

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЖИМА ТРУБЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМИЧЕСКОЙ И СИЛОВОЙ ИНТЕНСИФИКАЦИИ.

Кривошеин Виталий Александрович

Аспирант 1 курса, очная форма

*Российская федерация, г.Москва, Московский Государственный
Технический Университет им. Н.Э.Баумана, кафедра МТб*

Научный руководитель: Дмитриев А.М.

Доктор технических наук, профессор кафедры МТб

В настоящее время перед машиностроением стоит задача повышения эффективности производства и качества получаемых изделий. В различных отраслях промышленности широкое распространение нашли осесимметричные изделия, изготавливаемые методами обработки металлов давлением, к которым предъявляются высокие требования по качеству, точности геометрических размеров, чистоте поверхности, уровню механических свойств. Эти требования по экономическим причинам следует выполнять при минимальном количестве технологических операций.

Благодаря современным цифровым решениям реализация данного требования возможна в результате подробного анализа существующих технологий в среде программ для моделирования штамповки и внесения в них коррективов или разработка совершенно новых технологий. Данная методика позволит сократить время проектирования новых технологий, снизить себестоимость деталей и увеличить производительность.

Цель данной статьи оптимизировать обжатие концевой части трубной заготовки и получить внутреннюю полость заготовки без применения механообработки, которая затруднена из-за геометрии детали. Для решения данной задачи в работе использовался программный комплекс QForm 3D для моделирования штамповки. Ниже представлены результаты полученные в данной программе.

Обжим – операция, предназначенная для уменьшения поперечных размеров краевой части полой цилиндрической заготовки. Деформирование заготовки при обжиге осуществляется одним рабочим инструментом – матрицей. При обжиге заготовка заталкивается в воронкообразную рабочую полость матрицы; при перемещении относительно нее уменьшаются поперечные размеры заготовки. Схема операции обжима представлена на рис.1. Поскольку заготовка заталкивается в матрицу, то меридиональные напряжения в очаге деформации являются сжимающими. В то же время поперечные размеры кольцевых элементов заготовки уменьшаются, что при наличии сжимающих меридиональных напряжений возможно лишь тогда, когда тангенциальные напряжения в очаге деформации являются также сжимающими.

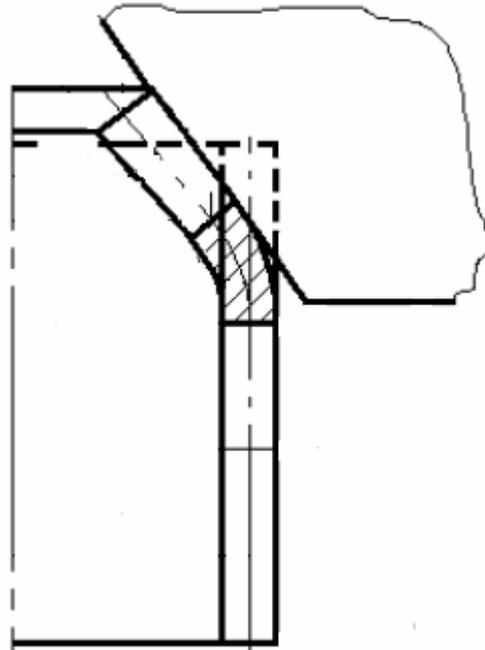


Рис. 1

Так как в очаге пластической деформации действуют преимущественно сжимающие напряжения, пластичность металла в этих условия достаточно велика. Формоизменение заготовки при обжиге ограничивается возможностью потери устойчивости заготовки в процессе деформирования, а не возможностью её разрушения. Одним из видов потери устойчивости является образование кольцевой волны (складки) в цилиндрической недеформируемой части заготовки под действием меридиональных напряжений, создаваемых в стенках заготовки усилием заталкивания. На рис.2 представлен вариант расчета с потерей устойчивости при обжиге.

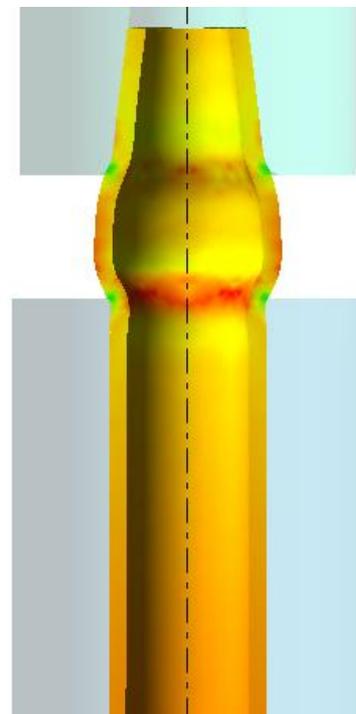


Рис.2

Изгибающие моменты, действующие на границе очага пластической деформации, способствуют потере устойчивости с образованием кольцевой складки. Образование кольцевой складки обычно начинается вблизи границы очага деформации. Так же величина напряжения, вызывающего потерю устойчивости, зависит от относительной толщины

заготовки и угла поворота касательной к срединной поверхности в участке свободного изгиба. Однако для приближенных расчетов напряжение σ_{max} , вызывающее потерю устойчивости с образованием кольцевой складки, может быть принято равным пределу текучести материала исходной заготовки.

