

Специфика моделирования литейных уклонов штатными средствами САПР

Бежок А.П.

Белорусский государственный технологический университет

Расчет и нанесение на чертеж детали с модельно-литейными указаниями литейных уклонов кажется наиболее простым этапом разработки технологии отливки. Уклон на каждую вертикальную грань или поверхность выбирается с учётом ее высоты по таблице 4.1 из ГОСТ 3212-92 и тонкими линиями наносится на чертеж детали. Однако поскольку соответствующие углы очень малы и линии уклона сливаются с основными линиями, то различить их сложно. Тогда линии уклона не наносятся вообще, а в поле чертежа указывается, что неуказанные литейные уклоны равны, например, $0,5^\circ$ по ГОСТ 3212-92, или наносятся под произвольным углом, обеспечивающим визуальную доступность информации о геометрии уклона с обозначением реального угла. При этом сам разработчик технологии (а особенно обучающийся разработке технологии студент) плохо представляет, как на самом деле выглядят уклоны, особенно на сложных моделях.

В настоящее время модельные комплекты фрезеруются на станках с ЧПУ, например, из специальной пластмассы. Для станка же с ЧПУ необходима точная 3D модель фрезеруемой детали с учетом припусков, литейных уклонов и литейных радиусов. САМ системы, управляющие станками с ЧПУ, имеют встроенные инструменты коррекции уклонов, однако хотелось бы иметь готовую точную 3D модель ещё на этапе разработки. Это позволит, например, точнее рассчитать массу отливки, увидеть финишную геометрию и правильно проставить литейные радиусы. В качестве примера, иллюстрирующего вышесказанное, на рисунке 1 представлены 3D модель базовой детали (а), 3D модельный комплект низа (б) с учётом литейно-модельных указаний (без элементов ЛПС), отдельная 3D модель литейных уклонов, выполненных за счет увеличения размеров отливки (в), модель отливки со стержнем без литейных уклонов и скруглений (г) для импорта в литейные САПР для моделирования заливки и кристаллизации. При этом все указанные конфигурации получены из одного файла детали Solid Works.

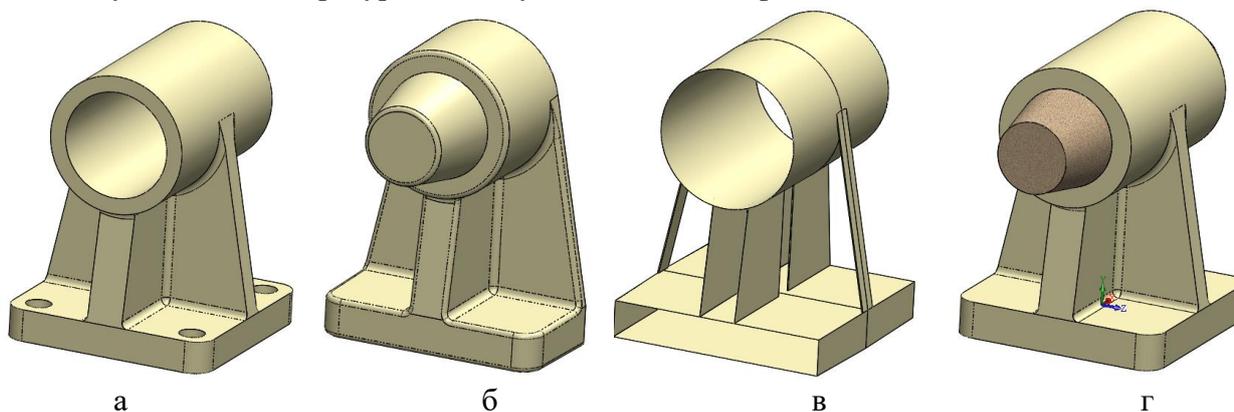


Рисунок 1 - Модель базовой детали (а), модельный комплект низа (б), модель литейных уклонов (в), модель отливки со стержнем без литейных уклонов и скруглений для импорта в литейные САПР (г)

Литейные радиусы проставляются в самом конце создания модели после простановки всех уклонов, так как инструменты систем моделирования используют рёбра моделей для простановки скруглений. Положение же рёбер в пространстве и значения углов между гранями, которые их образуют, после простановки уклонов меняются. Кроме этого, используемые для моделирования промышленные САПР, являются параметрическими системами, а это накладывает определенные ограничения на логику моделирования.

