

Формообразование обтяжкой оболочек знакопеременной кривизны на модернизированном прессе ОП-3М

Михеев В.А., Малышев Б.С.

Обшивки двойной кривизны являются оболочками сложной формы, имеющие разнообразную геометрию. Однако, можно выделить наиболее типовые формы в соответствии с гауссовой кривизной K (рис. 1).

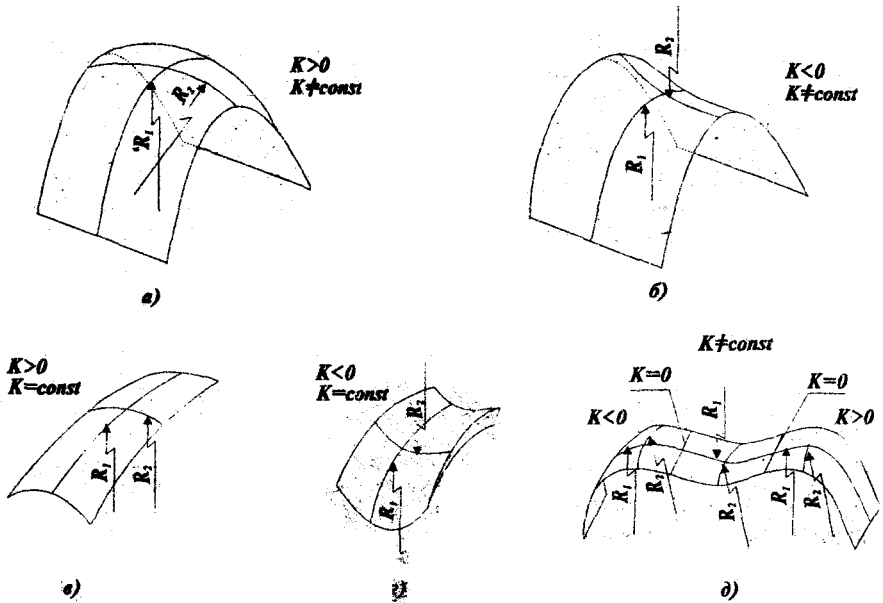


Рис. 1. Типовые формы обшивок двойной кривизны

Гауссова кривизна является свойством внутренней геометрии оболочки и в любой точке поверхности определяется двумя взаимно перпендикулярными главными кривизнами K_1 и K_2 :

$$K = K_1 \cdot K_2; \quad (1)$$

где $K_1 = \frac{1}{R_1}$; $K_2 = \frac{1}{R_2}$;

R_1, R_2 — радиуса главных кривизн

Если во всех точках поверхности $K > 0$ или $K < 0$, то оболочка в целом будет поверхностью положительной (рис. 1 а, в) или отрицательной (рис. 1 б, г) гауссовой кривизны. В случае, когда $K = \text{const}$, поверхность оболочек будет геометрически

однородной (рис. 1 в, г) в отличие от оболочек (рис. 1 а, б). Однако имеются оболочки, у которых в одной части поверхности $K > 0$, а в другой $K < 0$. Эти части имеют прямую границу перехода, соответствующую $K = 0$. Такие обшивки относятся к оболочкам знакопеременной кривизны (рис. 1 д). Однако, поперечная кривизна, определяемая радиусом R_2 , незначительная, а продольная с радиусом R_1 меняет знак. В результате образуется впадина на поверхности оболочки, при формировании которой на обтяжном прессе без действия верхнего пуансона не обойтись (рис. 2 а). Верхний пуансон 1 закреплен на специальном портале 2 пресса.

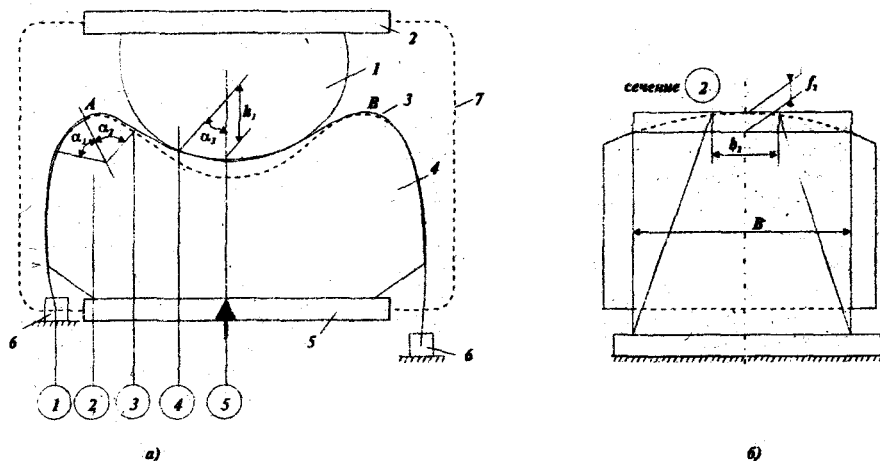


Рис. 2. Схема формообразования оболочки знакопеременной кривизны на первом этапе:

① ② ③ ④ ⑤ — сечения;

1 — верхний пуансон, 2 — портал, 3 — заготовка, 4 — нижний пуансон, 5 — стол пресса, 6 — зажимы, 7 — жесткое крепление портала со столом пресса

Оболочки знакопеременной кривизны являются «нестандартными», т.е. применение традиционных методов обтяжки, реализующих способы простой обтяжки и обтяжки с растяжением, часто затруднено. Это потребовало рассмотрения несколько иных подходов при формообразовании этих оболочек.

Условно процесс формообразования оболочек знакопеременной кривизны можно разделить на четыре этапа.

Первый этап связан с движением стола 5 пресса с пуансоном 4 вверх при неподвижных зажимах 6 листовой заготовки 3, расположенных вдоль двух ее сторон. При этом верхний пуансон имеет размеры и форму соответствующую впадине в центральной части оболочки. На первом этапе верхний пуансон должен занимать начальное положение по отношению к нижнему.

Такое положение задается высотой h_1 , обеспечивая прямой сход заготовки с пуансона по касательной под углом α_2 . Прямой сход под углом α_2 совпадает с границей перехода на оболочке и, соответственно, на пуансоне, определяемый значением гауссовой кривизны $K=0$. В этом положении верхний пуансон условно является вторым «прямолинейным зажимом», выполняя роль прямолинейного

зажима для формообразования левой половины оболочки. Считаем, что на правой половине процессе формообразования аналогичен.

Выделим сечения заготовки 1, 2, 3, 4, 5 (см. рис. 2 а). К сечению 1 приложено усилие F_1^1 . Условные напряжения в этом сечении равны: F_1^1/B (B - ширина заготовки) и не превышают предел текучести материала σ_s . В сечении 2 усилие составит: $F_2^1 = F_1^1 / \exp(\mu\alpha_1)$ (μ - коэффициент трения). Учитывая $b_2 < B$ (рис. 2 б), можно утверждать, что несмотря на влияние внешнего трения заготовка в сечении 2 будет пластически деформироваться, т.е. $F_2^1/b_2 = \sigma_s$.

Не вдаваясь в подробности, можно предположить, что на первом этапе формообразования оболочки знакопеременной кривизны начнет опережающее развитие в сечении 2, проходящее через левую вершину оболочки A . Сечение 3 будет аналогично условию: $F_3^1/B < \sigma_s$, как и в сечении 1. Предположительно из условия равновесия сил будет: $F_1^1 = F_3^1$. Для обеспечения стабильного процесса формообразования необходимо, чтобы левая и правая вершины оболочки A и B деформировались одновременно.

Так как формообразование оболочки на первом этапе осуществляется движением нижнего пуансона вверх, то для полного прилегания заготовки к пуансону в сечении 2 необходимо переместить его на величину f_2 , соответствующую поперечному прогибу. В конструкции пресса принято жесткое крепление 7 портала со столом пресса, поэтому движение нижнего стола совмещается с движением верхнего пуансона вверх, обеспечивая заданный угол α_2 . Одновременно будет деформироваться участок заготовки в районе угла α_3 , облегая контур верхнего пуансона (сечения 4 и 5).

Второй этап определен движением только верхнего пуансона вниз при соответствующем опускании нижнего. На этом этапе блокируем заготовку в районе впадины между двумя поверхностями нижнего и верхнего пуансонов.

Третий этап приводит к пластической деформации заготовки в районе сечений 1 и 3 при приложении деформирующего движения вверх со стороны нижнего стола.

Четвертый этап определен калибровочным растяжением листовой заготовки при полном смыкании поверхностей верхнего и нижнего пуансонов.

Избыточные деформации в сечениях 1 и 3, связанные с преодолением сил трения при формообразовании сечения 2, можно значительно уменьшить дроблением угла α_1 , а при формообразовании сечения 5 - дроблением углов α_2 и α_3 /1/, /2/.