Отсюда следует, что напряжения σ_{max} , действующее при обжиге в недеформируемых стенках заготовки, позволяет оценить не только величину силы, потребной для обжига, но и величину допустимого формоизменения заготовки, так как напряжение σ_{max} должно увеличиваться с увеличением коэффициента обжатия, определяемого отношением диаметра заготовки к минимальному диаметру, получаемому в результате обжига.

Представленная на рис.2 заготовка потеряла устойчивость в недеформируемой части достигнув предельного коэффициента обжатия. Для достижения более высокой степени пластической деформации возможно применение термической интенсификации. Сущность её состоит в том, что за счет охлаждения зоны передачи силы и нагрева очага пластической деформации заготовки в нем создается перепад сопротивления деформированию σ_s , наиболее благоприятный для получения деталей заданного размера и формы. В результате существенно увеличивается допустимая степень формоизменения за одну операцию. Результаты моделирования в *QForm 3D* представлены на рис.3 и рис.4.

Для нагрева концевой части заготовки в программе использовался инструмент “бокс”. “Бокс” – механизм непосредственного задания граничных условий для узлов конечно-элементной сетки заготовки, находящихся в некоторых, предварительно заданных областях. В данном случае использовался “бокс” задания теплового потока. Он позволяет на поверхности заготовки, находящемся в боксе, задать воздействие теплового потока, заранее определенной мощности. Тем самым мы имитируем нагрев её концевой части в индукционном нагревателе. На рис.3 представлено распределение температур по сечению заготовки в интервале от 20 до 1000 °C перед этапом обжига. Операция обжига показана на рис.4. Заготовка не потеряла устойчивость при степенях деформации в два раза больших, чем у заготовки без применения термической интенсификации (рис.2). Как описывалось выше это связано с перепадом сопротивления деформированию. Чем ниже сечение заготовки, тем больше сопротивление деформированию. Отсюда следует, что устойчивость цилиндрической части заготовки возрастает. На рис.5 показаны средние напряжения.

