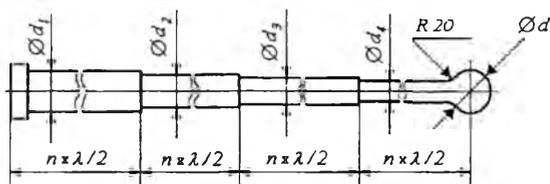


кратной целому числу полуволн $\ell = n \frac{\lambda}{2}$, где $n = 1, 2, 3, \dots$ - число полуволн. В свою очередь длина волны связана со скоростью распространения ультразвука и его частотой соотношением $\lambda = c/f$. Так как скорость распространения ультразвука в металлах - порядка 5000 м/с, а принятая рабочая частота $f = 20$ кГц, то в этом случае $\lambda/2 = 125$ мм. С целью получения требуемых длин используются составные или многоступенчатые стержни. Получение переходного участка, который также равен длине полуволны, в виде конуса или экспоненты на прутках $d = 1,5-2,0$ мм затруднено при механической обработке из-за их недостаточной жесткости. Поэтому в качестве базового был принят ступенчатый стержневой волновод с круглым сечением и перепадом диаметров от 0,5 до 2,0 мм. При этом на длине каждого диаметра стержня укладывается целое число полуволн n (см. рис.).



Коэффициент усиления ступенчатых волноводов равен: $K = \frac{R_1^2}{R_o^2}$, где R_1 и R_o - радиусы широкого (входного) и узкого (выходного) торцов ступени волновода соответственно.

Принятая форма волновода позволяет усиливать продольные и крутильные колебания.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭКСТРУЗИОННЫХ ГОЛОВОК

А.Г. Квятинский

Научный руководитель – к.т.н., доцент *Г.А. Таяновский*
Белорусский национальный технический университет

Вязко-эластичная характеристика расплава полимера и большое количество взаимосвязанных феноменов и ограничений делает изготовление экструзионного формующего очень сложной задачей, которая предъявляет высокие требования как к знаниям и опыту, так и к интуиции проектировщика и часто сопровождается несколькими неудачными попытками.

Поэтому ожидается значительная выгода от использования компьютерных инструментов расчета и анализа течения для решения этих задач. Однако, несмотря на наличие нескольких коммерческих программных продуктов для численного прогноза потока расплава полимера через фильеру, их применение требует от пользователя принятия решений по исправлению геометрии. Более того, известные автору коммерческие программы не включают в расчет все феномены системы фильера-калибратор. Например, есть возможность прогноза, учитывающего разбухание экструдата, но без учета его вытягивания и максимально допустимого дебаланса потока фильеры. В то же время эти программы из-за сложности подготовки геометрии к расчету и длительному времени самого расчета часто не удовлетворяют требованиям быстрого принятия решений на производстве. Полная автоматизация расчета экструзионного инструмента все еще остается недостигнутой, и цель данной работы - внести вклад в дальнейшее развитие автоматизации проектирования экструзионного инструмента.

Проектирование экструзионного инструмента - итеративный процесс, состоящий из нескольких основных этапов. Проектирование начинается с предварительного определения формы и размеров выходного сечения фильеры и продолжается по направлению к входу материала от экструдера в фильеру. Каждый шаг этого процесса соотносится с определенной геометрической зоной, соответственно называющихся: параллельной зоной (ПЛЗ), предпараллельной зоной (ППЛЗ), переходной зоной (ПЗ) и адаптером (А).

Алгоритм включает четыре основных этапа проектирования инструмента. На этапе 1, основываясь на аналитических зависимостях, определяется первая пробная геометрия ПЛЗ и ППЛЗ. С этой целью сечения ПЛЗ и ППЛЗ делятся на элементарные участки (ЭУ). Затем, принимая, что поток сбалансирован, сечение параллельной зоны итеративно определяется таким образом, чтобы учесть влияние феноменов системы фильера-калибратор, при

максимальной производительности фильеры, которая продиктована максимальным напряжением сдвига расплава $\tau_{крит}$ и/или максимально допустимым противодействием фильеры. Начальная пробная длина каждой элементарной секции затем рассчитывается таким образом, чтобы достичь желаемого баланса потока. Окончательно начальная геометрия канала создается с помощью предварительно определенной степени сжатия и угла сужения продиктованного максимально допустимым нормальным напряжением расплава $\sigma_{крит}$.

Этап 2 заключается в итеративном определении геометрии предпараллельной зоны, используя численное моделирование потока в ППЛЗ и ПЛЗ.

После достижения необходимого баланса потока сечение ПЛЗ проверяется численной симуляцией потока в предпараллельной, параллельной зонах и свободной поверхности (этап 3).

Окончательно на этапе 4 генерируется переходная зона и адаптер, после чего производится общая проверка.

Предлагаемая общая методология реологического проектирования профильного экструзионного инструмента включает в себя не только наиболее существенные феномены, но также некоторое практическое ноу-хау для гарантии достижимости реального результата. Предлагаемая структура пригодна для ее дальнейшего включения в автоматизированную систему оптимизации геометрии канала расплава.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОТОКА ЭКСТРУДИРУЕМОГО МАТЕРИАЛА

А.Г. Квятинский

Научный руководитель – к.т.н., доцент *Г.А. Таяновский*
Белорусский национальный технический университет

Проектирование экструзионного формующего инструмента включает в себя сложный аналитический расчет гидравлических сопротивлений участков фильеры, который, однако, не позволяет с достаточной точностью определить необходимую геометрию фильеры. Более того, при проектировании необходимо учитывать такие пост-экструзионные эффекты, как разбухание, вытягивание и нестабильность выхода экструдата, которые находятся в сложной системе взаимозависимости. Поэтому изготовление экструзионного формующего инструмента ведется в той или иной степени методом проб и ошибок, то есть проводятся многократные испытания с последующими многочасовыми ручными "доводками", стоимость которых составляет 10-50% от стоимости инструмента. Целью данной работы является поиск методологии экспериментальных исследований потока экструзионного материала, а также подбора оптимальных технологических режимов работы экструзионного оборудования.

Важнейшими условиями качественной работы экструзионного инструмента, улучшения которых добиваются в процессе его доводки, являются: 1) отсутствие застойных зон в фильере, 2) баланс скоростей выхода экструдата из фильеры, 3) соответствие толщины стенок профиля чертежу, 4) достижение требуемых геометрических размеров сечения, 5) отсутствие геометрических дефектов профиля, 6) отсутствие поверхностных дефектов профиля.

Алгоритм проведения испытаний включает в себя 4 этапа.

Этап 1 - "Балансирование скоростей выхода экструдата", заключающейся в визуальном наблюдении равномерности выхода материала из фильеры, а также – в построении эпюры отклонения толщин стенок и линейных весов элементарных участков сечения профиля от номинала. Далее в зависимости от толщины стенки и скорости элементарного участка, а также их соотношения производят его балансирование изменением высоты зазора фильеры или длины формующего канала. Также для многоручьевых инструментов возможна настройка с помощью локального изменения температуры на фильере. Затем испытания фильеры повторяют до достижения неравномерности отклонения веса элементарных участков до 5..20% для соответственно толстостенных (более 2 мм) и тонкостенных профилей.