Для предотвращения складкообразования на свободных, не контактирующих с нижним и верхним пуансонами; участков заготовки необходим достаточный натяг по всей ширине заготовки. Таким образом, формообразование должно сопровождаться постоянным натягом заготовки. Однако, окончательное формообразование оболочки при сомкнутых верхнем и нижнем пуансонах невозможно из-за заклинивания заготовки между ними.

Учитывая изложенное, можно раскрыть противоречие, приводящее к разрушению заготовки из-за избыточных деформаций, и к складкообразованию свободных участков. Чтобы не было складкообразования, напряжения растяжения должны быть значительными, но это приводит к увеличению избыточных деформаций.

Частичное устранение этого противоречия обеспечивает прием, когда формообразование впадины на оболочке будет происходить за несколько операций с постепенным нарастанием угла α_2 или путем приложения деформирующего усилия со

стороны верхнего пуансона при соответствующем опускании нижнего. При этом силы трения будут перераспределяться.

Для реализации изложенных выше технологических приемов для формообразования оболочки знакопеременной кривизны, обтяжной пресс ОП-3 оборудуется порталом. Пресс ОП-3 обеспечивает возможность реализации ступенчатой обтяжки любых участков заготовки. Для выполнения процесса обтяжки в автоматическом режиме пресс ОП-3 оборудуется системой управления по аналогии со способом контроля деформации удлинения заготовки при ее обтяжке /3/.

Схема модернизированного пресса ОП-3М приведена на рис. 3, а блок схема управления - на рис. 4.

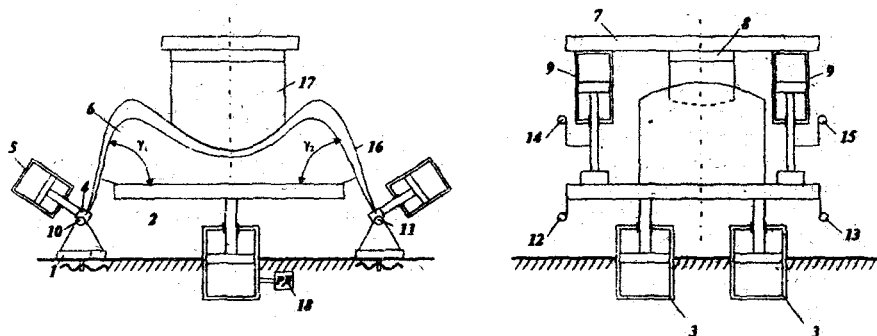


Рис. 3. Схема модернизированного пресса ОП-3М

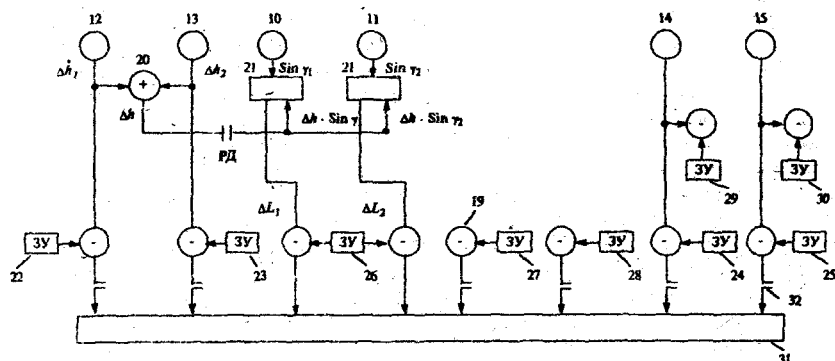


Рис. 4. Блок-схема управления

На рис. 3 и 4 обозначены следующие элементы и блоки прессы и системы управления:

1 - каретка прессы, 2 - нижний стол, 3 - гидроцилиндры привода нижнего стола, 4 - зажимные устройства, 5 - цилиндры поворота зажимных устройств, 6 - обтяжная пуансон, 7 - портал, 8 - верхний стол, 9 - поджимные цилиндры привода верхнего стола, 10, 11 - датчики угла поворота зажимов, 12, 13 - датчики перемещения нижнего стола, 14, 15 - датчики перемещения верхнего стола, 16 - обтягиваемая заготовка, 17 - верхний пуансон, 18 - реле давления, 19 - блоки сравнения, 20 - блок суммирования сигналов, 21 - блоки умножения, 22, 23 - задающие устройства исходного левого и правого уровня положения нижнего стола, 24, 25 - задающие устройства исходного левого и правого уровня положения верхнего стола, 26 - задающее устройство предельного удлинения (деформации), 27, 28 - задающие устройства пооперационных перемещений левой и правой кромок нижнего стола, 29, 30 - задающие устройства пооперационных перемещений левой и правой кромок верхнего стола, 31 - блок преобразования в управляющие сигналы, 32 - контакты реле включения цепей управления.