В зависимости от размера, сложности и требований к деталям, для простановки уклонов можно использовать различные подходы к их созданию с учётом имеющихся инструментов и их возможностей в конкретной системе 3D моделирования. Кроме этого, создание точной 3D модели с литейно-модельными указаниями, требует специального подхода к разработке алгоритма моделирования, который может значительно отличаться от алгоритма создания 3D модели базовой детали. Данная концепция является отдельной большой темой для обсуждения.

Формовочные уклоны на обрабатываемых поверхностях выполняются сверх припуска на механическую обработку отливки по ГОСТ 3212-92, на необрабатываемых поверхностях – за счет увеличения и (или) уменьшения размеров отливки. С точки зрения моделирования как собственно уклонов, так и общей логики моделирования технологии отливки, вариант уменьшения является самым простым в реализации.

Рассмотрим примеры использования штатных средств простановки уклонов. Поскольку литейные уклоны устанавливаются для вертикальных поверхностей или граней, то можно рассмотреть их установку для базовых элементов (цилиндр, ящик, тела выдавливания с основанием произвольной формы). Каждый из приведенных ниже способов простановки уклонов имеет свою сферу применения в зависимости от сложности модели и применяемых алгоритмов моделирования.

Наиболее очевидным и простым способом создания уклонов является функция «Уклон» операции выдавливания. Этот способ удобно использовать, когда уклон формируется за счет уменьшения размеров отливки. Тем не менее, даже в таких случаях, создание элементов геометрии сразу с уклоном может затруднить либо сделать не возможным дальнейшее моделирование детали. При этом под уклон идут все вертикальные грани и поверхности выдавливания без возможности их выборочного отключения.

Потери материала отливки при этом можно оценить по приведенным ниже примерам. Согласно таблице 4.1 из ГОСТ 3212-92 максимальный угол уклона в $2^{\circ}20'$ назначается для формообразующих поверхностей высотой до 10 мм, для диапазона 40-63 мм - $0^{\circ}35'$, что соответствует 2.3333° ($0^{\circ}20' = (10+20/60+0/3600) = 2.3333^{\circ}$) и 0.5833° ($0^{\circ}35' = (0+35/60+0/3600) = 0.5833^{\circ}$) градусам в десятичной системе. Для цилиндра высотой и диаметром 50 мм применение уклона 0.5833° приводит к уменьшению диаметра верхней грани до 48.98 мм, т.е. уменьшение радиуса составит всего 0.51 мм. Для высоты цилиндра 10 мм и величины угла 2.3333° - 49.19 мм, т.е. уменьшение радиуса составит 0.405 мм. Для границы диапазона 63 мм – 48.72, т.е. уменьшение радиуса составит 0.649 мм. Именно эти цифры с округлением до второго знака после запятой 0.65 мм и 0.4 мм (40 - 63 мм - 0.5833° и 0.65 мм, 0-10 мм - 2.3333° и 0.4 мм) указаны в таблице 4.1 из ГОСТ 3212-92 на верхних границах этих диапазонов высот, что соответствует максимальным потерям за счет уменьшения размеров отливки.

Функцию «Уклон» операции выдавливания можно использовать также и для создания уклонов за счет увеличения размеров отливки. Однако такой вариант использования команды усложняет логику моделирования за счёт сложности указания правильной нейтральной поверхности уклона.

Более гибкой является команда «Уклон». С её помощью можно на любом этапе моделирования назначить уклон на заданное количество граней и поверхностей, а не только на формирующиеся тела выдавливания, как в предыдущем примере. Кроме этого, имеется ряд дополнительных тонких настроек операции уклона. Этот способ, как и предыдущий, в первую очередь удобно использовать, когда уклон формируется за счет уменьшения размеров отливки. Но его можно также использовать и для создания уклонов за счет увеличения размеров отливки.

