.34.3 Изотропная усадка (Isotropic shrinkage).....	94
2.34.4 Анизотропная усадка (Anisotropic shrinkage).....	96
2.34.5 Индекс утяжины (Sink index).....	96
2.35 Коробление (Deflection)	98
2.36 Изгиб кривизны (Bending curvature)	99
2.37 Ориентация материала (Material orientation).....	100

3 АНАЛИЗ ТЕЧЕНИЯ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛИТЬЕВОЙ ФОРМЫ	101
3.1 Температура хладагента в контуре (Circuit coolant temperature)	101
3.2 Скорость течения в контуре (Circuit flow rate)	102
3.3 Число Рейнольдса в контуре (Circuit Reynolds number).....	103
3.4 Температура металла в контуре системы охлаждения (Circuit metal temperature)	104
3.5 Температура на поверхности оформляющей полости (Temperature (top), part)	104
3.6 Температура поверхности холодного литника (Temperature at surface, cold runner)	105
3.7 Время охлаждения, оформляющая полость (Time to freeze, part).....	106
3.8 Время охлаждения, холодный литник (Time to freeze, cold runner)	107
3.9 Максимальная температура оформляющей полости (Maximum temperature, part).....	108
3.10 Положение максимальной температуры оформляющей полости (Maximum temperature position, part)	109
3.11 Максимальная температура, холодный литник (Maximum temperature, cold runner)	109
3.12 Средняя температура оформляющей полости (Average temperature, part).....	110
3.13 Средняя температура, холодный литник (Average temperature, cold runner)	111
3.14 Процент застывшего слоя (верхний), оформляющая полость (Percentage frozen layer (top) part)	112
3.15 Температурный профиль, оформляющая полость (Temperature profile, part)	114
3.16 Температурный профиль, холодный литник (Temperature profile, cold runner).....	114
3.17 Давление в контуре (Circuit pressure)	115
3.18 Эффективность отвода тепла контуром (Circuit heat removal efficiency).....	116
4 БАЗА ДАННЫХ MOLDFLOW	117
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	134