Пресс включается в автоматическом режиме обтяжки, в процессе которого выполняются следующие операции:

1. Верхний пуансон 17 с помощью цилиндров 9 привода верхнего стола 8 выводится в исходное положение, контролируемое системами слежения: датчики 14, 15, задающие устройства 24, 25, элементы сравнения 19.

2. Нижний пуансон 6 с помощью цилиндров 3 привода нижнего стола 2 выводится в исходное положение (Δh_1 и Δh_2), контролируемое системами слежения: датчики 12, 13, задающие устройства 22, 23, элементы сравнения 19. При этом, в некоторый момент, регламентируемый реле давления 18, включается его контакт 32 и начинается замер удлинения заготовки на левой и правой половине (ΔL_1 и ΔL_2) с помощью системы слежения: датчики перемещений 12, 13, блок суммирования сигналов 20 с учетом углов в блоке 21, вторыми входами которых являются сигналы с датчиков 10 и 11 пропорциональные синусам угла поворота (γ_1 и γ_2) левого и правого зажимов, элемент сравнения 19. Исходное положение нижнего стола прессы предусматривает натяг заготовки и первую стадию ее формообразования.

3. После выхода в исходное положение, связанное с первой стадией формообразования, включается система: датчики 12, 13, задающие устройства 27, 28, элементы сравнения 19, которая обеспечивает опускание стола 2 и пуансона 6 до некоторой величины, что обеспечивает разгрузку заготовки 16 и включает контакты реле давления 18. Подается сигнал на включение в работу верхнего стола 8. Верхний стол вводится в следующее операционное положение.

4. После отработки операционной программы на работу верхнего стола вводятся операционные программы по пункту 2, 3 и т.д. до полного формообразования оболочки.

Обработку приведенной выше технологической информации можно возложить на микропроцессоры или, точнее, на контроллеры /4/. Именно для построения нижнего уровня промышленных систем автоматизации в последние годы широко используются недорогие программируемые логические контроллеры (ПЛК). Первые образцы ПЛК строились на основе релейной техники. Сейчас в них используются 8-ми и 16-ти разрядные микропроцессоры. Например, изделие фирмы PER Modular Computers контроллер SMART I/O сочетает преимущества операционной системы и ПЛК. Международная электротехническая комиссия (МЭК - IEC) определила программный стандарт IEC 1131-3, реализованный в инструментальном средстве ISaGraph на персональном компьютере с MS Windows.

В настоящее время Самарский Аэрокосмический Университет выполняет работу, связанную с разработкой промышленных систем автоматизации на основе ПЛК SMART I/O, персонального компьютера (ПК) и блоков функционального исполнения обтяжного оборудования.

Применение ПК позволило разработать систему автоматизации в реальном масштабе времени, т.е. ПК используется в контуре обратной связи прессы и контроллера.

Выделение типовых форм по геометрии обшивок двойной кривизны, в частности, оболочек знакопеременной кривизны, предусмотрено программой, что снижает количество управляемых параметров прессы. Отметим также, что к рассмотренному классу систем автоматизации обтяжного прессы ОП-3М относится система автоматизированного проектирования технологического процесса обтяжки. За счет оптимизации программы нагружения, выполненное с помощью ЭВМ, существенно расширяются технологические возможности процесса формообразования оболочек знакопеременной кривизны на модернизированном прессы ОП - 3М.

Список литературы

1. Чистяков В.П. Теория и технология процессов обтяжки. - Куйбышев, 1981, 150 с. Рукопись представлена Куйб. Авиаци. Ин-том. Деп. В ВНИИТИ 7.09.81, 14352-81 деп.
2. А.С. №707647 (СССР) Способ обтяжки при формообразовании деталей двойной кривизны. (В.П. Чистяков и др.) - Оpubл. В БИ 1980, №1.
3. А.С. №940411 (СССР) Способ контроля деформации удлинения. (В.П. Чистяков и др.) - Оpubл. В БИ 1982, д.с.п.
4. Пшеничников Ю.В. Программируемый логический контроллер SMART I/O Университет Наяновой, учебное пособие. - Самара, 1996.