При этом возникает проблема стыка моделей верха и низа по плоскости разъёма. Рассмотрим пример с цилиндром высотой 73 мм. Верхняя часть высотой 10 мм будет располагаться в верхней полуформе, а оставшаяся нижняя часть длиной 63 мм – в нижней. При назначении уклонов на эти две части в соответствии с выше приведенными расчетами получится

ступенька шириной $0.65-0.4=0.25$ мм (рисунок 2а). Для устранения ступеньки необходимо корректировать один из углов. В нашем случае фиксируем нижний угол 0.5833° , и находим точный угол уклона для верхней части цилиндра, который увеличится по сравнению с рекомендованными 2.3333° до 3.7201° ($\text{arcctg}(10/0.65)=\text{arcctg}(15.38) = 3.7201^\circ$). Точности угла до четвертого знака после запятой хватает для полного устранения ступеньки при моделировании в SolidWorks (рисунок 2б) с получением в сечении уклона прямоугольного треугольника с катетами 0.65 и 10 мм. При этом сохраняется верхний радиус цилиндра 50 мм. Если в дальнейшем изменить высоту верхней части цилиндра, то угол опять надо будет пересчитывать. В этом заключается недостаток данного способа. Решением проблемы может быть использование при моделировании связывания параметров через уравнение расчета угла $\alpha=\text{arcctg}(L/H)$, где L – высота короткой формообразующей поверхности, а H – ширина ступеньки уклона длинной формообразующей поверхности.

При использовании уклонов, выполненных за счет уменьшения размеров отливки, проблема излома отсутствует, так как поверхность разъема является общей нейтральной поверхностью для всех граней под уклон моделей низа и верха.

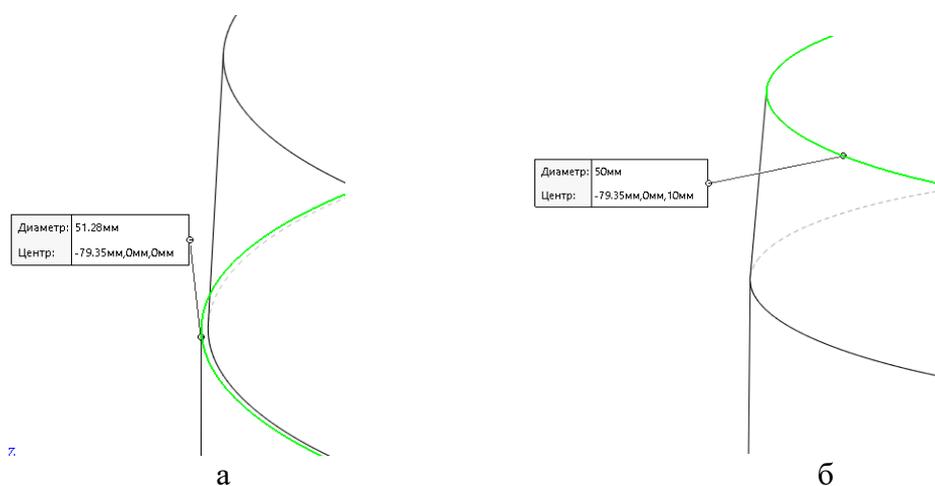


Рисунок 2 – Поверхность разъема с изломом (а) и без излома (б)

Надо отметить, что в процессе комплексной разработки технологии с использованием 3D моделирования, желательно в одном файле (рисунок 1) смоделировать при помощи различных конфигураций деталь, стержни, модели верха и низа для подмодельных плит, базовую отливку без литейных уклонов и скруглений, но с припусками и напусками для формирования модели куста с ЛПС (для последующего расчета заливки и кристаллизации в литейных САПР). Такая схема позволяет впоследствии изменять параметры модели. При этом внесенные изменения отражаются во всех конфигурациях и завязанных на них внешних файлах.

В зависимости от сложности отливки и вышесказанного, гибкости штатных способов простановки уклонов может оказаться недостаточно. Описание других технических приёмов получения уклонов с использованием команд поверхностного и твёрдотельного моделирования САПР Solid Works, является отдельной темой для обсуждения.