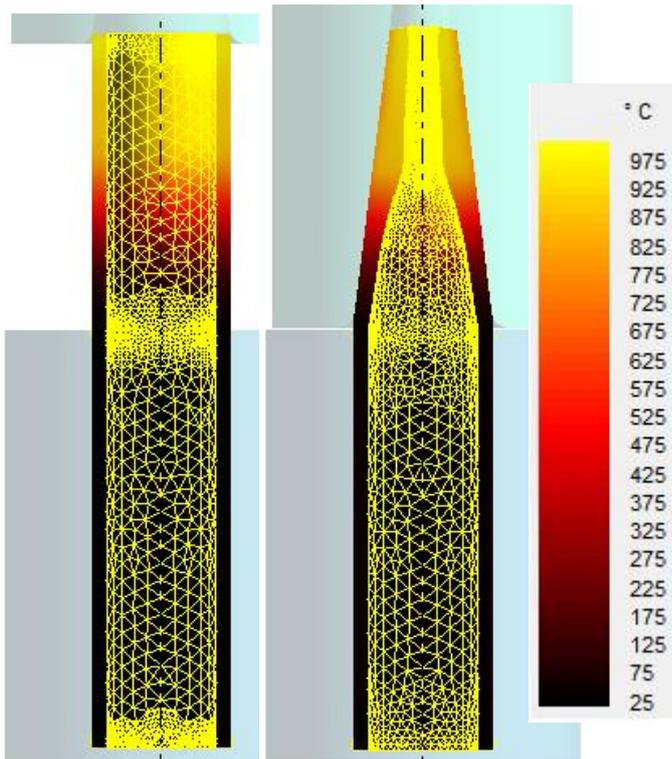


Рис.3

Рис.4

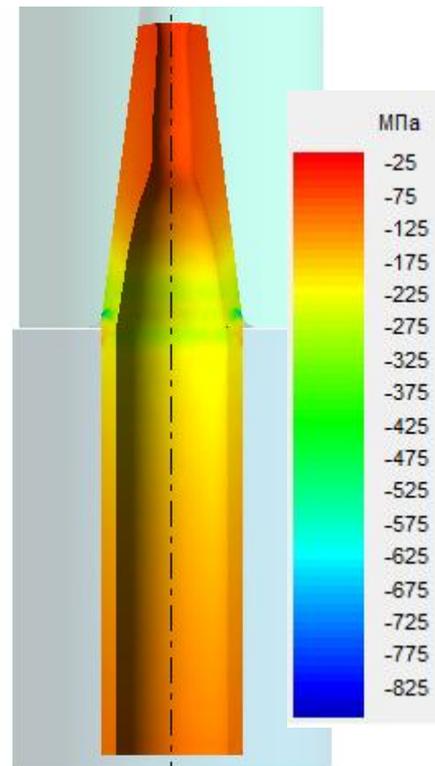


Рис.5

Толщина стенки деталей при штамповке с термической интенсификацией определяется только коэффициентом формоизменения и примерно соответствует толщине, получаемой без температурной интенсификации. Однако в большом количестве конструкций современных машин и механизмов возникла необходимость применения обжатых конических деталей с увеличенной толщиной или раструбов, не имеющих утонения стенок. Получить такие детали можно только за счет совмещения термической и силовой интенсификации.

Силовая интенсификация представляет собой дополнительное силовое воздействие, прикладываемое к очагу пластической деформации заготовки со стороны его свободной кромки. Известны два способа силовой интенсификации: подпор кромки в ходе процесса деформирующимся перед ней кольцом и осадка после окончания формоизменения. Второй способ технологичнее и им можно получать

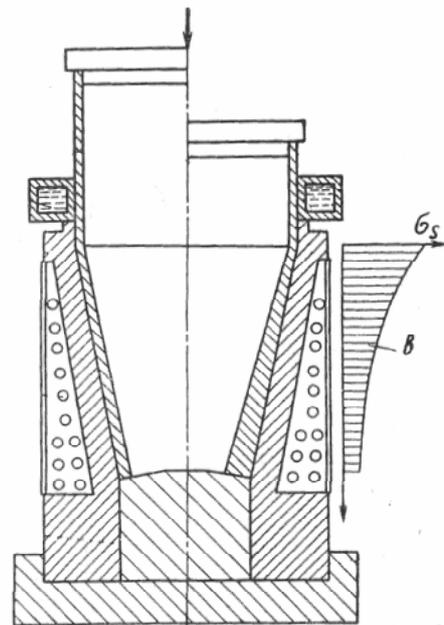


Рис. 6

детали со значительным перепадом толщин в очаге деформации.

Силовая интенсификация за счет осадки, иллюстрируемая на примере обжима (рис.6), состоит в том, что после окончания процесса формообразования, когда кромка заготовки доходит до неподвижного упора, продолжается подача трубы в матрицу. Кромка заготовки и весь очаг пластической деформации в данном случае оказывается нагруженным дополнительными напряжениями сжатия, изменяющими поле напряжений в благоприятную для деформирования сторону. В результате происходит дополнительное утолщение стенки заготовки.

Силовая интенсификация эффективна только при одновременном ее использовании с термической. Их совместное действие определяет поле напряжений и закон изменения σ_s в очаге пластической деформации, а следовательно, размеры и форму полученного утолщения.

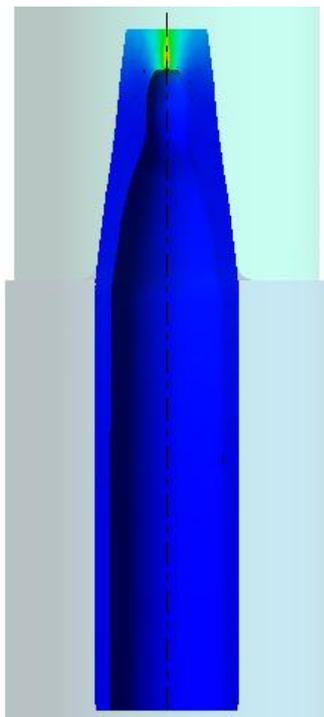


Рис.7

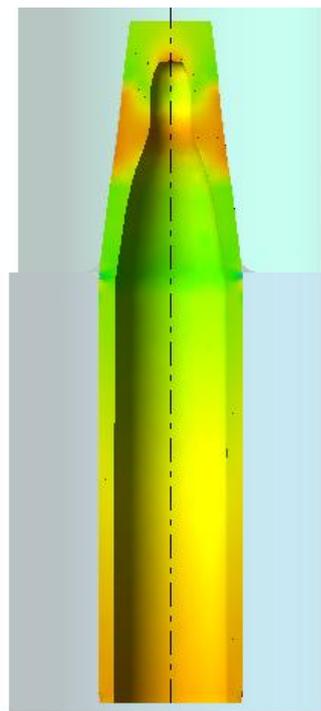
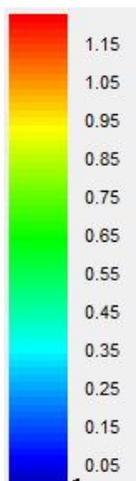
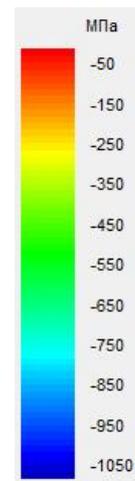


Рис.8



На рис.7 и рис.8 представлено распределение степени деформации и средние напряжения соответственно для обжима с силовой и термической интенсификацией. Как видим из рис.8 напряжения в заготовке значительно увеличиваются в нижней цилиндрической части заготовки. Следует учитывать эти показания, чтобы не допустить разрушения в этой зоне.

С применением, наряду с термической, силовой интенсификации мы наблюдаем значительное утолщение концевой части заготовки. В некоторых зонах увеличение толщины стенки происходит более чем в два раза. По результатам расчетов данные показатели увеличения толщины стенки невозможно получить только с применением термической интенсификации. Основной объём утолщения распределяется в зоне максимальной температуры, что объясняется более низким напряжением текучести σ_s . Варьируя температурой, мы можем менять значения σ_s для выбранного нами сечения и тем самым получать требуемые размеры заготовки в заданной области. Данный метод позволит получать требуемую внутреннюю форму заготовки после обжима в пределах коэффициента утолщения.

Для получения окончательных (без механообработки) внутренних размеров следует исследовать максимальный перепад между зонами набора металла и свободными, не утолщающимися поверхностями. Как видно из результатов моделирования совмещение этих зон осуществляется линией второго порядка. Для упрощения можно принять его радиусом. Минимальный радиус будет значить максимально допустимую разницу толщин в заготовке. Величина радиуса будет значительно зависеть от перепада температур. Отсюда следует, что для получения наиболее резкого перехода требуется нагрев заготовки в зоне набора металла и охлаждение в зоне тонкой стенки.

Для решения данной задачи возьмем обжатую без силовой интенсификации заготовку (рис.5). Нагреем самый конец заготовки и создадим максимальный перепад температур. Результаты моделирования представлены на рис.9 и рис.10.

На рис.10 определен радиус перехода между двумя зонами. Его значение приблизительно равно 47 мм. Следует учесть, что наружной концевой части при этом равен 84 мм.

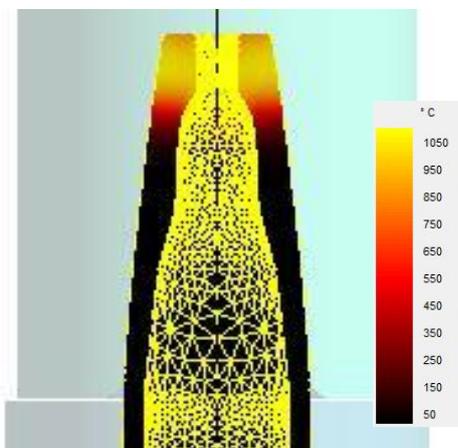


Рис.10

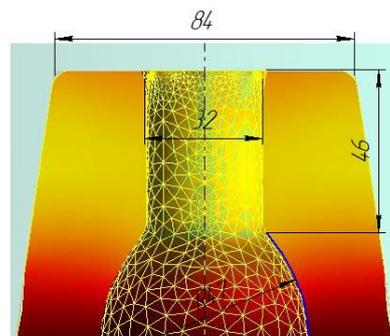


Рис.9

Данная работа кратко представляет методику модернизации обжима с применением термической и силовой интенсификации в программе *QForm 3D*. Расчеты в данной программе помогут снизить себестоимость изделий за счет снижения механообработки труднодоступной внутренней части заготовки и тем самым значительно увеличить производительность.

Выводы:

1. С помощью программы *QForm 3D 5.0* возможно моделировать операции обжима с применением термической интенсификации
2. Совмещение термической и силовой интенсификации позволяет получать нужную толщину стенки в заданных зонах.
3. Перепад между зоной утолщения и свободной зоной определяется радиусом величина которого зависит от перепада температур в этой зоне и схемы нагружения.
4. Результаты расчета показывают, что возможно с помощью термической и силовой интенсификации получить замкнутую полость по требуемым размерам.

Список литературы:

1. *Попов Е.А.* Основы теории листовой штамповки. "Машиностроение", 1968.-283с.
2. *Горбунов М.Н., Пашкевич А.Г.* Обжим труб с осевым подпором. "Кузнечно-штамповочное производство", 1965, №8.
3. *Попов О.В.* Основы методики теоретического анализа при штамповке деталей из труб с применением термической и силовой интенсификации. "Кузнечно-штамповочное производство", 1971, №6.